

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE-UNESC
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO

JÉSSICA GOULART PILLON

**FAUNA INVERTEBRADA EPIGÉICA EM SOLOS CONSTRUÍDOS EM ÁREAS
MINERADAS DE CARVÃO, NO SUL DE SANTA CATARINA, BRASIL**

CRICIÚMA

2012

JÉSSICA GOULART PILLON

**FAUNA INVERTEBRADA EPIGÉICA EM SOLOS CONSTRUÍDOS EM ÁREAS
MINERADAS DE CARVÃO, NO SUL DE SANTA CATARINA, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do grau de Bacharel no Curso de Ciências
Biológicas na Universidade do Extremo Sul
Catarinense – UNESC.

Orientador: Prof. Dr. Jairo José Zocche

**CRICIÚMA
2012**

AGRADECIMENTOS

Agradeço exclusivamente a minha mãe Cármen, que foi o motivo de toda minha dedicação a este trabalho e é também a minha fonte de coragem para enfrentar os mais diversos caminhos da vida.

Ao meu namorado Darlan da Rocha Magalhães e à minha colega de trabalho Luci Sehn por terem me ajudado em todos os campos.

A minha amiga Mariane Trichês Pezente, pois sem ela, estes quatro anos de curso ficariam muito mais longos.

Aos acadêmicos Camila Brulezi Furlanetto e Jonas Rafael Rodrigues Ronsoni, por terem me ajudado na identificação dos insetos.

Ao meu orientador Jairo José Zocche, pelo interesse pelo projeto, empenho e competência.

A empresa Carbonífera Criciúma S/A, por dispor à área de estudo em especial ao Geólogo Carlos Henrique Schneider, por disponibilizar material para complementar este trabalho.

Ao Ministério Público Federal de Santa Catarina, pela concessão da bolsa de iniciação científica, obtida junto ao edital MPF-SC 01/2010 - PROJPEQ3 e, apoio financeiro para desenvolvimento dos experimentos.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar, por meio da análise da composição da macrofauna epigéica, a viabilidade do uso do gesso químico e de resíduos da agroindústria na construção de solos em áreas degradadas pela exploração do carvão. O experimento foi realizado na Unidade Mineraria II da Carbonífera Criciúma S.A, no município de Forquilha, Santa Catarina, com a instalação de blocos casualizados 4 x 6 (quatro blocos e seis tratamentos). Os blocos foram instalados em abril de 2011, as amostragens da macrofauna foram realizadas com auxílio de armadilhas de queda (*pitfall traps*) em setembro/2011, fevereiro/2012 e, setembro/2012 e os animais foram triados e identificados até nível de Ordem. Os dados foram analisados de forma global (em relação à riqueza de ordens e ao número de animais capturados (total e por ordem) e, por época de captura (em relação à riqueza de ordens e ao número de animais capturados (total e por ordem), a similaridade entre tratamentos (análise de agrupamentos), a frequência, a abundância, a diversidade (H'); dominância (D) e; equitabilidade (J). A riqueza foi considerada como o número absoluto de ordens registrado em cada tratamento e a significância estatística das diferenças na riqueza e nos números de indivíduos entre os tratamentos foi avaliada por meio do teste de Qui-Quadrado ao nível P de 95% e 99%. A frequência e abundância foram calculadas com auxílio do *software* EXCEL enquanto que, os demais índices ecológicos foram obtidos com auxílio do *Software* Past 1.43. Foi registrado o total de 26 ordens (10, 18 e 14) e 4.470 indivíduos (1.211, 517 e 2.742) distribuídos nas três épocas de amostragem, respectivamente. Na análise global, as ordens Diptera, Hymenoptera, Collembola, Hemiptera, Coleoptera e Araneae foram, respectivamente, as que mais contribuíram em número de indivíduos e as que, com exceção de Hemiptera, ocorreram nas três épocas de amostragem, juntamente com Isopoda e Blattodea. As diferenças observadas na riqueza total entre as épocas de amostragem e entre os tratamentos em cada época de amostragem não evidenciaram significância estatística, enquanto que, em relação ao número de indivíduos capturados, as diferenças observadas tanto entre as épocas, quanto entre os tratamentos em cada época de amostragem, evidenciaram diferenças altamente significativas. Dentre os tratamentos os de número 5 e 6 foram os que apresentaram os valores mais expressivos em relação ao número de indivíduos registrados, mostrando-se, portanto, como os mais eficientes em relação a combinação e proporção de materiais para a construção de solos. Em relação ao número de indivíduos capturados, os dados são suficientemente robustos para evidenciar a aplicabilidade da macrofauna epigéica como indicadora da qualidade de solos construídos, no entanto, estudos em longo prazo, pelo menos cinco anos, devem ser desenvolvido a fim de verificar o comportamento das tendências aqui observadas ao longo do tempo.

Palavras-chave: Bacia Carbonífera Catarinense, gesso químico, bioindicadores, macrofauna do solo.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Localização da Unidade Mineira II (UM II) da Carbonífera Criciúma S.A, coordenadas 28°47'19''S e 49°26'32''O, Município de Forquilha, Santa Catarina, Brasil. A Linha vermelha indica os limites da propriedade e a letra A em vermelho, a localização da área experimental.....19
- Figura 2 – Disposição dos blocos experimentais (1 a 4) e dos solos construídos (tratamentos TI a TVI).....20
- Figura 3 – Tratamento I (testemunha). Camada de 0,50 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão na proporção de 50% cada.....22
- Figura 4 – Tratamento II. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão (proporção de 50% cada), camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m de solo vegetal.....22
- Figura 5 – Tratamento III. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão, camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m de gesso químico.....22
- Figura 6 – Tratamento IV. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão (50% cada), camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m de gesso químico e de solo vegetal (50% cada).....22
- Figura 7 – Tratamento V. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão (50% cada), camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m, composta de gesso químico, de casca de arroz em estado avançado de decomposição e por resíduos da estação de tratamento de efluentes da empresa Seara Alimentos (33,33% cada).....23
- Figura 8 – Tratamento VI. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão (50% cada), camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m, composta de gesso químico, de casca de arroz em estado avançado de decomposição, de resíduos da estação de tratamento de efluentes da empresa Seara Alimentos e solo vegetal (25% cada).....23
- Figura 9 – Armadilha de queda do tipo *pitfall traps*, representada por um copo plástico de 300 mL, protegida contra a entrada da água da chuva, por um azulejo de 15 x 15 cm de diâmetro, fixado a 10 cm da superfície do solo.....23
- Figura 10 – Dendrograma de similaridade entre os tratamentos, no tempo um de amostragem (setembro/2011), obtido por meio do índice de Jaccard, tendo como algoritmo de associação os grupos pareados com base na presença/ausência das ordens.....30
- Figura 11 – Dendrograma de similaridade entre os tratamentos, no tempo dois (fevereiro/2012), obtido por meio do índice de Jaccard, tendo como algoritmo de associação os grupos pareados com na presença/ausência das ordens.....34
- Figura 12 – Dendrograma de similaridade entre os tratamentos, no tempo três (setembro/2012), obtido por meio do índice de Jaccard, tendo como algoritmo de associação os grupos pareados com na presença/ausência das ordens.....37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de táxons, números de capturas nas respectivas épocas de amostragem: tempo um (setembro/2011), tempo dois (final de fevereiro/2012) e tempo três (início de setembro/2012), após a instalação dos experimentos em campo e número total de captura. O número total de capturas representa a soma das 24 parcelas experimentais (seis tratamentos e quatro blocos).....22

Tabela 2 – Dados obtidos na primeira coleta, tempo um (setembro/2011), onde: T1 a T6 = tratamentos empregados para a construção do solo; U_t = número de tratamentos em que o táxon “t” ocorreu; FA_t = frequência absoluta do táxon “t” nos tratamentos; FR = frequência relativa do táxon “t” nos tratamentos; AA = abundância absoluta do táxon “t” nos tratamentos; AR = abundância relativa do táxon “t” nos tratamentos. Os números dos táxons em cada tratamento representam a soma das capturas das quatro repetições (blocos experimentais).....29

Tabela 3 – Parâmetros ecológicos obtidos na primeira amostragem (tempo um) em setembro/2011 nos respectivos tratamentos. Os valores de cada tratamento representam a soma dos registros obtidos em cada bloco experimental.....30

Tabela 4 – Dados obtidos na segunda coleta, tempo dois (fevereiro/2012), onde: T1 a T6 = tratamentos empregados para a construção do solo; U_t = número de tratamentos em que o táxon “t” ocorreu; FA_t = frequência absoluta do táxon “t” nos tratamentos; FR = frequência relativa do táxon “t” nos tratamentos; AA = abundância absoluta do táxon “t” nos tratamentos; AR = abundância relativa do táxon “t” nos tratamentos. Os números dos táxons em cada tratamento representam a soma das capturas das quatro repetições (blocos experimentais) ... 32

Tabela 5 – Parâmetros estruturais obtidos na segunda coleta (tempo dois) em fevereiro/2012 nos respectivos tratamentos. Os valores de cada tratamento representam a soma dos registros obtidos em cada bloco experimental.....33

Tabela 6 – Dados obtidos na terceira coleta, tempo três (setembro/2012), onde: T1 a T6 = tratamentos empregados para a construção do solo; U_t = número de tratamentos em que o táxon “t” ocorreu; FA_t = frequência absoluta do táxon “t” nos tratamentos; FR = frequência relativa do táxon “t” nos tratamentos; AA = abundância absoluta do táxon “t” nos tratamentos; AR = abundância relativa do táxon “t” nos tratamentos. Os números dos táxons em cada tratamento representam a soma das capturas das quatro repetições (blocos experimentais).35

Tabela 7 – Parâmetros estruturais obtidos na terceira coleta (tempo três) em setembro/2012 nos respectivos tratamentos. Os valores de cada tratamento representam a soma dos registros obtidos em cada bloco experimental.....36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 O CARVÃO MINERAL E A MINERAÇÃO NO SUL DE SANTA CATARINA	8
1.2 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO DO CARVÃO	10
1.3 PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE CARVÃO	11
1.4 A MACROFAUNA DO SOLO COMO BIOINDICADOR	13
1.5 OBJETIVOS	15
1.5.1 Objetivo Geral	15
1.5.2 Objetivos Específicos	16
2 MATERIAIS E MÉTODOS	17
2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
2.2 METODOLOGIA DE COLETA	17
2.3 ANÁLISE DE DADOS	24
3 RESULTADOS	26
3.1 ANÁLISE GLOBAL	26
3.2 ANÁLISE POR ÉPOCA DE AMOSTRAGEM	28
3.2.1 Época de amostragem: tempo um	28
3.2.2 Época de amostragem tempo dois	31
3.2.3 Época de amostragem tempo três	34
4 DISCUSSÃO	38
CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 O CARVÃO MINERAL E A MINERAÇÃO NO SUL DE SANTA CATARINA

O carvão pode ser definido, sucintamente, como sendo uma rocha sedimentar combustível, formada a partir de determinados vegetais, que sofreram soterramento e compactação em bacias originalmente pouco profundas. Fatores como a pressão, a temperatura, a tectônica e o seu tempo de atuação, determinaram a carbonificação gradativa da matéria vegetal original, que sofreu modificações significativas com a perda de O₂ e H₂O e enriquecimento em carbono (MÜLLER et al., 1987).

Carvão é o nome genérico que pode ser utilizado para designar as quatro etapas típicas na gênese deste combustível: turfa, linhito, hulha e antracito, que constituem a série evolutiva do carvão, sendo a turfa o menos carbonificado e o antracito o mais carbonificado. O grafite de origem metamórfica é carbono puro. Todos resultam da transformação da matéria vegetal submetida à pressão e temperatura elevadas, por mais de 600 milhões de anos (MÜLLER et al., 1987).

Os elementos que constituem o carvão são principalmente carbono e hidrogênio. Seus outros componentes são enxofre, nitrogênio, oxigênio e halogênios. O carbono, em função do seu elevado teor, é o principal elemento químico no carvão e está estreitamente ligado ao grau de carbonificação (SIQUEIRA, 2011). Quanto à origem, o carvão é dito húmico quando formado a partir de vegetais superiores de natureza continental ou paludal e, sapropélico, se relacionado a algas marinhas (MÜLLER et al., 1987).

No Brasil, o carvão mineral pode ser encontrado desde a fase linhito até antracito. Pelos trabalhos de pesquisa efetuados, confirmou-se que as reservas mais significativas são as de carvão betuminoso e sub-betuminoso distribuídas no extremo sul do país, onde há o maior potencial carbonífero. O carvão é encontrado na Formação Rio Bonito, da idade Permiana, apresentando até dez camadas e/ou leitos em determinados depósitos. Tal formação é portadora de carvão no Estado de Santa Catarina, onde a Bacia Sul Catarinense é a mais importante, pois encerra as maiores reservas de carvão coqueificável economicamente explorável do território nacional (MÜLLER et al., 1987).

A mineração de carvão no Brasil exerce um papel importante do ponto de vista econômico, contribuindo de forma indireta com 60% do Produto Interno Bruto (PIB) do país (LOPES, 1998) e de acordo com Goldemberg e Lucon (2007) o carvão mineral teve em 2004 uma participação de 6,7% na matriz energética brasileira, sendo que deste percentual, ¼ foi de

origem nacional. Zancan (2012) ainda complementa que em 2009, 40,5% da energia gerada no mundo foi por meio do carvão e no Brasil, este percentual ficou em torno de 1,3%.

O carvão mineral compõe dois terços dos recursos energéticos não renováveis do Brasil, e suas reservas são 20 vezes maiores do que as reservas de petróleo e 75 vezes maiores que as reservas de gás natural. Os estados do Rio Grande do Sul (com 89,25 %) e Santa Catarina (com 10,41 %) detêm conjuntamente a maior parte das reservas de carvão mineral do País, totalizando em torno de 99,7% (SANCHEZ; FORMOSO, 1990).

