

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC**

**CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**THUANY SERGIO MACHADO**

**VEGETAÇÃO HERBÁCEA-SUBARBUSTIVA E SUA RELAÇÃO COM O  
SOLO CONSTRUÍDO EM ÁREAS MINERADAS DE CARVÃO EM PROCESSO DE  
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

**CRICIÚMA**

**2018**

**THUANY SERGIO MACHADO**

**VEGETAÇÃO HERBÁCEA-SUBARBUSTIVA E SUA RELAÇÃO COM O  
SOLO CONSTRUÍDO EM ÁREAS MINERADAS DE CARVÃO EM PROCESSO DE  
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc Jader Lima Pereira

**CRICIÚMA**

**2018**

**THUANY SERGIO MACHADO**

**AVALIAÇÃO DA VEGETAÇÃO HERBÁCEA-SUBARBUSTIVA E SUA RELAÇÃO  
COM O SOLO CONSTRUÍDO EM ÁREAS EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO  
AMBIENTAL NO SUL DE SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Biológicas, no Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recuperação de áreas degradadas.

Criciúma, 19 de novembro de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Jader Lima Pereira - MSc. - (UNESC) - Orientador

Prof. Jairo José Zocche - Dr. - (UNESC)

Prof. Rafael Martins - Dr. - (UNESC)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que me auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho, em especial ao meu professor e orientador, MSc Jader Lima Pereira, pela assistência, e ao meu namorado, Renato Colares Pereira, pelo auxílio nas análises estatísticas e paciência.

Agradeço também aos professores membros da banca, Prof.º Dr.º Rafael Martins e Prof.º Dr.º Jairo José Zocche, por aceitarem o convite.

## RESUMO

As plantas, como organismos fixos que extraem nutrientes do solo, respondem muito mais efetivamente às alterações deste que quaisquer outras formas de vida, podendo ocasionar mudanças significativas na composição do solo ou mesmo serem selecionadas por tais modificações. O presente estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da comunidade vegetal herbácea-subarbuscular e sua relação com os atributos químicos do solo construído em áreas em processo de recuperação ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina. Os dados apresentados nesta pesquisa são provenientes do monitoramento de três subáreas (A, B e C), do sítio de estudo, as quais foram avaliadas com frequência semestral em um período de nove anos (2009 a 2017). Para o levantamento da comunidade vegetal herbácea-subarbuscular utilizou-se o método de parcelas, onde estas possuíam 1m x 1m (1m<sup>2</sup>), e foram distribuídas de forma aleatória dentro das subáreas. Para amostragem do solo, foi coletado para cada subárea um mínimo de dez alíquotas, que foram homogeneizadas e quarteadas, formando uma amostra composta por subárea. Por campanha, calcularam-se os índices de valores de importância para cada espécie, sendo removidos todos os táxons que não foram identificados a nível específico. A contribuição do tempo, bem como a influência das variáveis químicas do solo sobre a composição das espécies vegetais, foi avaliada por meio de Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA). Além disto, calculou-se o coeficiente de correlação de Spearman (Rho) para os valores de importância de cada espécie segundo o tempo e as variáveis químicas do solo, sendo que para os atributos do solo os coeficientes de correlação foram calculados somente para as variáveis apontadas como significativas na PERMANOVA. De forma geral, o tempo se mostrou uma variável com grande influência na composição específica das áreas estudadas, onde diversas espécies obtiveram altos coeficientes de correlação, como *Arachis pintoi* (0,84), *Desmodium adscendens* (0,73), *Cyperus prolixus* (-0,75) e *Axonopus obtusifolius* (-0,66). Foram amostradas 138 espécies ao longo dos nove anos de monitoramento, as quais foram plantadas no início da recuperação ou surgiram de forma espontânea. Asteraceae, Cyperaceae, Fabaceae e Poaceae destacaram-se como as famílias mais representativas em termos de riqueza, onde todas, com exceção de Cyperaceae, apresentaram incremento no número de espécies ao longo do tempo. Quanto aos atributos do solo, verificou-se que o pH, Al, Mg e o Ca mostraram-se variáveis significativas em relação a composição herbácea-subarbuscular das subáreas, correlacionando-se significativamente com diversas espécies vegetais, principalmente das famílias Fabaceae e Poaceae. Já a M.O., K, Na e o P obtiveram significância em apenas uma das subáreas estudadas, ou em nenhuma, como é o caso da M.O. A relação e o aumento da riqueza específica com o tempo de monitoramento demonstram um avanço na dinâmica sucessional das subáreas estudadas, indicando que o ambiente está progredindo no processo de recuperação. Dentre os atributos químicos destaca-se a contribuição do pH, Al, Mg e Ca, que foram relacionados aos valores de importância das principais espécies levantadas, mostrando-se como determinantes na composição específica das áreas estudadas.

**Palavras-chave:** Comunidade vegetal. Monitoramento ambiental. Solos antropizados. Dinâmica sucessional.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Detalhe das áreas de estudo (A, B e C) no município de Treviso, sul de Santa Catarina. ....	12
Figura 2 – Mapa de localização das áreas de estudo, Treviso, sul de Santa Catarina. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 3 – Riqueza específica das áreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina. ....	22
Figura 4 – Riqueza específica da família Asteraceae nas áreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina. ....	23
Figura 5 – Riqueza específica da família Cyperaceae nas áreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina. ....	23
Figura 6 – Riqueza específica da família Fabaceae nas áreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina. ....	24
Figura 7 – Riqueza específica da família Poaceae nas áreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina. ....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espécies utilizadas para o plantio na recuperação das subáreas A, B e C .....	13
Tabela 2 – Síntese dos resultados do PERMANOVA para relação entre tempo e composição das espécies herbáceas-subarbustivas para cada área. ....	176
Tabela 3 – Lista das espécies herbáceas-subarbustivas amostradas segundo corrência nas áreas avaliadas e correlação com o tempo (Rho). Valores em cinza são correlações superiores a 0,50 ou inferiores a -0,50.....	176
Tabela 4 – Síntese dos resultados do PERMANOVA para relação das variáveis do solo e a composição das espécies herbáceas-subarbustivas para cada área. Valores em cinza são relações significativas. ....	254
Tabela 5 – Correlação das espécies herbáceas-subarbustivas com as variáveis do solo segundo Coeficiente de Correlação de Spearman (Rho). Apresentados apenas as espécies que apresentam correlação superior a 0,5 com ao menos uma variável. Valores em cinza são correlações superiores a 0,50 ou inferiores a -0,50. ....	254

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>11</b>
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	12
<b>3.1.1 Histórico e o modelo de recuperação adotado para a área de estudo</b> .....	<b>13</b>
3.2 PROTOCOLO DE AMOSTRAGEM.....	14
<b>3.2.1 Amostragem da vegetação herbácea-subarbustiva</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2.2 Amostragem do solo</b> .....	<b>15</b>
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	16
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>17</b>
4.1 COMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO HERBÁCEA-SUBARBUSTIVA AO LONGO DO TEMPO .....	17
4.2 RELAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO COM A COMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO HERBÁCEA-SUBARBUSTIVA.....	25
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>354</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração do carvão mineral no Brasil teve início no século XIX no estado do Rio Grande do Sul (GOMES et al., 1998). Em Santa Catarina, a atividade teve seu pico em 1985 (SANTOS, 2003), constituindo-se como uma prática econômica essencial, possibilitando aos municípios que compreendem a região carbonífera rápido desenvolvimento (DE LUCA; GASTALDON, 1999; PINHEIRO, 2012). Entretanto, juntamente com o rápido desenvolvimento econômico surgiram os problemas ambientais, não havendo preocupação em preservar e recuperar as áreas que eram utilizadas para a mineração (SANTOS, 2003).

A lavra do carvão pode ser executada por meio de dois métodos: lavra subterrânea e lavra a céu-aberto (KOPPE; COSTA, 2002). No processo de mineração a céu-aberto a remoção das camadas ocorre de forma desordenada (DIAS, 1998), resultando na inversão dos horizontes das rochas e dos solos (CITADINI-ZANETTE, 1999). De acordo com Koppe e Costa (2002), esta inversão faz com que a camada do solo com maior fertilidade fique soterrada pelo material que contém os estéreis, dificultando o estabelecimento da vegetação espontânea.