No ranking mundial, as reservas brasileiras ocupam o décimo lugar, totalizando sete bilhões de toneladas, correspondentes a menos de 1% das reservas totais. Apenas a Jazida de Candiota (RS) possui 38% de todo o carvão nacional (ANEEL, 200?).

De acordo com Sanchez e Formoso (1990) Santa Catarina dispõe de reservas de 4,3 bilhões de toneladas, correspondentes a 13% do total do Brasil. A Bacia Carbonífera Catarinense ocupa aproximadamente 100 km de comprimento e 20 km de largura, situando-se entre a Serra Geral, a Oeste e, o maciço granítico da Serra do Mar, a Leste, local onde se desenvolveram e se localizam importantes centros de mineração de carvão, especialmente nos municípios de Criciúma, Lauro Müller, Siderópolis e Urussanga (BELOLLI; QUADROS; GUIDI, 2002).

A lavra mecanizada na Bacia Carbonífera Catarinense teve início por volta de 1940 (CETEM, 2001) e desde então, vem provocando alterações físicas, químicas e biológicas nos ecossistemas, comprometendo de forma direta os recursos hídricos, o solo e à biota (COSTA; ZOCHE, 2009), numa extensão que varia de 2000 a 6000 ha (ALEXANDRE, 1999; CETEM, 2001).

Partindo-se de uma produção bruta média de 720.000 ton./mês de ROM (*Run off Mine*) na Região Carbonífera Catarinense, com uma recuperação média de 36% do carvão bruto após o beneficiamento, tem-se atualmente a geração de aproximadamente 460.800 ton./mês de rejeitos sulfetados (tais como a pirita, marcassita, a pirolusita e a calcopirita) (DNPM-BRASIL, 2007), denotando-se assim, o grande impacto ambiental causado mensalmente (MADEIRA et al., 2005).

O carvão extraído em minas a céu aberto/subterrâneas é enviado às usinas de beneficiamento, sendo que, para cada tonelada de ROM (*Run off Mine*) lavrado, são gerados cerca de 60% de resíduos sólidos (rejeitos grossos e finos) e aproximadamente 1,5 m³ de efluentes ácidos (NASCIMENTO, et al., 2002). Estes minerais, por possuírem um poder calorífico mais baixo do que o carvão e por produzirem grande quantidade de SO₄ na combustão, são classificados como rejeitos e como tais, devem ser descartados sob condições

específicas. Este descarte deve ser feito de modo que não venha a se constituir em um passivo ambiental, ao mesmo tempo em que, é esperado que as áreas de descarte possam ser utilizadas para fins econômicos e sociais ecologicamente sustentáveis (DE FAVERI et al., 2009; DA SILVEIRA et al., 2009)

Atualmente, os rejeitos do beneficiamento de carvão são descartados em módulos controlados, os quais são recobertos por uma camada de argila compactada. Mesmo sendo depositados de maneira correta, o contato da pirita com o oxigênio e com a umidade gera quantidades enormes de drenagem ácida de mina (DAM), a qual é coletada e conduzida para uma estação de tratamentos de efluentes (SCHNEIDER, 2006).

Assim sendo, mesmo sob condições de controle ambientalmente correto, a mineração é considerada uma das atividades humanas que mais causam impacto à paisagem, ao clima, à água, ao solo, à vegetação natural, à fauna e ao homem (GRIFFITH, 1980). Embora as atividades de mineração não ocupem extensões territoriais muito extensas, se consideradas isoladas, em conjunto, ocupam grandes áreas. Soma-se a este, o fato de que, a dispersão dos poluentes gerados, especialmente relacionados aos contaminantes atmosféricos e a drenagem ácida de mina, atingem grandes áreas (ANEEL, 200?).

1.2 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO DO CARVÃO

No Brasil, a mineração de carvão pode ser realizada de dois diferentes métodos de extração: lavra subterrânea e lavra a céu aberto. A escolha do método depende principalmente de algumas condições geológicas do local a ser extraído e da profundidade em que o carvão mineral se encontra (KOPPE; COSTA, 2002).

A lavra a céu aberto ocorre quando a camada de carvão aflora à superfície. O processo consiste na remoção da cobertura vegetal, seguida da remoção da camada de estéril, com a posterior extração da camada de carvão. O método de lavra subterrânea é feita através de abertura de câmaras com a manutenção pilares para evitar o caimento do teto (KOPPE; COSTA, 2002).

Tanto na mineração a céu aberto quanto na subterrânea ocorre à utilização de explosivos, para a remoção das camadas de solo superficial e substrato sobrejacente às camadas de carvão (camadas de estéreis). Em ambos os processos os diferentes materiais que não compõem a camada de carvão propriamente dita são retirados e dispostos em pilhas separadas, possibilitando a retirada do carvão, que será lavrado posteriormente. Este método é o mais utilizado na produção de carvão em Santa Catarina (CORREIA, 2010).

A lavra a céu aberto recupera uma proporção mais alta da jazida de carvão do que a mineração subterrânea, pois todas as camadas são exploradas e cerca de 90% do carvão pode ser recuperado (WCA, 2005), no entanto, os rejeitos gerados na mineração a céu aberto e no processamento do minério representam um volume muito maior do que aquele gerado através de técnicas de lavra subterrânea, onde os rejeitos de estéril de lavra não costumam vir à superfície (GERMANI, 2002).

1.3 PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE CARVÃO

A mineração, apesar de não ocupar grandes espaços territoriais e ter duração inferior á outras atividades, pode ser considerada como sendo uma das atividades que mais causam impacto ambiental por produzir danos ambientais intensos (DIAS; GRIFFITH, 1998). Tais danos como: a perda e alteração dos solos, dispersão a partir das minas de substâncias tóxicas para os cursos d água, das bacias e pilhas de rejeitos, e a alteração das águas subterrâneas, da flora e da fauna originais, podem ser irreversíveis para Figueiredo (2000). Nas atividades de mineração, as principais fontes de degradação são: a deposição de resíduos ou rejeitos decorrente do processo de beneficiamento e a deposição do material estéril ou inerte, não aproveitável, proveniente do decapeamento superficial (IBRAM, 1987).

Uma das propostas no processo de recuperação de áreas mineradas é recompor a paisagem alterada durante a extração, disponibilizando assim ao solo e ao ambiente como um todo, um nível de recomposição que se aproxime ao máximo possível das condições iniciais, fornecendo ao solo possíveis condições de capacidade produtiva diferente daquela em que o mesmo se encontra, quando está sob as condições estressantes, provocadas pela mineração. Práticas de recuperação em curto prazo incluem o controle da erosão, correção dos níveis de fertilidade e revegetação. Em médio prazo, os processos de erosão já devem ser inexistentes, dando início ao surgimento da vegetação e reestruturação das propriedades físicas e biológicas com o estabelecimento da fauna. Em longo prazo a área em recuperação deverá atingir o equilíbrio das características naturais do ambiente, podendo ser usadas futuramente (BUGIN, 2002).

Segundo Kopezinski (2000), o estabelecimento adequado da cobertura vegetal poderá auxiliar na correção da reabilitação, selecionando espécies que tenham capacidade para crescer rapidamente, proteger e enriquecer o solo, abrigar e alimentar a fauna, recompor a paisagem e restabelecer o regime hídrico. Os processos de construção de um solo devem ser

avaliados, para que se possa evitar a contaminação das camadas superficiais, do “novo solo construído”, com os resíduos do carvão e para que sejam determinadas as influências destes processos sobre os atributos físicos dos mesmos (CAMPOS; ALMEIDA; SOUZA, 2003).

Estudos voltados à recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão, ainda são insuficientes em relação a sua intensa exploração. Na região carbonífera de Santa Catarina, alguns trabalhos vêm sendo realizados tendo em vista o monitoramento da recuperação destas áreas, principalmente aquelas submetidas à mineração a céu aberto (CORREIA,2010).

O termo “solos construídos” foi originalmente utilizado para denominar todo e qualquer tipo de solo que fosse formado a partir de processos antropogênicos. Em grande parte da superfície terrestre, os processos de formação do solo são naturais e, se desenvolvem em longos períodos de tempo de centenas a milhões de anos. No entanto, o homem através de intervenções no ambiente tem gerado ao longo dos últimos milhares de anos, volumes pedológicos com características muito discrepantes dos solos naturais adjacentes em função da natureza diversa de seus constituintes, processos distintos e tempo de formação (KERN e KÄMPF, 1989; KERN, 1996), caracterizando assim, a ocorrência de solos antropogênicos. Dentre os mais antigos tipos de solos construídos, encontram-se os solos altamente férteis e estáveis, denominados de Terra-preta Arqueológica ou Antropogênica (TPA), Terra-preta de Índio (TPI), ou simplesmente Terra-preta (TP) (KÄMPF e KERN, 2005; SILVA, 2009).

Kämpf et al. (2000) assinalam que esses solos construídos têm seus perfis constituídos por uma sucessão de camadas de espessura variável, diferenciadas entre si pela coloração, normalmente com transições abruptas e onduladas. Assinala ainda que, os solos construídos são assim conceituados:

“Solos que são formados por materiais e procedimentos determinados pela ação humana. Esses solos caracterizam-se por serem fundamentalmente antropogênicos e na condição ambiente passam a ter evolução pedogênica, o que indica que o mesmo não alcançou um estado de equilíbrio, estando sujeito a mudanças bruscas nas suas propriedades”.

Poucos autores definem os processos de recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão como sendo “solos construídos” e, ainda há um número muito menor de estudos que avaliam a qualidade destes solos após a reconstrução, podendo ser citado os de Quiñones (2004), Santos et al. (2008), Costa e Zocche (2009), Correia (2010), Andreola (2011).

Devemos levar em conta, contudo, que o sucesso da recuperação de áreas degradadas é resultado de análises de cada um dos processos evolutivos das áreas assegurando a reabilitação do solo em suas características químicas, físicas e biológicas, após sua reconstrução, estabelecendo suporte às condições ambientais e produtivas (CORREIA, 2010).

Assim sendo, novas pesquisas que envolvam a utilização de materiais alternativos, como os avaliados no presente estudo são bem vindos, pois oferecem um universo maior de possibilidades para a recuperação de áreas degradadas pela mineração do carvão

1.4 A MACROFAUNA DO SOLO COMO BIOINDICADOR

O solo pode ser conceituado como um sistema complexo, composto de seres vivos, matéria orgânica e mineral e essas interações resultam em suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Deste modo, os organismos do solo não são apenas seus habitantes, mas também seus componentes (GIRACCA et al., 2003).

São estimados de 5 a 80 milhões de espécies componentes da fauna do solo, para a maior parte da biodiversidade mundial, a qual é constituída por invertebrados, dentre os quais os organismos mais bem representados são os artrópodes, mais especificamente, os insetos. Grande parte dos insetos terrestres passa pelo menos uma fase do seu ciclo de vida no solo, constituindo a comunidade edáfica (GILLER, 1996), que tem por representantes quase todas as classes ou ordens conhecidas de invertebrados (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Os organismos que compõem a fauna do solo possuem ampla variação quanto ao diâmetro e tamanho por isso existem diferentes formas para classificarmos a biota do solo (AQUINO, 2005). Dajoz (1983) classifica a edáfica como micro, meso, macro e megafauna, segundo o autor, a microfauna compreende o grupo de organismos menores do que 0,2 mm (protozoários, nematódeos, rotíferos, tardígrados), a mesofauna, reúne organismos entre 0,2 mm a 4,0 mm (enquitréideos e microartrópodes - proturos, dipluros, collêmbolos, acarinos, paurópodes, sinfilos), a macrofauna engloba os animais com tamanho entre 4,0 a 100 mm (lombricídeos, moluscos, insetos, pterigotos, diplópodes, isópodes, quilópodes) e a megafauna, os organismos maiores do que 100 mm (mamíferos roedores e insetívoros como topeiras terrícolas).

O tamanho do corpo é um dos critérios mais utilizado, apresentando alguma relação com o tamanho do tubo digestivo e do aparelho bucal. A classificação mais utilizada abrange a separação da fauna edáfica a partir de seu diâmetro ou comprimento: microfauna (<0,2 mm), mesofauna (0,2 - 2,0 mm) e macrofauna, que inclui organismos visíveis a olho nu

(>2,0 mm) (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979). Este último é representado por mais de 20 grupos taxonômicos, entre eles: cupins, formigas, minhocas, besouros, tatuzinhos, aranhas, centopéias, piolhos-de-cobra, baratas, tesourinhas, grilos, caracóis, escorpiões, percevejos, cigarras, larvas de mosca e de mariposas (MELO et al., 2009).

O Brasil possui a maior biodiversidade do planeta, e a fauna do solo é um importante componente dessa diversidade. Apesar de ser, na sua maior parte, “invisível”, por estar dentro do solo ou da serrapilheira, esta fauna gera importantes serviços ambientais, que são, infelizmente, pouco reconhecidos e valorizados (MELO et al., 2009).

A matéria orgânica proveniente de leguminosas arbóreas constitui fonte de alimentação e habitat para vários organismos do solo como, por exemplo, a fauna do solo. Estes animais, juntamente com os microrganismos, são os responsáveis pelos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes da matéria orgânica, que por sua vez, são fundamentais para a manutenção da produtividade do ecossistema (CORREIA, 2002).