Conforme o Decreto nº 97.632 de 1989, os empreendimentos destinados à exploração de recursos minerais de carvão deverão submeter um plano de recuperação das áreas degradadas (BRASIL, 1989). No processo de recuperação de ambientes degradados pela mineração, a recomposição topográfica e paisagística, juntamente, com a construção dos solos em áreas lavradas a céu-aberto, constituem etapas essenciais para o sucesso da recuperação e a restituição do equilíbrio ecossistêmico (KÄMPF; SCHNEIDER; GIASSON, 1997; KÄMPF et al., 2000; COSTA; ZOCHE, 2009).

Segundo Campos et al. (2010), a recuperação de ambientes alterados pela mineração de carvão deve passar inicialmente pelo restabelecimento das funções ecológicas do solo, visando mitigar os distúrbios físicos e químicos resultantes do processo de mineração.

De acordo com Kämpf et al. (2000), são denominados solos construídos

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.

Em Santa Catarina, os solos construídos são normalmente constituídos por argila e matéria orgânica (ROCHA-NICOLEITE et al., 2013). Estes solos possuem restrições químicas, físicas e biológicas, como a acidez, baixos teores de matéria orgânica, deficiência de nutrientes e presença de elementos tóxicos (COSTA; ZOCHE, 2009). Estas condições dificultam o estabelecimento da comunidade vegetal e influem negativamente na recuperação de tais ambientes, tornando-se necessário a incorporação de calcário e nutrientes no solo, que propiciam condições satisfatórias para o estabelecimento das plantas (QUINONES, 2008; ROCHA-NICOLEITE et al., 2013).

Devido às drásticas alterações na paisagem, fazem-se necessárias, além da construção de um novo solo, a adoção de medidas a fim de acelerar o processo sucessional destes ambientes. Dentre as medidas adotadas, destaca-se a introdução de espécies vegetais (ROCHA-NICOLEITE et al., 2013). Conforme Kopezinski (2000), o desenvolvimento adequado da comunidade vegetal contribui para a correção dos impactos negativos causados no solo. Desta forma, devem-se selecionar espécies que possuam capacidade de crescimento acelerado, bem como atuem no enriquecimento e proteção do solo, propiciando as condições adequadas para abrigo e proteção da fauna. Estas espécies devem ser preferencialmente pioneiras, herbáceas, heliófitas e de ciclo de vida curto, que em longo prazo serão substituídas por espécies arborescentes, umbrófilas e de ciclo de vida longo (CHAZDON, 2016).

As plantas terrestres, como organismos fixos que extraem nutrientes do solo, respondem muito mais efetivamente às alterações do solo que outras formas de vida, podendo ocasionar modificações significativas na composição do solo ou serem selecionadas por estas modificações (COSTA, 2007; UNIFERTIL, 2012). Ao longo da evolução da vegetação tende a ocorrer o aumento no teor de matéria orgânica no solo, assim como aumento dos horizontes A e B, e incremento no teor nutricional do mesmo (ROBERTS et al., 1988; ZHANGA; YANGA; ZEPP, 2004; ZHOU, et al., 2012; ZHAO et al., 2013). Estas modificações por sua vez, tendem a selecionar as espécies vegetais, sendo este um complexo e dinâmico sistema de *feedback* (COSTA, 2007, CHAZDON, 2012).

A dinâmica sucessional das comunidades vegetais em ambientes que estão em recuperação ambiental evidência padrões e processos espaço-temporais, sendo estes padrões identificados quando mudanças da composição das comunidades se repetem (PILLAR, 2000). A trajetória sucessional de determinado ambiente é influenciada principalmente pela escala, frequência e intensidade dos distúrbios ou uso de terra anteriores (CHAZDON, 2012). Em áreas recuperadas pela mineração de carvão, esta sucessão ocorre lenta e gradativamente, visto o grande impacto causado anteriormente no ambiente.

Diversos estudos têm sido realizados em ambientes degradados pela mineração de carvão a céu aberto, no entanto, estes tratam principalmente de aspectos relacionados às características dos solos construídos (CAMPOS; ALMEIDA; SOUZA, 2003; QUINONES et al., 2008; NETO et al., 2008; COSTA; ZOCHE, 2009; CAMPOS et al., 2010; BORBA, 2013). Em Santa Catarina, pesquisas que abordem informações da comunidade vegetal, bem como a associação destas comunidades para com os atributos dos solos construídos são limitadas. Considerando a escassez de informações referentes à vegetação e a relação desta com o solo construído de áreas degradadas pela mineração de carvão a céu aberto no sul de Santa Catarina, o presente trabalho visa avaliar as principais alterações na composição da vegetação e a associação com o solo construído.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o desenvolvimento da comunidade vegetal herbácea-subarbustiva e sua relação com os atributos químicos do solo construído em áreas em processo de recuperação ambiental no sul de Santa Catarina.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar as alterações na composição da vegetação herbácea-subarbustiva em um período de nove anos de monitoramento ambiental;
- Avaliar a influência dos atributos químicos do solo sobre a composição da vegetação herbácea-subarbustiva em um período de nove anos.

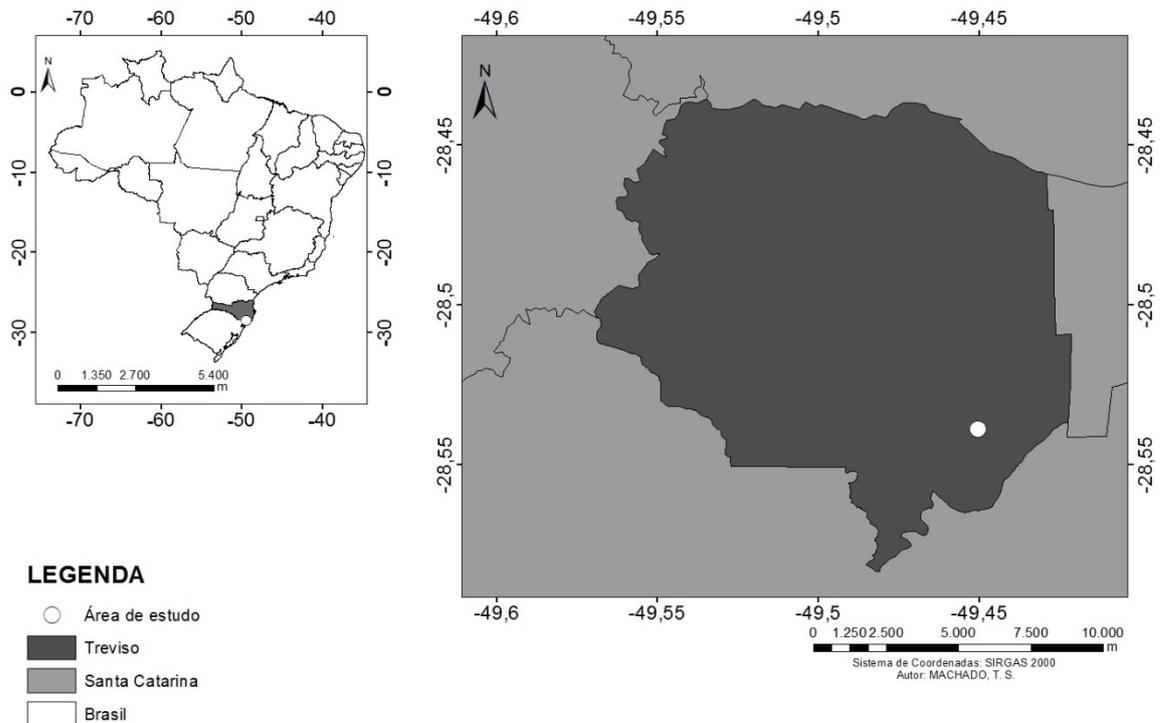
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido em subáreas que se encontram em processo de recuperação ambiental (Figura 1), no município de Treviso, sul de Santa Catarina (Figura 2). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, caracterizado como clima mesotérmico úmido, com verões quentes e sem estações secas definidas (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual na região sul do estado varia entre 17,0°C a 19,3°C, com temperatura mínima variando entre 13,0°C e 15,0°C, e máximas entre 23,4°C e 25,9°C (EPAGRI, 2006).