De acordo com Correia; Andrade; Farias (1997) a fauna é agente de condicionamento, sofre efeito e reflete características do habitat, tanto em nível macro (clima, tipo de solo e fitofisionomia) quanto em nível micro (quantidade/qualidade da serrapilheira ou matéria orgânica e tipos de manejo). Quanto mais diversa for a cobertura vegetal, maior será a diversidade das comunidades de fauna; conseqüentemente, surgirá uma colonização de várias espécies de fauna do solo com estratégias diferentes de sobrevivência (CORREIA; ANDRADE, 1999, MOÇO et al., 2005).

A relação entre estabilidade do sistema e a diversidade de espécies permite identificar grupos funcionais da fauna edáfica mais sensíveis ao sistema de manejo (SILVA; AQUINO; MERCANTE, 2006). Fatores que afetam negativamente esses organismos, promovendo perda de matéria orgânica, também provocam deterioração das propriedades físicas e químicas do solo (MENDES; VIVALDI, 2001). Ao mesmo tempo, à medida que a qualidade do solo aumenta, a diversidade de grupos funcionais é enriquecida, evidenciando assim, a efetividade dos métodos e técnicas de conservação e ou reabilitação do solo, adotadas, por exemplo, em processos de recuperação de áreas degradadas (RODRIGUES; GANDOLFI, 1996).

A fauna edáfica pode, portanto, ser considerada um indicador eficiente da influência da presença ou ausência de cobertura vegetal e, por conseguinte, dos processos de recuperação e desenvolvimento do solo (ROVEDDER et al., 2009). Assim, considera-se que as populações de fauna edáfica demonstram, através das características das suas comunidades,

sensibilidade às condições ambientais, podendo servir como indicadores da qualidade do solo (SAUTTER, 1998).

Em geral, quando se alteram abundância, diversidade e composição do grupo de indicadores, a perturbação do ambiente pode ser medida (BROWN, 1997) e as condições do solo, como o pH, conteúdo de nutrientes e matéria orgânica, e a estrutura da vegetação que determina a diversidade de microhabitats e condições de vida dos invertebrados (DECAENS et al., 1998), têm grande influência sobre estes organismos.

Um indicador, segundo Abbot e Guijt (1999), é algo que auxilia a transmitir um conjunto de informações sobre complexos processos, eventos ou tendências. É uma ferramenta que nos permite obter informações sobre uma dada realidade, podendo reduzir um conjunto complexo de informações e servir como um instrumento de previsão. Um indicador é então um bom representante para medir as alterações de um ambiente após perturbações vindas do meio (MITCHELL, 1997).

Nessas circunstâncias, os pesquisadores procuram bioindicadores (organismos vivos), que possuam a capacidade de representar o que o meio possa responder em relação às questões ambientais, sendo esta uma das técnicas exploradas para estimar as mudanças no ambiente (SILVEIRA NETO et al., 1995). Dentre estes organismos, os insetos mostram grande potencial como bioindicadores, podendo contribuir para a avaliação do grau de sustentabilidade de uma prática, seja de recuperação de uma área degradada ou até mesmo no caso de um sistema natural interferido (LINDEN et al., 1994).

Os indicadores ambientais ou bioindicadores devem ser definidos como organismos ou comunidades bastante sensíveis e que reajam às alterações na estrutura de um ecossistema, modificando suas funções vitais e/ou sua composição química e com isso, forneçam informações sobre a situação ambiental caracterizando inclusive a qualidade da cobertura do solo (JULIÃO et al., 2005).

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Avaliar, por meio da análise da composição da macrofauna epigéica, a viabilidade do uso do gesso químico e de resíduos da agroindústria para construção de solos em áreas degradadas pela exploração do carvão.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a) Inventariar a macrofauna de solos construídos, identificando-a em nível de ordem;
- b) Determinar a variação dos parâmetros (riqueza, dominância e equitabilidade) da macrofauna edáfica, em nível de ordem, em solos construídos com diferentes tipos de tratamentos (proporções e combinações de materiais), ao longo do tempo;
- c) Verificar a possibilidade de utilização da macrofauna epigéica como indicadora da qualidade dos solos construídos com diferentes tipos de tratamentos (proporções e combinações de materiais) em áreas de mineração e depósitos de rejeitos de carvão;
- d) Avaliar a melhor combinação e proporção de materiais (tratamento) para a construção de solos sobre áreas de mineração e depósitos de rejeitos de carvão com bases na composição da fauna epigéica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Unidade Mineraria II da Carbonífera Criciúma S.A, coordenadas 28°47'19''S e 49°26'32''O, Município de Forquilha, Santa Catarina, Brasil (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo mesotérmico úmido com verão quente (Cfa), com precipitação e temperatura média anual de 1.400 mm e 19 °C. A Unidade Mineraria II ocupa hoje uma área de 135 ha, onde estão localizados dois poços, um plano inclinado para acesso à mina, usina de beneficiamento de carvão, oficinas, refeitórios, escritórios, pátios para disposição de carvão, depósitos de rejeitos de beneficiamento, bacias de decantação, estação para tratamento de efluentes e uma horta.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, sobre uma antiga área de depósito de rejeitos do beneficiamento do carvão recoberta com material argiloso e terraplanada, foi adicionada uma camada de material argiloso de aproximadamente 0,30 m de espessura e sobre esta, foi desenvolvido um experimento do tipo Delineamento Blocos Casualizados (ZAR, 1985), para testar a viabilidade do emprego de diferentes materiais na formação de solos construídos sobre áreas de depósitos de rejeitos da mineração e do beneficiamento do carvão. A combinação de diferentes materiais constitui os diferentes tipos de tratamento que serão avaliados, neste estudo, com base na variação na composição da macrofauna epigéica.

2.2 METODOLOGIA DE COLETA

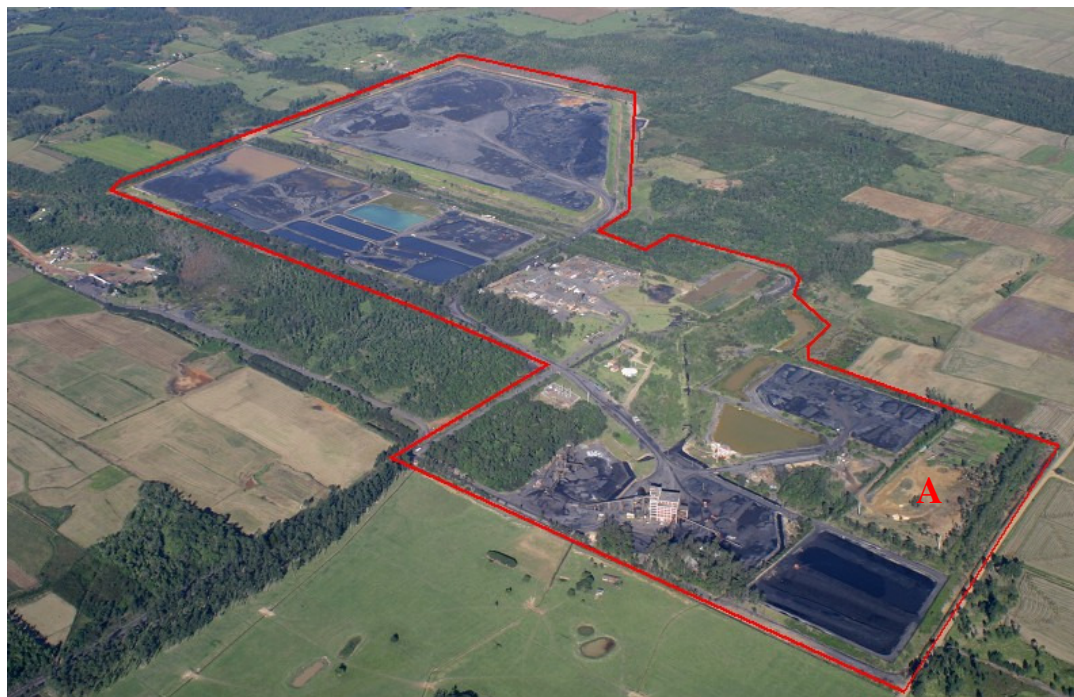
Foram construídos quatro blocos experimentais (Blocos I, II, III e IV) constituídos de seis parcelas cada (4x6) (Figura 2). As parcelas foram construídas com tábuas de eucaliptos de 6,0 x 1,0 x 0,50 m, distantes entre si em 0,80 m. A instalação do experimento ocorreu no mês de abril/2011, a primeira amostragem (tempo 1) ocorreu cinco meses após a instalação (ou seja, em setembro/2012), a segunda coleta (tempo 2) 10 meses após a instalação do experimento (Fevereiro/2012), e a terceira (tempo 3) 17 meses após a instalação do experimento (Setembro/2012).

Os blocos experimentais foram monitorados de agosto de 2011 a setembro de 2012, quanto às características físicas, químicas e biológicas do solo construído, no entanto, neste estudo, foi dada ênfase a apenas a avaliação da composição da macrofauna epigéica, aqui definida como a fauna de invertebrados visíveis a olho nu com tamanho corporal maior do que 2,0 mm (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979) que habita a superfície e o corpo do

solo, como indicadora da melhor combinação e proporção de materiais (tratamento) para a construção de solos sobre áreas de mineração e depósitos de rejeitos de carvão.

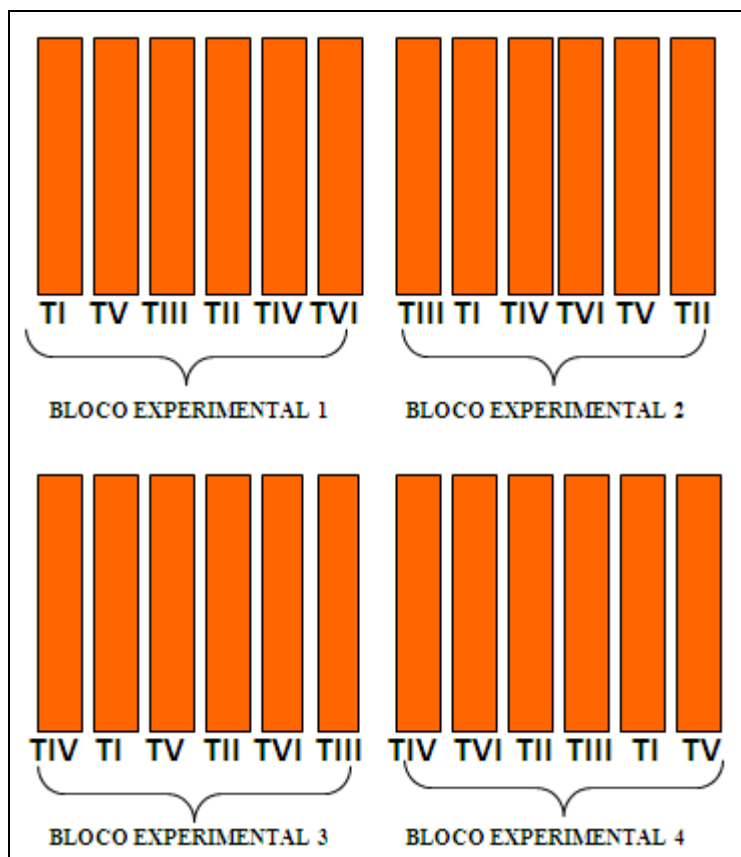
Figura 1 – Localização da Unidade Mineira II (UM II) da Carbonífera Criciúma S.A, coordenadas $28^{\circ}47'19''S$ e $49^{\circ}26'32''O$, Município de Forquilha, Santa Catarina, Brasil. A Linha vermelha indica os limites da propriedade e a letra A em vermelho, a localização da área experimental.





Fonte: da Silveira (2009).

Figura 2 – Disposição dos blocos experimentais (I a IV) e dos solos construídos (tratamentos TI a TVI).



Fonte: Do autor.

Cada parcela abrigou um tipo de tratamento, que representa as composições de substrato definidas a seguir:

a) Tratamento I (testemunha): [rejeitos] – camada de 0,50 m exposto, composta por rejeitos do beneficiamento e por finos da lavagem do carvão na proporção de 50% cada (Figura 3);

b) Tratamento II: [rejeitos + argila + solo vegetal] – camada de 0,20 m, composta por rejeitos do beneficiamento e por finos da lavagem do carvão na proporção de 50% cada, coberta por uma camada de 0,10 m de argila, recoberta por uma camada de 0,20 m de solo vegetal (Figura 4);

c) Tratamento III: [rejeitos + argila + gesso agrícola] – camada de 0,20 m, composta por rejeitos do beneficiamento e por finos da lavagem do carvão na proporção de 50% cada, coberta por uma camada de 0,10 m de argila, recoberta por uma camada de 0,20 m de gesso químico oriundo da estação de tratamento de efluentes da drenagem ácida de mina da Carbonífera Criciúma S.A (Figura 5);

d) Tratamento IV: [rejeitos + argila + (gesso agrícola + solo vegetal)] – camada de 0,20 m, composta por rejeitos do beneficiamento e por finos da lavagem do carvão, coberta por uma camada de 0,10 m de argila, recoberta por uma camada de 0,20 m, composta de gesso químico e de solo vegetal na proporção de 50% cada (Figura 6);

e) Tratamento V: [rejeitos + argila + (gesso agrícola + casca de arroz + resíduos da ETE Seara Alimentos)] – camada de 0,20 m, composta de rejeitos do beneficiamento e por finos da lavagem do carvão, coberta por uma camada de 0,10 m de argila, recoberta por uma camada de 0,20 m, composta de gesso químico, de casca de arroz em estado avançado de decomposição e por resíduos da estação de tratamento de efluentes da empresa Seara Alimentos, na proporção de 33,33% cada (Figura 7);

f) Tratamento VI: [rejeitos + argila + (gesso agrícola + casca de arroz + resíduos da ETE Seara Alimentos + solo vegetal)] – camada de 0,20 m, composta de rejeitos do beneficiamento e por finos da lavagem do carvão, coberta por uma camada de 0,10 m de argila, recoberta por uma camada de 0,20 m, composta de gesso químico, de casca de arroz em estado avançado de decomposição, de resíduos da estação de tratamento de efluentes da empresa Seara Alimentos e de solo vegetal, na proporção de 25% cada (Figura 8).

Cada parcela recebeu uma cobertura final com uma fina camada de turfa de raspagem (turfa ecológica) de aproximadamente 0,02 m, a qual constituiu o banco de sementes para o estabelecimento espontâneo da cobertura vegetal.

Nos tempos um (setembro/2011), dois (final de fevereiro/2012) e três (início de setembro/2012), foram realizados as coletas da macrofauna epigéica, com o objetivo de

avaliar a eficiência de cada tratamento. Foram instaladas três armadilhas de queda do tipo *pitfall* traps por parcela, a intervalo de dois metros, representadas por um copo plástico de 300 mL (Figuras 3 a 9), protegidas individualmente contra a entrada da água da chuva, por um azulejo de 15 x 15 cm de diâmetro, fixado a 10 cm da superfície do solo (Figura 9). No fundo de cada copo plástico, foram adicionados 50 mL de uma mistura de álcool 70% (50 mL), e duas a cinco gotas de detergente doméstico neutro. As armadilhas de queda permaneceram abertas no campo por sete dias, sendo vistoriadas em intervalos de dois em dois dias. Estes procedimentos de amostragem se repetiram nos tempos seis e doze meses. Nos intervalos entre os períodos de amostragem (tempo um, tempo dois e tempo três), as armadilhas foram fechadas para evitar o acúmulo de chuva e impedir que as raízes ocupem o espaço da mesma.

Figura 3 – Tratamento I (testemunha). Camada de 0,50 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão na proporção de 50% cada



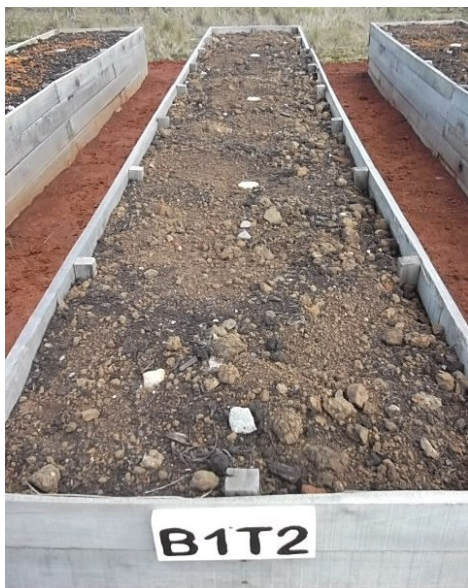
Fonte: Do Autor (Data de 02/08/2011).

Figura 5 – Tratamento III. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão, camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m de gesso químico.



Fonte: Do Autor. (Data de 02/08/2011).

Figura 4 – Tratamento II. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão (proporção de 50% cada), camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m de solo vegetal.



Fonte: Do Autor. (Data de 02/08/2011).

Figura 6 – Tratamento IV. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão (50% cada), camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m de gesso químico e de solo vegetal (50% cada)



Fonte: Do Autor. (Data de 02/08/2011).

Figura 7 – Tratamento V. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão (50% cada), camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m, composta de gesso químico, de casca de arroz em estado avançado de decomposição e por resíduos da estação de tratamento de efluentes da empresa Seara Alimentos (33,33% cada).



Fonte: Do Autor. (Data de 02/08/2011).

Figura 8 – Tratamento VI. Camada de 0,20 m de rejeitos do beneficiamento e de finos da lavagem do carvão (50% cada), camada de 0,10 m de argila, camada de 0,20 m, composta de gesso químico, de casca de arroz em estado avançado de decomposição, de resíduos da estação de tratamento de efluentes da empresa Seara Alimentos e solo vegetal (25% cada).



Fonte: Do Autor. (Data de 02/08/2011).

Figura 9 – Armadilha de queda do tipo pitfall traps, representada por um copo plástico de 300 mL, protegida contra a entrada da água da chuva, por um azulejo de 15 x 15 cm de diâmetro, fixado a 10 cm da superfície do solo.



Fonte: Do Autor. (Data de 27/07/2011)

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Após a coleta em campo, os animais foram triados, conservados em álcool 70% e enquadrados em seus respectivos grupos taxonômicos, sendo identificados até o nível de ordem, seguindo a proposição taxonômica adotada por Rafael et al. (2012).

Os dados foram analisados globalmente, sendo consideradas as três épocas de amostragem conjuntamente e, por época de amostragem individualizada (tempo 1, tempo 2 e tempo 3). De forma global os dados foram analisados em relação: a riqueza de ordens registrada e ao número de animais capturados (total e por ordem).

Por época de amostragem, os dados foram analisados em relação à riqueza de ordens (total e por tratamento) e ao número de animais capturados (total, por tratamento, por ordem e por ordem em cada tratamento), a similaridade entre os tratamentos (medido pela presença/ausência das ordens em cada tratamento), a frequência, a abundância, a diversidade (H'); dominância (D) e; equitabilidade (J).

A riqueza foi considerada como o número absoluto de ordem registrado em cada tratamento. A significância das diferenças na riqueza registrada entre os tratamentos e nos números de indivíduos capturados foi testada por meio do teste do Qui-Quadrado, ao nível de P de 95 e 99% (ZAR, 1985). A frequência e abundância foram calculadas com auxílio do *software* EXCEL enquanto que, os demais índices ecológicos foram obtidos com auxílio do *Software* Past 1.43.

A frequência e a abundância foram calculadas conforme as fórmulas a seguir:

$$FA_t = 100 \times U_t / U_T \qquad FR_t = 100 \times FA_t / \sum_{j=1}^s FA_j$$

Onde:

FA_t = frequência absoluta do táxon t

U_t = número de unidades amostrais em que o táxon t ocorreu

U_T = número total de unidades amostrais

FR_t = frequência relativa do táxon t

$\sum_{j=1}^s FA_j$ = somatório da frequência absoluta de todas as espécies

$$AA_t = N_t/N_T$$

$$AR_t = 100 \times AA_t / \sum_{j=1}^s AA_j$$

Onde:

AA_t = Abundância absoluta do táxon t

N_t = número total de espécimes do táxon t

N_T = número total de espécimes de todos os táxons

AR_t = abundância relativa do táxon t

$\sum_{j=1}^s AA_j$ = somatório da abundância absoluta de todas as espécies

Além dos parâmetros acima descritos foi avaliado também, com o auxílio do software PAST 1.43 (HAMER, et al., 2001), a similaridade entre os tratamentos, em cada tempo de análise (tempo um (setembro/2011), tempo dois (final de fevereiro/2012) e tempo três (início de setembro/2012), com base na presença/ausência das ordens, por meio do índice de similaridade de Jaccard, adotando-se como algoritmo de agrupamento o pareamento simples entre os tratamentos. Os resultados foram expressos em dendrogramas.

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISE GLOBAL

Com um esforço amostral total de 1.512 exposições (12 armadilhas/dia, seis tratamentos, sete dias de exposição, e três épocas de amostragem) foram capturados 4.470 indivíduos, dentre os quais, 4.460 pertencem a quatro subfilos e a 16 ordens e 10 não tiveram sua identificação conclusiva, sendo enquadrados como não identificados. Dentre os espécimes não identificados, dois ocorreram no tempo 1 (setembro/2011), sete no tempo 2 (Fevereiro/2012) e um no tempo 3 (Setembro/2012) (Tabela 1).

Diptera (n = 1.761), Hymenoptera (n = 874), Coleoptera (n = 322), Aranae (n = 249), Blattodea (n = 21), Isopoda (n = 11) foram os táxons mais representativos em termos de números de indivíduos e ocorrência nas três épocas de amostragens. Collembola (n = 851), Hemiptera (n = 311) e Orthoptera (n = 30), Dermaptera (n = 22), por sua vez, embora tenham contribuído com elevado número de indivíduos ocorreram em apenas duas épocas de amostragem, enquanto que, Polydesmida, Acari, Opiliones, Neuroptera, Lepidoptera, Trichoptera e mais nove dos táxons não identificados, além de terem ocorrido em apenas uma época de amostragem contribuíram com apenas um espécime cada (Tabela 1).

Acari, N.I (2) e N.I (4) ocorreram exclusivamente no tempo 1 (setembro/2011), Polydesmida, Opiliones, N.I (6), N.I (9), N.I (10), N.I (12), N.I (13), N.I (14) e N.I (15), no tempo 2 (Fevereiro/2012), e Neuroptera, Lepidoptera, Trichoptera e N.I (29), no tempo 3 (Setembro/2012).

No tempo 2 (Fevereiro/2012) foi registrada a maior riqueza (n = 18), o maior número de ordens não identificadas e o menor número de indivíduos capturados (n = 517), enquanto que, no tempo 3 (Setembro/2012) foi registrado a segunda maior riqueza (n = 14), o maior número de indivíduos capturados (n = 2.742) e o menor número de ordens não identificadas (n = 1). No tempo 1 (setembro/2011), foi registrado o segundo maior número de indivíduos (n = 1.211), a menor riqueza (n = 10) e o segundo maior número de ordens não identificadas (n = 2) (Tabela 1).

Tabela 1 – Lista de táxons, números de capturas nas respectivas épocas de amostragem: tempo um (setembro/2011), tempo dois (final de fevereiro/2012) e tempo três (início de setembro/2012), após a instalação dos experimentos em campo e número total de captura. O número total de capturas representa a soma das 24 parcelas experimentais (seis tratamentos e quatro blocos).

Táxon	Épocas de Amostragem			Total de Capturas
	Tempo um	Tempo dois	Tempo três	
Subfilo Myriapoda				
Classe Diplopoda				
Ordem Polydesmida		1		1
Subfilo Cheliceriformes				
Classe Chelicerata				
Subclasse Arachnida				
Ordem Acari	1			1
Ordem Araneae	36	55	158	249
Ordem Opiliones		1		1
Subfilo Crustacea				
Ordem Isopoda	4	1	6	11
Subfilo Hexapoda				
Classe Entognatha				
Ordem Collembola	8		843	851
Classe Insecta				
Ordem Blattodea	1	12	8	21
Ordem Coleoptera	25	104	193	322
Ordem Dermaptera		6	16	22
Ordem Neuroptera			1	1
Ordem Diptera	1067	44	650	1.761
Ordem Hemiptera		9	302	311
Ordem Hymenoptera	65	267	542	874
Ordem Lepidoptera			1	1
Ordem Orthoptera		10	20	30
Ordem Trichoptera			1	1
N.I (2)	1			1
N.I (4)	3			3
N.I (6)		1		1
N.I (9)		1		1
N.I (10)		1		1
N.I (12)		1		1
N.I (13)		1		1
N.I (14)		1		1
N.I (15)		1		1
N.I (29)			1	1
Totais de Capturas	1.211	517	2.742	4.470
Riqueza	10	18	14	
$\chi^2_{(0,01,2)}$ Totais de capturas	1.739,65 [calculado]**		9,21 [tabelado]	
$\chi^2_{(0,05,2)}$ Riqueza	2,29 [calculado]		5,99 [tabelado]	

** = Altamente significativo, ao nível de probabilidade testada;

N.S = Não significativo ao nível de probabilidade testada.

As diferenças observadas nos números totais de capturas entre as três épocas de amostragem, evidenciaram diferenças altamente significativas $\chi^2_{\text{calculado}}(0,01,2) = 1.739,65 < \chi^2_{\text{tabelado}}(0,01,2) = 9,21$, enquanto que as diferenças observadas em relação à riqueza nas três épocas de amostragem não evidenciaram significância estatística (Tabela 1).

3.2 ANÁLISE POR ÉPOCA DE AMOSTRAGEM

3.2.1 Época de amostragem: tempo um

Os resultados obtidos e as análises de dados referentes à época de amostragem tempo um (cinco meses após a instalação dos experimentos, em setembro/2011) se encontram na Tabela 2.

Após ter decorrido cinco meses da instalação dos experimentos (tempo um), a riqueza total registrada foi de 10 ordens, dentre as quais, para duas não foi possível chegar a uma identificação conclusiva. Em T4, T5 e T6 foram registradas as riquezas mais elevadas ($n = 6$), enquanto que em T1 e T3 ($n = 4$) e em T2 ($n = 3$) as riquezas mais baixas entre os tratamentos. No entanto as diferenças entre os tratamentos registradas em relação a este parâmetro não evidenciaram significância ao nível P de 95% ($\chi^2_{0,05,5 \text{ calculado}} = 1,83$ e $\chi^2_{0,05,5 \text{ tabelado}} = 11,07$).

Com um total de 1.211 capturas, verificou-se que os tratamentos T5 ($n = 594$) e T6 ($n = 449$) foram os que mais contribuíram em termos de número de registros. Os demais, T3 ($n = 48$), T4 ($n = 47$) e T1 ($n = 45$) praticamente não diferiram entre si, enquanto que em T2 ($n = 28$) foi registrado o menor número de capturas. Os diferentes números registrados evidenciaram diferenças altamente significância ao nível P de 99%, entre os tratamentos ($\chi^2_{0,05,5 \text{ calculado}} = 1.572,28$ e $\chi^2_{0,05,5 \text{ tabelado}} = 15,086$).

Diptera ($n = 1.067$), Hymenoptera ($n = 65$), Aranae ($n = 36$) e Coleoptera ($n = 25$) foram às ordens mais importantes em termos de número de registros. Diptera e Aranae, com abundâncias relativas de respectivamente 88,11 e 2,97%, ocorreram em todos os tratamentos. Hymenoptera com abundância relativa de 5,37% ocorreu nos tratamentos T1, T2, T5 e T6 e Coleoptera com abundância relativa de 2,06%, ocorreu nos tratamentos T3, T4, T5 e T6. Acari, Blattodea, N.I (2) e N.I (4) ocorreram exclusivamente em um tratamento, com apenas um e três indivíduos, respectivamente.