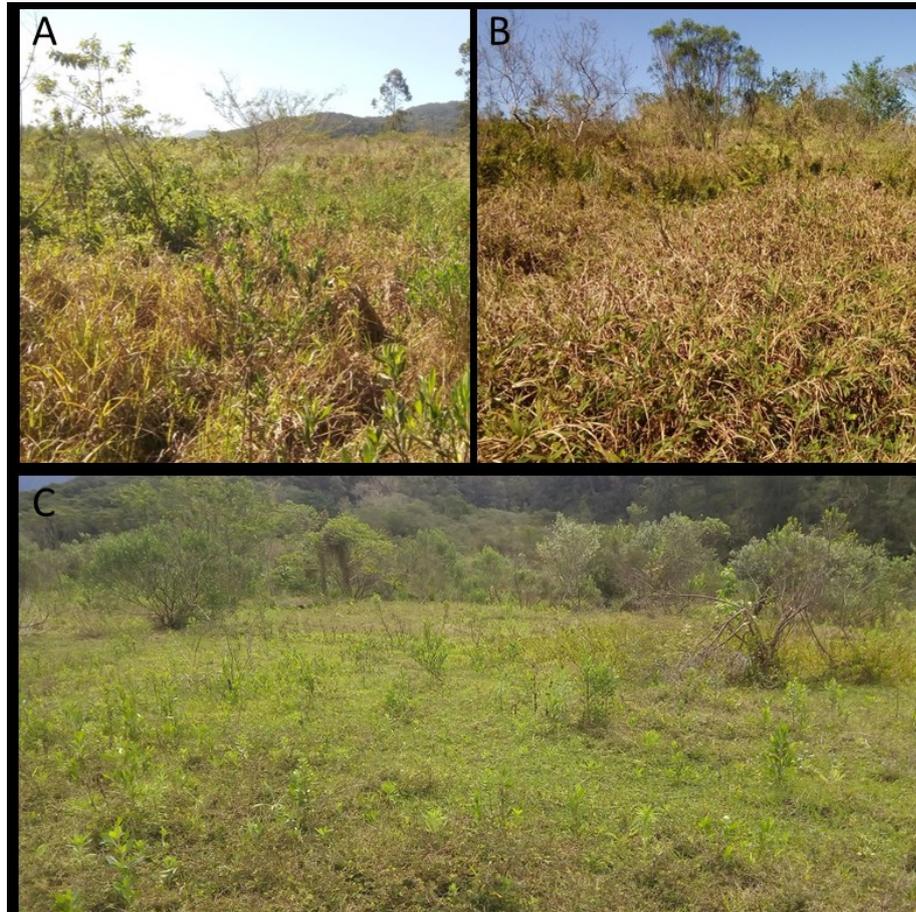
A precipitação para a região de estudo varia entre 1.500mm a 1.700mm anuais (EPAGRI, 2006). O município encontra-se inserido no bioma Mata Atlântica, e as áreas estudadas encontram-se inclusas na Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2012).

Figura 1 - Mapa de localização das áreas de estudo, Treviso, sul de Santa Catarina.



Fonte: Da autora (2018).

Figura 2 – Detalhe das áreas de estudo (A, B e C) no município de Treviso, sul de Santa Catarina.



Fonte: Da autora (2018).

### 3.1.1 Histórico e o modelo de recuperação adotado para a área de estudo

A área de estudo, bem como, diversas outras áreas alteradas pelo processo de mineração a céu-aberto, desenvolvido ao longo da década de 1980, sofreram com diversos impactos ambientais (SANTOS, 2003; SILVA, FERREIRA, 2015). Dentre estes, podem-se destacar a alteração da paisagem natural em uma “paisagem lunar”, constituída por pilhas de estéreis entremeadas por cavas de mina, além do comprometimento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (CITADINI-ZANETTE, 1999).