Diptera, Hymenoptera e Coleoptera ocorreram com maior número de indivíduos nos tratamentos T5 e T6, enquanto que Araneae ocorreu com números muito similares entre todos os tratamentos exceto em T6 ($n = 1$).

Tabela 2 – Dados obtidos na primeira amostragem, tempo um (setembro/2011), onde: T1 a T6 = tratamentos empregados para a construção do solo; U_t = número de tratamentos em que o táxon “t” ocorreu; FA_t = frequência absoluta do táxon “t” nos tratamentos; FR = frequência relativa do táxon “t” nos tratamentos; AA = abundância absoluta do táxon “t” nos tratamentos; AR = abundância relativa do táxon “t” nos tratamentos. Os números dos táxons em cada tratamento representam a soma das capturas das quatro repetições (blocos experimentais).

Taxon	Tratamentos						Número de Capturas	U_t	Parâmetros Estatísticos			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6			FA	FR	AA	AR
Acari					1		1	1	16,67	3,33	0,17	0,08
Araneae	8	5	6	10	6	1	36	6	0	20,00	6,00	2,97
Blattodea				1			1	1	16,67	3,33	0,17	0,08
Coleoptera			1	1	10	13	25	4	66,7	13,79	4,17	2,06
Collembola			5			3	8	2	33,33	6,67	1,33	0,66
Diptera	35	20	36	33	517	426	1067	6	0	20,00	3	88,11
Hymenoptera	1	3			57	4	65	4	66,67	13,33	10,83	5,37
Isopoda	1			1		2	4	3	50,00	10,00	0,67	0,33
N.I (2)				1			1	1	16,67	3,33	0,17	0,08
N.I (4)					3		3	1	16,67	3,33	0,50	0,25
Totais	45	28	48	47	594	449	1211		500,0	100,0	201,8	100,0
Riqueza	4	3	4	6	6	6			0	0	3	0
$\chi^2_{(0,01,5)}$ Totais de capturas							1.572,28 [calculado]**		15,086 [tabelado]			
$\chi^2_{(0,05,5)}$ Riqueza							1,83 [calculado] N.S		11,07 [tabelado]			

** = Altamente significativo, ao nível de probabilidade testada;

N.S = Não significativo ao nível de probabilidade testada.

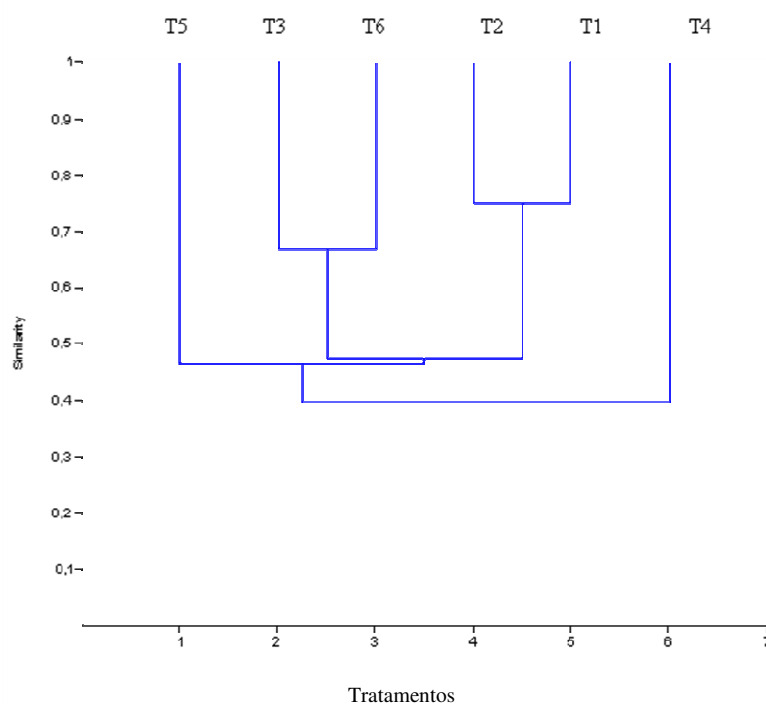
O índice de diversidade de Shannon foi mais elevado em T4 ($H' = 0,91$) e mais baixo em T5 ($H' = 0,5$). A dominância foi mais elevada em T6 e T5 ($D = 0,9$ e $D = 0,77$), a equitabilidade foi mais elevada em T2 ($J = 0,72$) e mais baixa em T6 ($J = 0,14$) (Tabela 3).

Tabela 3 – Parâmetros ecológicos obtidos na primeira coleta (tempo um) em setembro/2011 nos respectivos tratamentos. Os valores de cada tratamento representam a soma dos registros obtidos em cada bloco experimental.

Parâmetros	Tratamentos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Número de Táxons	4	3	4	6	6	6
Número de Indivíduos	45	28	48	47	594	449
Dominância (D)	0,64	0,55	0,59	0,54	0,77	0,9
Índice de Shannon (H')	0,67	0,79	0,79	0,91	0,5	0,27
Índice de Equitabilidade (J)	0,48	0,72	0,57	0,5	0,28	0,14

A similaridade entre os tratamentos, avaliada com base na presença e ausência das ordens está expressa na figura 10.

Figura 10 – Dendrograma de similaridade entre os tratamentos, no tempo u de amostragem (setembro/2011), obtido por meio da análise de agrupamentos tendo como algoritmo de associação os grupos pareados a partir da presença/ausência das ordens.



Fonte: Do autor.

Observa-se a formação de dois grupos distintos, um composto pelos tratamentos T1 e T2, mais similares entre si, com valor de similaridade maior do que 70% e outro composto pelos tratamentos T6 e T3, com valor de similaridade inferior a

70%. Os tratamentos T4 e T5 foram os mais dissimilares em relação aos demais. O T5 se agrupou aos tratamentos T3 e T6 e, o tratamento T4 aos tratamentos T1 e T2, indicando a menor similaridade entre todos os tratamentos.

3.2.2 Época de amostragem tempo dois

Os resultados obtidos e as análises de dados referentes à época de amostragem tempo dois (10 meses após a instalação dos experimentos – fevereiro/2012) se encontram na Tabela 4.

Após terem decorrido 10 meses da instalação dos experimentos (Tempo dois), a riqueza total registrada foi de 18 ordens, dentre as quais, para sete não foi possível chegar a uma identificação conclusiva. Em T6 (n = 12), T4 (n = 9) e em T5 e T3 (n = 8 ordens cada) foram registradas as riquezas mais elevadas, enquanto que em T1 e T2 (n = 4) e em T2 (n = 7) as riquezas mais baixas entre os tratamentos. No entanto as diferenças entre os tratamentos registradas em relação a este parâmetro não evidenciaram significância ao nível P de 95% ($\chi^2_{0,05,5}$ calculado = 8,5 e $\chi^2_{0,05,5}$ tabelado = 11,07).

Com um total de 517 capturas, verificou-se que os tratamentos T6 (n = 218) e T5 (n = 159) foram os que mais contribuíram em termos de número de registros. Os demais, T4 (n = 48), T3 (n = 47) se aproximaram entre si, enquanto que T2 (n = 26) e T1 (n = 23) foram registrados os menores números de capturas. Os diferentes números registrados evidenciaram diferenças altamente significância ao nível P de 99%, entre os tratamentos ($\chi^2_{0,01,5}$ calculado = 390,11 e $\chi^2_{0,05,5}$ tabelado = 15,086), verificando-se que os tratamentos T5 e T6

Hymenoptera (n = 267), Coleoptera (n = 104) Aranae (n = 55) e Diptera (n = 44) foram às ordens mais importantes em termos de número de registros. Hymenoptera e Coleoptera com abundâncias relativas de respectivamente 51,64 e 20,12%, e Aranae e Diptera, com abundâncias relativas de respectivamente 10,64 e 8,51% ocorreram em todos os tratamentos. Orthoptera com abundância relativa de 1,93% ocorreu em todos, exceto no tratamento T1 e Blattodea com abundância relativa de 2,32%, ocorreu nos tratamentos T3, T4, T5 e T6. Isopoda, Opiliones, Polydesmida N.I (6), N.I (9), N.I (10), N.I (12), N.I (13), N.I (14) e N.I (15) ocorreram exclusivamente em um tratamento, com apenas um indivíduo, enquanto que, Dermaptera e Hemiptera ocorreram respectivamente em dois e em três tratamentos.

Todas as ordens que ocorreram em dois ou mais tratamentos evidenciaram maior número de indivíduos nos tratamentos T5 e T6.

Tabela 4 – Dados obtidos na segunda coleta, tempo dois (fevereiro/2012), onde: T1 a T6 = tratamentos empregados para a construção do solo; U_t = número de tratamentos em que o táxon “t” ocorreu; FAt = frequência absoluta do táxon “t” nos tratamentos; FR = frequência relativa do táxon “t” nos tratamentos; AA = abundância absoluta do táxon “t” nos tratamentos; AR = abundância relativa do táxon “t” nos tratamentos. Os números dos táxons em cada tratamento representam a soma das capturas das quatro repetições (blocos experimentais).

Taxon/ Ordens	Tratamentos						Número de Capturas	U_t	Parâmetros Estatísticos			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6			FA	FR	AA	AR
Araneae	4	6	10	4	15	16	55	6	100,0 0	12,50	9,17	10,64
Blattodea			1	1	5	5	12	4	66,67	8,33	2,00	2,32
Coleoptera	4	2	1	8	48	41	104	6	100,0 0	12,50	17,33	20,12
Dermaptera					3	3	6	2	33,33	4,17	1,00	1,16
Diptera	6	3	6	3	18	8	44	6	100,0 0	12,50	7,33	8,51
Hemiptera		1			2	6	9	3	50,00	6,25	1,50	1,74
Hymenoptera	9	12	22	27	65	132	267	6	100,0 0	12,50	44,50	51,64
Isopoda		1					1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
Opiliones			1				1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
Orthoptera		1	1	2	3	3	10	5	83,33	10,42	1,67	1,93
Polydesmida						1	1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
N.I (6)						1	1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
N.I (9)				1			1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
N.I (10)				1			1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
N.I (12)				1			1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
N.I (13)						1	1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
N.I (14)						1	1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
N.I (15)			1				1	1	16,67	2,08	0,17	0,19
Totais	23	26	43	48	159	218	517		800,0 0	100,0 0	86,17	100,0 0
Riqueza	4	7	8	9	8	12						
χ^2 (0,01,5) Totais de capturas							390,11 [calculado]**		15,086 [tabelado]			
χ^2 (0,05,5) Riqueza							8,5 [calculado] N.S		11,07 [tabelado]			

** = Altamente significativo, ao nível de probabilidade testada;

N.S = Não significativo ao nível de probabilidade testada.

O índice de diversidade de Shannon foi mais elevado em T2 e T5 ($H' = 1,52$ e $1,51$, respectivamente) e mais baixo em T6 e em T1 ($H' = 1,33$). A dominância foi

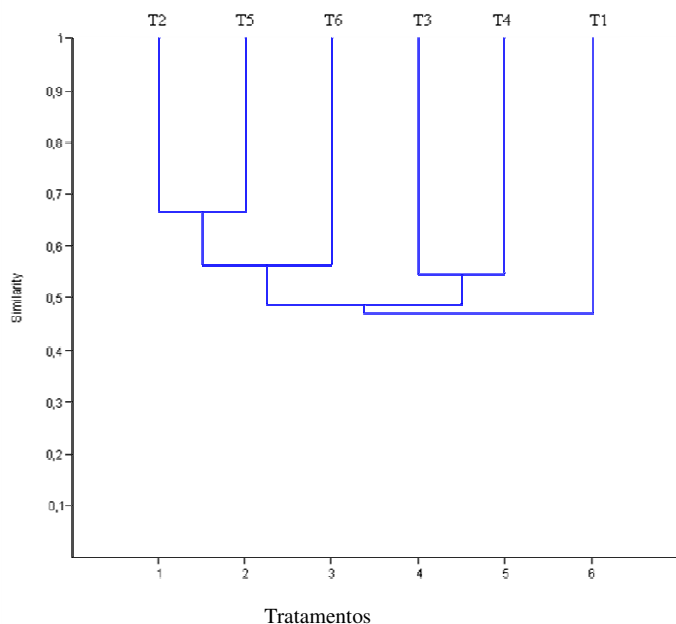
mais elevada em T6 ($D = 0,41$), a equitabilidade foi mais elevada em T1 ($J = 0,96$) e mais baixa em T6 ($J = 0,54$) (Tabela 5).

Tabela 5 – Parâmetros estruturais obtidos na segunda coleta (Tempo dois) em fevereiro/2012 nos respectivos tratamentos. Os valores de cada tratamento representam a soma dos registros obtidos em cada bloco experimental.

Parâmetros	Tratamentos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Número de Táxons	4	7	8	9	9	12
Número de Indivíduos	23	26	43	48	159	218
Dominância (D)	0,28	0,29	0,34	0,36	0,29	0,41
Índice de Shannon (H')	1,33	1,52	1,39	1,46	1,51	1,33
Índice de Equitabilidade (J)	0,96	0,78	0,67	0,66	0,73	0,54

A similaridade entre os tratamentos, avaliada com base na presença e ausência das ordens está expressa na figura 11.

Figura 11 – Dendrograma de similaridade entre os tratamentos, no tempo dois (fevereiro/2012), obtido por meio do índice de Jaccard, tendo como algoritmo de associação os grupos pareados com base na presença/ausência das ordens.



Fonte: Do autor.

Observa-se a formação de dois grupos distintos, um composto pelos tratamentos T2 e T5, mais similares entre si, com valor de similaridade maior do que 65% e outro composto pelos tratamentos T3 e T4, com valor de similaridade inferior a 55%. Os tratamentos T6 e T1 foram os mais dissimilares em relação aos demais. O T6 se agrupou aos tratamentos T2 e T5 e, o tratamento T1 aos tratamentos T3 e T4, assumindo a maior dissimilaridade entre todos os tratamentos.

3.2.3 Época de amostragem tempo três

Os resultados obtidos e as análises de dados referentes à época de amostragem tempo três (17 meses após a instalação dos experimentos – setembro/2012) se encontram na Tabela 6.

Tabela 6 – Dados obtidos na terceira coleta, tempo três (setembro/2012), onde: T1 a T6 = tratamentos empregados para a construção do solo; U_t = número de tratamentos em que o táxon “t” ocorreu; FAt = frequência absoluta do táxon “t” nos tratamentos; FR = frequência relativa do táxon “t” nos tratamentos; AA = abundância absoluta do táxon “t” nos tratamentos; AR = abundância relativa do táxon “t” nos tratamentos. Os números dos táxons em cada tratamento representam a soma das capturas das quatro repetições (blocos experimentais).

Taxon/ Ordens	Tratamentos						Número de Capturas	U_t	Parâmetros Estatísticos			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6			FA	FR	AA	AR
Araneae	20	11	23	19	38	47	158	6	100,00	12,00	26,33	5,76
Blattodea				1	2	5	8	3	50,00	6,00	1,33	0,29
Coleoptera	6	9	19	13	81	65	193	6	100,00	12,00	32,17	7,04
Collembola	44	80	203	220	156	140	843	6	100,00	12,00	140,50	30,74
Dermaptera					10	6	16	2	33,33	4,00	2,67	0,58
Diptera	79	60	94	112	142	163	650	6	100,00	12,00	108,33	23,71
Hemiptera	77	42	21	8	71	83	302	6	100,00	12,00	50,33	11,01
Hymenoptera	11	54	35	36	196	210	542	6	100,00	12,00	90,33	19,77
Isopoda			1	1	2	2	6	4	66,67	8,00	1,00	0,22
Lepidoptera						1	1	1	16,67	2,00	0,17	0,04
Neuroptera						1	1	1	16,67	2,00	0,17	0,04
Orthoptera	4	3	3	2	3	5	20	1	16,67	2,00	3,33	0,73
Trichoptera	1						1	1	16,67	2,00	0,17	0,04
N.I (29)			1				1	1	16,67	2,00	0,17	0,04
Totais	242	259	400	412	701	728	2742		833,33	100,00	457,00	100,00
Riqueza	8	7	9	9	10	12						
$\chi^2_{(0,01,5)}$ Totais de capturas	489,45 [calculado]**						15,086 [tabelado]					
$\chi^2_{(0,05,5)}$ Riqueza	1,62 [calculado] N.S						11,07 [tabelado]					

** = Altamente significativo, ao nível de probabilidade testada;
N.S = Não significativo ao nível de probabilidade testada.

Após terem decorrido 17 meses da instalação dos experimentos (Tempo três), a riqueza total registrada foi de 14 ordens, dentre as quais, para apenas uma não foi possível chegar a uma identificação conclusiva. Em T6, T5 foram registradas as riquezas mais elevadas ($n = 12, 10$ ordens, respectivamente), em T4 e T3 foram registradas riquezas intermediárias ($n = 9$ ordens cada), enquanto que em T1 e T2 ($n = 8$ e 7 ordens, respectivamente) as riquezas mais baixas entre os tratamentos. No entanto as diferenças entre os tratamentos registradas em relação a este parâmetro não evidenciaram significância ao nível P de 95% ($\chi^2_{0.05,5}$ calculado = 1,62 e $\chi^2_{0.05,5}$ tabelado = 11,07).

Com um total de 2.742 capturas, verificou-se que os tratamentos T6 ($n = 728$) e T5 ($n = 701$) foram os que mais contribuíram em termos de número de registros. T4 ($n = 412$), T3 ($n = 399$) contribuíram com valores intermediários, e os demais T2 ($n = 259$) e T1 ($n = 242$) praticamente não diferiram entre si, onde foram registrados os menores números de capturas. Os diferentes números registrados evidenciaram diferenças altamente significância ao nível P de 99%, entre os tratamentos ($\chi^2_{0.05,5}$ calculado = 489,45 e $\chi^2_{0.05,5}$ tabelado = 15,086).

Collembola ($n = 843$), Diptera ($n = 650$), Hymenoptera ($n = 542$), Hemiptera ($n = 302$), Coleoptera ($n = 193$), Aranae ($n = 158$) e Orthoptera ($n = 20$) foram às ordens mais importantes em termos de número de indivíduos. Estas sete ordens, com abundâncias relativas variando de 30,74 a 0,73%, ocorreram em todos os tratamentos. Isopoda com abundância relativa de 0,22% ocorreu nos tratamentos T3, T4, T5 e T6 e Blattodea, com abundância relativa de 0,29%, ocorreu nos tratamentos T4, T5 e T6. Lepidoptera, Neuroptera, Trichoptera e N.I (29) ocorreram exclusivamente em um tratamento, com apenas um indivíduo.

Nove dentre as 14 ordens registradas ocorreram com maior número de indivíduos nos tratamentos T5 e T6. A exceção foi Collembola que ocorreu com números mais elevados nos tratamentos T3 e T4.

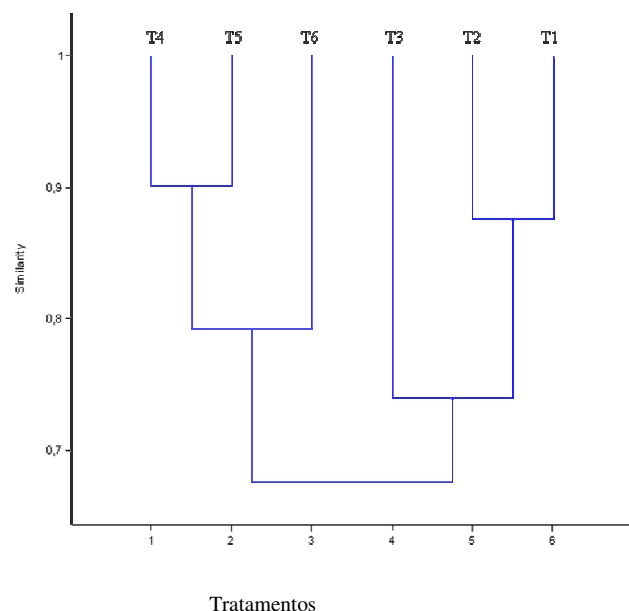
O índice de diversidade de Shannon foi mais elevado em T6 ($H' = 1,79$) e mais baixo em T4 ($H' = 1,29$). A dominância foi relativamente uniforme em todos os tratamentos, com valores mais elevados em T4 e T3 ($D = 0,37$ e $D = 0,33$), a equitabilidade foi mais elevada em T2 ($J = 0,84$) e mais baixa em T4 ($J = 0,58$), com valores muito similares entre os demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 – Parâmetros estruturais obtidos na terceira coleta (Tempo três) em setembro/2012 nos respectivos tratamentos. Os valores de cada tratamento representam a soma dos registros obtidos em cada bloco experimental.

Parâmetros	Tratamentos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Número de Táxons	8	7	9	9	10	12
Número de Indivíduos	242	259	399	412	701	728
Dominância (D)	0,25	0,22	0,33	0,37	0,19	0,19
Índice de Shannon (H')	1,57	1,63	1,43	1,29	1,77	1,79
Índice de Equitabilidade (J)	0,75	0,84	0,65	0,58	0,77	0,72

A similaridade entre os tratamentos, avaliada com base na presença e ausência das ordens na época de amostragem doze meses está expressa na figura 12.

Figura 12 – Dendrograma de similaridade entre os tratamentos, no tempo três (setembro/2012), obtido por meio do índice de Jaccard, tendo como algoritmo de associação os grupos pareados com na presença/ausência das ordens.



Fonte: Do autor.

Igualmente a demais épocas de coleta de dados, observa-se a formação de dois grupos distintos, um composto pelos tratamentos T1 e T2, mais similares entre si, com valor de similaridade inferior a 90% e outro composto pelos tratamentos T4 e T5, com valor de similaridade superior a 90%. Os tratamentos T6 e T3 foram os mais

dissimilares em relação aos demais. O T6 se agrupou aos tratamentos T4 e T5 formando um novo grupo, com similaridade superior a 80% enquanto, o tratamento T3 se agrupou aos tratamentos T1 e T2, indicando a menor similaridade entre todos os tratamentos, no entanto ainda superior a 70%.

4 DISCUSSÃO

Embora a mineração do carvão desempenhe um importante papel econômico para o Brasil e especialmente para Santa Catarina, quando efetuada de forma desordenada compromete os recursos da água, do solo e biota (COSTA; ZOCCHÉ; ZOCCHÉ-de-SOUZA, 2007), conforme se observa na Bacia Carbonífera Catarinense, onde, atualmente se encontra degradada uma área que varia de 2.000 a 6.000 ha (SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2010), composta por 134 minas a céu aberto (abrangendo uma área total de 2.964 ha), 115 áreas de depósitos de resíduos (em um total de 2.734 ha), 58 há em 77 locais (com bacias ácidas), e centenas de minas subterrâneas (ABMC, 2008).

Dois grandes problemas podem ser apontados em decorrência da mineração do carvão: a degradação das áreas mineradas propriamente ditas e, a degradação gerada pela drenagem ácida de mina, produzida pelos depósitos de rejeitos da mineração e do beneficiamento. A primeira atua de forma mais localizada, enquanto que a segunda, espalha-se por toda a bacia hidrográfica que tem contato com as áreas mineradas (ZOCCHÉ, 2008).

Parte da solução dos problemas que a mineração de carvão gera, passa pela recomposição das áreas degradadas. Basicamente os projetos de reabilitação passam pela reconformação topográfica, terraplanagem, cobertura dos estéreis com argila, e finalmente com uma camada de solo vegetal, quando disponível. O problema maior reside justamente na disponibilidade de argila e de solo vegetal, geralmente tomada de áreas de empréstimo, quando não foram estocados previamente durante o processo de lavra (ZOCCHÉ, 2005).

A reconstrução do solo sobre áreas mineradas de carvão que constituem passivo ambiental está entre os maiores gargalos enfrentados atualmente e, a busca por materiais alternativos, que geralmente também estão gerando passivos ambientais, é uma prática viável, pois se estes materiais servirem para o propósito de construção de solos de forma ambientalmente correta e economicamente viável, estar-se-á resolvendo, pelo menos dois problemas ambientais (COSTA; ZOCCHÉ; ZOCCHÉ-de-SOUZA, 2007; ZOCCHÉ, 2008).

A sucessão primária apresenta metas as quais devem ser seguidas: a primeira meta tende a esclarecer o desgaste abiótico e a imigração biótica no material rochoso que foi trazido ao ar livre (CLEMENTS, 1928), consistindo na seleção do biótopo, na regulação biocenótica e do biótipo e, finalmente, desenvolvendo um novo ecossistema. A segunda é obter informações na autoecologia, na sinecologia e no comportamento energético de certas espécies ou de comunidades. Uma ideia é que o nicho ecológico ocupado por uma espécie se tornará mais estável até que chegue ao estágio de clímax (DOREAU, 1986). A terceira se refere à econômica: a função da fauna do solo, especialmente os artrópodes, no processo de reabilitação das áreas e na utilização destes organismos como indicadores de estágios e/ou tendências de evolução da área (BARLEIN et al., 1989 apud CORREIA, 2010).

Em solos alterados por atividades antrópicas, nas fases iniciais da sucessão são observadas altas densidades populacionais de Collembola, Diptera e Coleoptera são (DUNGER, 1989; TOPP et al., 2001). Os dados registrados no presente trabalho corroboram as afirmações destes autores, exceto relação à Diptera, muito embora não se possa comparar diretamente, pois solos construídos em área de mineração de carvão apresentam condições de alteração muito mais profundas, do que aqueles que se encontram em outras condições antrópicas. Isto é, as atividades de mineração alteram radicalmente a estrutura do solo.

Os resultados evidenciaram na análise global que as ordens Diptera, Hymenoptera, Collembola, Hemiptera, Coleoptera e Aranae foram, respectivamente, as que mais contribuíram em número de indivíduos e as que, com exceção de Hemiptera, ocorreram nas três épocas de amostragem, juntamente com Isopoda e Blatodea. De outra forma Polydesmida, Acari, Opiliones, Neuroptera, Lepidoptera Trichoptera e 10 organismos não identificados ocorreram em apenas uma época de amostragem e com apenas um indivíduo em sua maior parte.

O grupo Acari, segundo Sautter e Santos (1994), demonstra preferência por habitat com grande quantidade de matéria orgânica, além de apresentarem habilidades em serem os primeiros colonizadores de áreas perturbadas, fato que não se comprovou no presente estudo, pois foi registrado apenas um indivíduo em apenas uma época de amostragem.

Tousignant e Coderre (1992) e Sautter e Santos (1994) assinalam que e os ácaros são predados por um número elevado de animais. Brown (1997) por sua vez,

assinala que os insetos menores são mais sensíveis, podendo diminuir ou mesmo desaparecer após uma perturbação.