Para mitigar os impactos negativos gerados pela atividade mineira, foi instituída a Ação Civil Pública n. 93.8000533-4, que sentenciou no ano de 2000 as empresas carboníferas da região e a União a elaborar e executar projetos de recuperação de áreas degradadas (CASTILHOS; FERNANDES, 2011). Estes projetos, em especial aqueles voltados à recuperação de áreas degradadas pela

mineração a céu-aberto, tem sido baseados no isolamento dos rejeitos piritosos, na remodelagem topográfica, com posterior cobertura com calcário e argila, bem como a incorporação de calcário, fertilizantes químicos, matéria orgânica e turfa. As etapas seguintes consistiram no plantio de espécies herbáceas, juntamente com mudas de espécies arbóreas, introdução de drenagens superficiais e instalação de cercas ao entorno da área (IPAT/UNESC, 2009; BRASIL, 2015).

O projeto do sítio de estudo contemplou a divisão da área total em três subáreas A (37,17ha), B (66,30ha) e C (37,40), que se localizam próximas umas das outras, sendo separadas apenas por uma rodovia. A divisão em três subáreas se justifica, pois, as obras de recuperação foram desenvolvidas considerando as especificidades de cada uma delas, além disto, a subárea C teve a conclusão das obras dois anos após as demais e com um consórcio de espécies distinto.

O plantio das espécies herbáceas foi realizado a lanço posterior à correção do solo. Plantou-se um total de 13 espécies herbáceas, gramíneas e leguminosas, (Tabela 1) respeitando a época de semeadura de cada uma.

Tabela 1 - Espécies utilizadas para o plantio na recuperação das subáreas A, B e C

Espécie	Quantidade por bloco (Kg)		
	A	B	C
<i>Arachis pintoii</i>	483,15	861,93	486,14
<i>Avena sativa</i>	1486,62	2652,08	1495,8
<i>Axonopus affinis</i>	371,66	663,02	373,95
<i>Axonopus compressus</i>	371,66	663,02	373,95
<i>Calopogonium mucunoides</i>	148,66	265,21	149,58
<i>Hyparrhenia rufa</i>	260,16	464,11	261,77
<i>Lolium multiflorum</i>	1114,97	1989,06	1121,85
<i>Paspalum atratum</i>	297,32	530,42	299,16
<i>Paspalum dilatatum</i>	520,32	928,23	523,53
<i>Paspalum notatum</i>	929,14	1657,55	934,88
<i>Paspalum sauræ</i>	483,15	861,93	486,14
<i>Stylosanthes capitata</i> + <i>Stylosanthes macrocephala</i>	111,5	198,91	112,19
<i>Vicia sativa</i>	1858,28	3315,1	1869,75

Fonte: Da autora (2018).

## 3.2 PROTOCOLO DE AMOSTRAGEM

### 3.2.1 Amostragem da vegetação herbácea-subarbusativa

Os dados utilizados na presente pesquisa são oriundos de nove anos de monitoramento ambiental, realizados semestralmente de 2009 a 2017. Para o levantamento da comunidade herbácea-subarbusativa foi utilizado o método de parcelas proposto por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974). Para isto, foram estabelecidas ao longo das subáreas parcelas de 1m x 1m (1m<sup>2</sup>). Foram instituídas 25 parcelas na área A, 35 para a área B e 15 parcelas para a área C. As parcelas foram distribuídas aleatoriamente dentro das subáreas a fim de se obter uma amostragem representativa da comunidade vegetal.

Foram amostradas todas as espécies herbáceas-subarbusativas encontradas dentro das parcelas, onde foi estimado para cada uma o percentual de cobertura de acordo com a escala proposta por Causton (1988). Foram amostradas também espécies de herbáceas de hábito trepador ou prostrado, quando crescessem prostradas em conjunto as espécies terrícolas, não sendo amostradas espécies arbustivas ou arbóreas.

Consideraram-se como plantas herbáceas aquelas não lenhosas, com crescimento prostrado ou ereto, subarbusativas aquelas com ramos parcialmente lignificados e ápice herbáceo e trepadeiras as plantas com hábito escandente de forma ampla (RICHARDS, 1996).

Quando não possível o reconhecimento das espécies em campo, estas foram coletadas para posterior identificação botânica, onde foi utilizada bibliografia especializada e/ou consulta a especialistas. Para inclusão das espécies nas famílias botânicas, utilizaram-se sistemas específicos já consolidados para angiospermas (APG IV, 2016) e para samambaias e licófitas (PPG I, 2016).