As aranhas são animais megadiversos, que se distribuem por todas as regiões zoogeográficas conhecidas, com exceção do Ártico e Antártica (FOELIX, 1996). Devido a sua imensa capacidade adaptativa, a ordem Araneae é uma das mais abundantes do Reino Animal. Elas podem ser encontradas desde os interstícios do solo até o dossel das árvores, vivendo mesmo em ambientes aquáticos dulcícolas ou litorâneos. Araneae um dos mais importantes grupos de predadores em todos os ecossistemas terrestres, sendo agentes reconhecidamente eficientes no controle biológico natural em ecossistemas agrícolas (DIPENAAR-SCHOEMAN; JOCQUÉ, 1997); ou seja, onde tenha presas, lá se encontrarão os predadores.

Alguns dos grupos de organismos presentes em nosso estudo e, entre eles Araneae, larvas de Diptera e Coleoptera, são predadores ou responsáveis pela fragmentação da matéria orgânica e apresentam-se como indicadores sensíveis da qualidade do solo (LAVELLE, SPAIN, 2001). Pelo fato de estes três ordens terem ocorrido nas três coletas e com números muito expressivos, podem ser utilizados como bons indicadores da qualidade de solos construídos em áreas de mineração. Os Isopoda por sua vez tendem a buscar microhabitats mais sombreados e úmidos (DUNGER; AHMED; ONG, 2005). Este grupo, em geral, escolhe o habitat, tanto pelas condições microclimáticas, quanto pela qualidade e aporte do material orgânico, corroborando os dados registrados neste trabalho.

Brown (1997), ainda afirma que espécies das ordens Orthoptera, Hemiptera, Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera e Coleoptera constituem um dos mais importantes bioindicadores. Estas ordens de insetos contêm subgrupos importantes adaptados para testar níveis de poluição, redução de predadores, aumento de plantas invasoras e inibição da decomposição.

A presença de Hymenoptera evidencia a condição de solo alterado uma vez que este grupo apresenta grande plasticidade quanto à adaptação às condições ambientais (FOWLER, 1998). São capazes de modificar a estrutura física do solo pela criação de galerias, influenciando na porosidade, aeração, infiltração e drenagem do solo (LAVELLE; SPAIN, 2001), o que é muito importante, pois contribuem sobremaneira para o desenvolvimento da estrutura do solo, que é tudo o que se busca na recuperação de áreas degradadas.

Dunger; Ahmed; Ong (2005) assinalam que o grupo Isopoda, tende a buscar microhábitats mais sombreados e úmidos. Este grupo, em geral, difere na escolha do hábitat, tanto por condições microclimáticas, quanto pela qualidade e aporte do material orgânico, o que pode explicar a maior abundância e frequência nos tratamentos 5 e 6.

Embora neste trabalho tenhamos identificado os animais somente até o nível de ordem, observamos que entre os Himenoptera, a família Formicidae ocorreu com elevado número. As formigas se adaptam facilmente às condições locais, podendo haver predomínio de uma ou poucas espécies. A ocorrência ampla, associada à variedade de hábitos alimentares, confere a esses organismos o potencial de atuar como eficientes polinizadores, dispersores de sementes, detritívoros e predadores (LOBRY de BRUYN, 1999). Segundo Stary e Kubiznáková (1987) as formigas são altamente tolerantes a condições extremas de qualidade do solo, como por exemplo, presença de metais pesados, apresentando ampla plasticidade ecológica e, portanto, em certas condições podem ser utilizadas como organismos bioindicadores. Formam um grupo taxonômico dominante na maioria dos ecossistemas, estando presentes nos mais diferentes hábitats. Sua riqueza de espécies está correlacionada com o tipo e a variedade da vegetação, sendo que o aumento na complexidade da vegetação garante aumento na sua diversidade (DIEHL-FLEIG; DIEHL-FLEIG; SANHUDO, 1998; SOARES; GOMES; SANTOS, 2001).

Na natureza, o número de espécies de Collêmbolos é relativamente pequeno, mas a quantidade de indivíduos, gerados por certas espécies que vivem no solo, em matéria vegetal em decomposição, chega a ser astronômica (CARRERA, 1973). Este grupo é considerado como a base alimentar de uma variedade de organismos (ROVEDDER et al., 2009). Buzzi (2005) afirma que estes organismos podem ser facilmente transportados pelo vento, o que pode explicar o grande número registrado na terceira amostragem.

A sensibilidade de Collembola, para os estressores edáficos como os metais pesados tem sido objeto de recentes investigações, apontando a herdabilidade de resistência nas populações submetidos em longo prazo a contaminação do solo (CHAUVAT; PONGE, 2002). Em nosso experimento essa ordem teve seu número de espécimes aumentado em todos os tratamentos na terceira amostragem. Não sabemos exatamente o que levou a tais resultados.

Oliveira; Rodrigues; Oliveira (2008) em um estudo de diagnóstico dos níveis de recuperação de áreas com o uso de grupos de invertebrados, concluíram que, após três

anos a colonização da área experimental pela macrofauna estava acontecendo, lentamente, indicando que a biocenose estava evoluindo para a elevação da diversidade de grupos e riqueza de espécies de Collembola e Formicidae, juntamente com o processo sucessional da vegetação; estes resultados já podem observar em apenas um ano de experimento e com um número relativamente grande de ordens importantes para as funções do solo.

O fato de termos encontrado um único organismo na ordem Lepidoptera, pode ser de que um modo geral, estes são adultos solitários (BUZZI, 2005). Outro fator poderia ter sido de que em qualquer estágio, os lepidópteros podem ser vítimas de predadores ou de parasitos, já que o ambiente estudado está longe do estágio de equilíbrio, assim sendo, cada nova presa que surge é atacada pelos predadores presentes com muito mais efetividade do que ocorre em ambientes naturais. Os Hymenoptera são os que mais parasitam ovos de Lepidoptera. As larvas servem de alimento para ácaros, aranhas, vespas e invertebrados, principalmente passarinho (BUZZI, 2005).

É esperado um aumento do número de grupos e do número de indivíduos da macrofauna do solo pela disponibilidade de fonte de energia e nitrogênio, favorecendo, assim, a reprodução dos invertebrados, conforme também relatado por JOFFRE; VACHER; LONG (1988) e HANG; MAZZARINO; NUNES (1995). As atividades dos organismos do solo são condicionadas, sobretudo pelo clima, pela vegetação, e por fatores próprio solo, como umidade, temperatura, aeração, acidez, suprimento de nutrientes e de energia e grau de perturbação (CURRY; GOOD, 1992; FISHER; BINKLEY, 2000). Lavelle et al. (2006) e Baretta et al. (2007) por sua vez assinalam que entre outros fatores, a temperatura e a umidade do solo são determinante para a macrofauna, influenciando diretamente em sua dinâmica populacional.

Deve-se levar em conta que a segunda amostragem foi realizada em época de verão, onde a média da temperatura nos sete dias de coleta ficou em torno de 38 °C, o que pode ter interferido e muito na atividade da macrofauna do solo. Outro fato a ser considerado é que no período entre setembro de 2011 a maio de 2012 a região passou por um tempo de estiagem, o que deve ter influenciado diretamente nas condições de umidade do solo das parcelas experimentais, o que muito provavelmente dificultou a colonização e a permanência da macrofauna nos solos construídos, influenciando diretamente nos números de indivíduos capturados, conforme se verificou na segunda época de amostragem.

De um modo geral, apesar de algumas ordens não aparecerem com tanta frequência ou possuírem baixos números de organismos, o presente estudo mostrou que houve diferenças significativas de uma época de amostragem para outra em relação ao número de animais registrados, muito embora a riqueza de espécies não tenha sido diferença significativa entre os tratamentos e entre as épocas de amostragem.

Entre os tratamentos avaliados, os tratamentos T5 e T6 evidenciaram as maiores riquezas em espécies, frequências, abundâncias de indivíduos. Embora não tenha sido avaliado desenvolvimento da cobertura vegetal nos respectivos tratamentos, foi observada que a vegetação destes dois tratamentos era nitidamente mais rica, mais desenvolvida e se apresentava com maior densidade em relação à cobertura vegetal presente nos demais. Este fato influenciou diretamente na variedade de organismos habitantes do solo, o que atesta que a superioridade destes dois tratamentos em relação aos demais.

Conforme pode ser observado nos dados acima, o tratamento T5 e T6 foram os que abrigaram o maior número de espécimes e indivíduos em todos os três tempos de análise. Foram igualmente os tratamentos que evidenciaram diferenças estatisticamente significativas em relação aos demais, no período de tempo considerado neste estudo (17 meses).

Portanto, em se tratando de opção por tipo de material e proporção quanto à composição para a construção de solos em área de mineração de carvão a serem recuperadas, nossos dados comprovam a melhor qualidade dos tratamentos T5 e T6. No entanto, o comportamento dos solos construídos segundo os tratamentos T5 e T6 devem ser avaliados em um tempo maior (mais de cinco anos) a fim de verificar em longo prazo a manutenção de tais características.

CONCLUSÕES

1. A macrofauna edáfica presente na primeira época de amostragem provavelmente foi oriunda em sua maior parte dos materiais usados para composição do solo. Isto fica visível pelo fato de que no tratamento dois, que é composto apenas por solo e, no tratamento três, que é composto apenas por gesso químico terem sido registrados números relativamente pequenos de indivíduos em relação aos demais tratamentos;
2. O elevado número de Araneae no tratamento um registrado em todas as épocas de amostragem pode ser interpretada de duas maneiras: primeiro que os experimentos não foram isolados o bastante para evitar a chegada de animais das áreas circunvizinhas e; segundo que estes animais exploram também os rejeitos de áreas mineradas, fato que nos parece inusitado;
4. Os resultados obtidos nos tempos dois e três de amostragem atestaram a viabilidade da utilização dos insetos como bioindicadores da qualidade de solos construído, muito embora, o elevado número de espécies não identificadas no tempo dois pode ter mascarado os resultados, uma vez que sete ordens não foram identificadas neste conjunto de dados;
5. Dentre os tratamentos aplicados neste experimento, os tratamentos cinco e seis foram os que apresentaram os melhores resultados, corroborado pela riqueza e pelo número de espécies registradas.
6. Os dados aqui apresentados são suficientemente robustos para atestar a viabilidade de uso do gesso agrícola combinado com os rejeitos da agroindústria e com solo vegetal para construção de solos em áreas de mineração de carvão, deve-se, contudo atentar para o fato de que os efluentes da indústria de frangos podem trazer consigo elementos contaminantes, o que comprometeria a aplicabilidade dos mesmos na recuperação de áreas degradadas;
7. Esta análise, contudo não foi objeto de estudo do presente trabalho, fazendo parte dos estudos de uma dissertação de mestrado desenvolvida no Laboratório de Ecologia de Paisagem e de Vertebrados da UNESC.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, J.; GUIJT, I. **Novas visões sobre mudança ambiental: abordagens participativas de monitoramento**. Rio de Janeiro: AS-PTA; Agricultura familiar e agroecologia, 55p., 1999.
- ABMC. (2008). Associação Brasileira de Mineração de Carvão. Disponível em <<http://www.carvaomineral.com.br>> Acessado 12 Maio de 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Carvão mineral - Atlas de energia elétrica do Brasil**. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap9.pdf> Acessado em 08 de outubro de 2012.
- ALEXANDRE, N. Z. Diagnóstico ambiental da região carbonífera de Santa Catarina: degradação dos recursos naturais. **Revista Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, SC v. 5, n. 2, p. 35-53, jul./dez 1999.
- ANDREOLA, A. **Avaliação dos atributos químicos de um solo construído pós-mineração de carvão no município de Lauro Müller, SC**. Dissertação (Pós-Graduação em Manejo do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. 2011.70p.
- AQUINO, A.M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do Agrossistema. In : AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 368p.2005.
- BARETTA, D.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; CARDOSO, E.J.B.N. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic forests with *Araucaria angustifolia*. **Scientia Agricola**, v.64, p.384-392, 2007.
- BELOLLI, M; QUADROS, J; GUIDI, A. **História do carvão de Santa Catarina**. V.I (1790 – 1950). Criciúma: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, 2002, 262p.
- BROWN, K.S. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. In: WINK et al. MARTOS, H.L. & MAIA, N.B. **Indicadores ambientais**. 1ªed. Sorocaba: s.n., 1997. p.143-151.
- 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.
- CAMPOS, M. L., ALMEIDA, J. A, SOUZA, L. S. Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Muller, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1123-1137, 2003.
- CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM. **Projeto conceitual para recuperação ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense**. Relatório Técnico

elaborado para o SIECESC. v.1 ed. 2. 2001.

CHAUVAT, M; PONGE, J, F. **Colonization of heavy metal-polluted soils by collembola:** preliminary experiments in compartmented boxes. *Applied Soil Ecology* n.21. 2002. p.91–106

CLEMENTS, F.E. **Plant succession and indicators.** New York: Wilson, 1928. 453p.

CORREIA, D.S. **Fauna edáfica como indicadora em ambiente reconstruído após mineração de carvão.** Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC.Lages, 55p. 2010

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

CORREIA,M.E.F.;ANDRADE,A.G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes.In: SANTOS,G.A.;CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo:**Ecosistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese. p.197-226.1999.

CORREIA, M.E.F. **Relação entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2002. 33p. (Embrapa Agrobiologia. Documento, 156).

CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. **Fauna do solo:** aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Embrapa – Cnpab), 2000. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documento 112).

COSTA, S., ZOCCHÉ, J.J., ZOCCHÉ-de-SOUZA, P. Absorção de metais pesados (Zn e Pb) por *Axonopus obtusifolius* (Radi) em áreas degradadas pela mineração de carvão, SC, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, 5, 765-767.2007.

COSTA, S.; ZOCCHÉ, J. J. Fertilidade de solos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. **Revista Árvore** (Impresso), v. 33, p. 665-674, 2009.

CURRY, J.P.; GOOD, J.A. Soil fauna degradation and restoration. **Advances in Soil Sciences**, n.17, p.171-215, 1992.

DA SILVEIRA, F.Z.; DE FAVERI, T.M.; RICKEN, C.; ZOCCHÉ, J.J.; PICH, C.T. Toxicity and genotoxicity evaluation of acid mine drainage treatment using *Artemia* sp. and *Geophagus brasiliensis* as bioindicators. In: Barnhisel, R.I. (Ed.). NATIONAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF MINING AND RECLAMATION, Billings, MT **Revitalizing the Environment:** Proven Solutions and Innovative Approaches. ASMR, May 30 – June 5, 2009,p. 1725-1742.

DAJOZ R. **Ecologia Geral.** Petrópolis-RJ: Vozes, 1983.

DE FAVERI, T.M.; SILVEIRA, F.Z.; RICKEN, C.; ZOCCHÉ, J.J.; PICH, C.T. Evaluation of acid mine drainage treatment using *Artemia* sp. and *Allium cepa* as bioindicators of toxicity and genotoxicity. In: Barnhisel, R.I. (Ed.). NATIONAL

MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF MINING AND RECLAMATION, Billings, **MT Revitalizing the Environment: Proven Solutions and Innovative Approaches**. ASMR. May 30 – June 5, 2009. p. 283-301.

DECAENS, T.; DUTOIT, T.; ALARD, D.; LAVELLE, P. Factors influencing soil macrofaunal communities in post-pastoral successions of Western France. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 9, p.361-367, 1998.

DIAS, L. E.: GRIFFITH, J. J. Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas. In: Dias, L.E. & Mello, J. W. V. (eds.). **Recuperação de Áreas Degradadas**. Univ. Federal de Viçosa, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 251p., 1998.

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. Rio de Janeiro. **Resumos**. Rio de Janeiro: SBE, 1998. 901p.

DIPENAAR-SCHOEMAN, A. S. & JOQUÉ, R.. **African Spiders: An identification Manual**. Johannesburg: Biosystematics Division, ARC-PPRI. 1997. 392 p.

DNPM-BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. 2007. **Informativo Anual da Indústria Carbonífera**. Brasília. Disponível em <<http://www.dnpm.gov.br/>> Acessado em 10 março 2011.

DOREAU, M. Niche differentiated community organization in forest carabid beetles. In: DEN BOER et al (Eds.) **Carabid beetles**. Stuttgart: Fischer, 1986. pag.465-487.

DUNGER, D.B., AHMED, M.L. e ONG, K.K. Effects of obesity on growth and puberty, *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, pag. 375-390, 2005.

DUNGER, W. The return of soil fauna to coal mined areas in the German Democratic Republic. In: MAJER, J.D. (Ed.) **Animals in Primary Succession**. The role of Fauna in reclaimed Lands. Cambridge University Press: New York, p. 307-337, 1989.

FIGUEIREDO, B.R. **Minérios e Ambiente**. Campinas, UNICAMP, 2000, 401p.

FISHER, R.F. & BINKLEY, D. **Ecology and management of forest soils**. 3. ed. London, John Wiley, 2000. 489p.

FOELIX, R. F. **Biology of Spiders**. Oxford: Oxford University Press. 1996. 330 p

FOWLER, H.G. Ecologia, formigas indicam nível de recuperação de áreas degradadas pela mineração. **Ciência Hoje**, v.4, p.69-71, 1998.

GERMANI, D.J. **A mineração no Brasil**. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em <http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo007_02.pdf> Acessado em 10 de outubro de 2012.

GILLER, P. The diversity of soil communities, the “poor man`s tropical rainforest”. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 5, p.135-168, 1996.

GIRACCA, E. M. N.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; STEFFEN, G. P. K.; SCHIRMER, G. K.; ELTZ, F. L. F. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS, **Revista Brasileira Agrocência**, v. 9, n. 3, p. 257-261, jul-set, 2003.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. In: **Estudos Avançados**. São Paulo: v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GRIFFITH, J. J. **Recuperação conservacionista da superfície de áreas mineradas**: uma revisão de literatura. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, UFV, 1980. 106p.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T. & RIAN, P. D. Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. Version. 1.37. 2001.

HANG, S.M.J., MAZZARINO, G. NUNES; L. Oliva. Influencia del desmonte selectivo sobre la disponibilidad de nitrógeno en años húmedas y secos en sistemas silvipastoriles en el chaco árido argentino. **Agroforestería en las Américas**. Turrialba, San Jose, v.2, n.7, p.9-14, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. **Mineração e Meio Ambiente**, Belo Horizonte, 59p. 1987.

JOFFRE, R., J. VACHER, C. de Los Llanos; G. LONG. The dehesa: in the agrosilvipastoral system of the mediterranean region with special reference to the Sierra Morena of Spain. **Agroforestry Systems**, n.6,p. 71-96. 1988.

JULIÃO, G.R.;FERNANDES, G.W.; NEGREIROS, D.BEDÊ L.; ARAUJO, R.C. Insetos galhadores associados a duas espécies de plantas invasoras de áreas urbanas e per-urbanas. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.49, n.1. 2005.

KÄMPF, N; KERN, D.C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amzônia. In: **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. Cap. 320. p.277

KAMPF,N.; SCHNEIDER,P.; BOHNEN,H.; GIASSON,E.; BISSANI,C.A.; MELLO,P.F.; ALEXANDRE,M.D.; COTRIN, M.;SANTOS, A.L.Solos construídos em áreas de mineração da bacia carbonífera. In: Carvão e meio ambiente – Centro de Ecologia da UFRGS. Porto Alegre: UFRGS0, 2000. P. 596-640.

KERN, D.C. **Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com terra preta na Floresta nacional de Caxiauanã (Portel-Pará)**. 1996. 124p. Tese (Doutorado) Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

KERN, D.C.; KÄMPF, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná-PA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 13: 219-225. 1989.

KÖEPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México. 1948. 479p.

KOPEZINSKI, I. Mineração e Meio Ambiente: **Considerações Legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores**, Porto Alegre-RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000, 103p.

KOPPE, J.C.; COSTA, J.F.C. Mineração. In: TEXEIRA, E. C (Coord.). **Meio ambiente e carvão: impactos da exploração e utilização**. Porto Alegre, RS: FEPAM, 2002. p .15-27.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.3-15, 2006.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Amsterdam: Kluwer Scientific Publications, 2001. 654p.

LINDEN, D.R.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C.; VA VLIET, P.C.J. Faunal indicators of soils quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Society of América, 1994. p.91-106. (SSSA. Special Publication, 35).

LOBRY de BRUYN, L.A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.74, p.425-441, 1999.

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

MADEIRA, V.S.; ECHERT, A.B.; SCHNEIDER, C.H.; SCHNEIDER, I.A.H. Redução de sulfato na drenagem ácida de mina através de tratamento anaeróbico com bactérias redutoras de sulfato. XXI ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVISTA, **Anais**. Natal, RN. Novembro, 2005.

MELLO.F.,V.de;BROWN.G.,G.;CONSTANTINO.R;LOUZADA.J.,N.,C.;LUIZÃO.F., J.;MORAIS,J.,W., de;ZANETTI.R. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.38-43.Jan/Abril. 2009

MENDES, I. de C.; VIVALDI, L.A. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob Mata de Galeria na região do Distrito Federal. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L. da & SOUZA-SILVA, J.C. **Cerrado** : caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina-DF, 2001. p.665-687.

MITCHELL, G. **Problems and Fundamentals of Sustainable Development Indicators** 1997. Disponível em <[http:// www..lec.leeds.ac.uk/people/gordon.html](http://www.lec.leeds.ac.uk/people/gordon.html)> Acessado em : 02 jun de 2011.

MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA RODRIGUES, A.C. & CORREIA, M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 565-571, 2005.

MÜLLER, A. A.; SANTOS, H. M.; SCHMITT, J. C. C.; MACIEL, L. A. C.; BERTOL, M. A.; CÉSAR, S. B. **Perfil analítico do carvão**. Ed.2. Porto Alegre: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, n. 6, 140p, 1987.

NASCIMENTO, F.M.F.; MENDONÇA, R.M.G.; MACÊDO, M.J.F.; SOARES, P.S.M. **IMPACTOS AMBIENTAIS NOS RECURSOS HÍDRICOS DA EXPLORAÇÃO DE CARVÃO EM SANTA CATARINA**. 2002. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/media/evento_nascimento.pdf> Acessado em 10 de outubro de 2012.

OLIVEIRA, E.P.; RODRIGUES, M.R.L.; OLIVEIRA, V.S. Diagnostico dos níveis de recuperação de áreas com o uso de grupos de invertebrados. Resumos expandidos FERTBIO 2008. Londrina. 2008. p.3.

QUIÑONES, O. R. G. **Caracterização e gênese de solos construídos após mineração de carvão na mina Boa Vista, município de Minas do Leão, RS**. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2004.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.de; CARVALHO, C.J.B de; CASARI, S.A; CONSTANTINO, R. Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia. 1ª Ed. Ribeirão Preto: Holos, 2012. 810p.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.2, n.1, p.4-15, 1996.

ROVEDDER, A.P.M.; ELTZ, F.L.F.; DRESHER, M.S.; SCHENATO, R.B.; ANTONIOLLI, Z.I. **Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa**. Ciência. Rural, 13-Fev-2009.

SANCHES, J.C.D., FORMOSO, M.L.L. **Utilização do carvão e meio ambiente**. Porto Alegre: CIENTEC, 1990. n. 10, 34p.

SANTOS, D.C dos; CASTILHO, D.D; PAULETTO, E.A; FERNANDES, F.F; PINTO, L.F.S; CASTILHOS, R.M.V. **Biomassa e atividade microbiana em solo construído após mineração de carvão e submetido a diferentes coberturas vegetais** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 14 n. 3, p.135 – 146, jul-set, 2008.

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 de xisto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. V.13 p. 31-34, 1994.

SAUTTER, K.D. Meso (Acari e Collembola) e macrofauna (Oligochaeta) na recuperação de solos degradados. In: DIAS, L.E.; & MELLO, J. **Recuperação de áreas**

degradadas. Viçosa, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. Cap.2 , p. 110-170.

SCHNEIDER.C.H.**Controle da drenagem ácida de minas na mineração de carvão de Santa Catarina:** Caso da mina UM II- VERDINHO. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia-PPGEM/UFRGS.Porto Alegre,2006.

SILVA, F.A. As atividades econômicas das populações indígenas amazônicas e a formação das terras pretas: O exemplo dos Asurini do Xingu. In: **As terras pretas de índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas.** Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, 358p. 2009. pp:53-61.

SILVA, L.F.O., OLIVEIRA, M.L.S., da BOIT, K.M., FINKELMAN, R.B. **Characterization of Santa Catarina (Brazil) coal with respect to Human Health and Environmental Concerns.** Environ. Geochem. Health, 31, p.475-485. 2009.

SILVA, L.F.O., WOLLENSCHLAGER, M., OLIVEIRA, L.S. **A preliminary study of coal mining drainage and environmental health in the Santa Catarina region, Brazil.** Environ. Geochem. Health, 33, p.55-65. 2010.

SILVA, R.F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. . **Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, p.697- 704, 2006.

SILVEIRA NETO, S.;MONTEIRO, R. C.; ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. Uso da análise faunística de insetos na avaliação do impacto ambiental. **Scientia Agricola**, v.52, n.1, p9-15, 1995.

SIQUEIRA, J.,S., de. **Reciclagem de resíduo a partir de cinzas de carvão mineral: produção de argamassas.** 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, 2011. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

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: 15º ENCONTRO DE MIRMECOLOGIA, Londrina, **Resumos**, IAPAR p.15, 2001.

STARY, P.; KUBIZNÁKOVÁ, J. Content and transfer of heavy metal air pollutants in populations of Formica spp. wood ants (Hym, Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v.104, p.1-10, 1987.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. **Oxford: Blackwell Scientific Public**, 1979. 372p. (Studies in Ecology, 5).

TOPP, W.; SIMON, M.; KAUTZ, G.; DWORSCHAK, U.; NICOLINI; PRÜCKNER, S. **Soil fauna of a reclaimed lignite open-cast mine of the Rhineland:** improvement of soil quality by surface pattern. Ecological Engineering v.17, p. 307-322, 2001.

TOUSIGNANT, S.; CODERRE, D. Niche partitioning by soil mites in a recent hardwood plantation in Southern Quebec, Canada. **Pedobiologia**, n.36, p.287-294, 1992.

World Coal Association – WCA. **EL CARBÓN COMO RECURSO:UNA VISIÓN GENERAL DEL CARBÓN**. Disponível em <[http://www.worldcoal.org/bin/pdf/original_pdf_file/coal_resource_overview_coal_spanish\(03_06_2009\).pdf](http://www.worldcoal.org/bin/pdf/original_pdf_file/coal_resource_overview_coal_spanish(03_06_2009).pdf)> Acessado em 10 de outubro de 2012.

ZANCAN,F.L.ZANCAN apresenta dados do carvão mineral no brasil. PORTAL SATC. disponível em <<http://www.sulinfoco.com.br/zancan-apresenta-dados-do-carvao-mineral-no-brasil>> Acessado em 08 de outubro de 2012.

ZAR, J. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Prentice may, 1985.

ZOCHE, J. J. Metais pesados (Fe, Mn e Zn) no solo construído e na vegetação das antigas bacias de decantação do lavador de Capivari, Capivari de Baixo, SC. In: SIMPÓSIO NACIONAL E CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 6., 2005, Curitiba. Anais... Curitiba: SOBRAGE, 2005. p.117-124.

ZOCHE, J. J. Efeitos da mineração de carvão sobre os morcegos no sul de Santa Catarina: a presença de metais pesados e a ocorrência de danos celulares. Anais do IV CONGRESSO BRASILEIRO DE MASTOZOOLOGIA. (São Lourenço, MG). 2008