### 3.2.2 Amostragem do solo

Semestralmente, foi coletado em cada subárea um mínimo dez alíquotas de solo, que foram homogeneizadas e quarteadas, formando uma amostra composta por subárea para cada semestre. Para coleta das amostras foi realizada a abertura de buracos no solo com o auxílio de uma pá reta. Posteriormente, o material coletado foi armazenado em sacos plásticos e encaminhado para o laboratório de

Solos do IPARQUE - Parque científico e Tecnológico da UNESCO, para realização das análises de fertilidade básica.

Os parâmetros avaliados foram os mesmos utilizados no diagnóstico ambiental da área, sendo estes: pH; Matéria orgânica (M.O.); Fósforo (P); Potássio (K); Alumínio trocável (Al); Magnésio (Mg); Cálcio (Ca); Sódio (Na).

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Por campanha, calcularam-se os índices de valores de importância (IVI) para cada espécie, sendo removidos todos os táxons que não foram identificados a nível específico. Considerando que no presente trabalho foram utilizados dados históricos de monitoramento, esta medida foi adotada para evitar resultados derivados das diferenças de identificação botânica ao longo das campanhas.

A contribuição individual do tempo sobre a composição das espécies vegetais foi avaliada por meio de Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), calculados a partir da dissimilaridade de Bray-Curtis, considerando 999 permutações (BRAY; CURTIS, 1957; ANDERSON, 2001). Posteriormente, foram calculados os coeficientes de correlação de Spearman para os valores de importância de cada espécie (HOLLANDER; WOLFE; CHICKEN, 2013).

Foram utilizados os mesmos métodos para analisar a influência das variáveis do solo sobre a composição das espécies, onde foram desconsideradas as campanhas 10, 12 e 15, por não apresentarem coleta do solo. Os coeficientes de correlação de Spearman foram calculados somente para as variáveis apontadas como significativas na PERMANOVA.

Em todas as análises foi considerado  $\alpha$  de 0,05. Todas as análises e gráficos foram desenvolvidos no *software* R com o pacote “*vegan*” (R CORE TEAM, 2018).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 COMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO HERBÁCEA-SUBARBUSTIVA AO LONGO DO TEMPO

De forma geral, o tempo se mostrou com grande influência na composição específica das subáreas. Para todas as subáreas avaliadas no presente estudo o percentual de explicação foi elevado, sendo 34% para a subárea A, 38% para a área B e 32% para a área C (Tabela 22).

Tabela 2 – Síntese dos resultados do PERMANOVA para relação entre tempo e composição das espécies herbáceas-subarbustivas para cada subárea.

Subárea	R <sup>2</sup>	P
<b>A</b>	0,34	0,01
<b>B</b>	0,38	0,01
<b>C</b>	0,32	0,012

Fonte: Da autora (2018).

Diversas foram as espécies que mostraram correlação significativa positiva com o tempo, dentre as quais cabe destacar *Arachis pintoii* Krapov. & W.C.Greg. (0,84), *Desmodium adscendens* (Sw.) DC. (0,73), *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv. (0,65) e *Calopogonium mucunoides* Desv (0,65). Da mesma forma, muitas espécies obtiveram correlação negativa, como *Cyperus prolixus* Kunth (-0,75), *Axonopus obtusifolius* (Raddi) Chase (-0,66), *Stylosanthes viscosa* (L.) Sw. (-0,62) e *Ludwigia leptocarpa* (Nutt.) H.Hara (-0,57) (Tabela 33).

Tabela 3 – Lista das espécies herbáceas-subarbustivas amostradas segundo ocorrência nas subáreas avaliadas e correlação com o tempo (Rho). Valores em cinza são correlações superiores a 0,50 ou inferiores a -0,50.

Família/Espécie	A	B	C	Rho
<b>Plantadas</b>				
<b>Fabaceae</b>				
<i>Arachis pintoii</i> Krapov. & W.C.Greg.	X	X	X	0,84
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	X	X	X	0,65
<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.	X	X	X	-0,62
<b>Poaceae</b>				
<i>Avena sativa</i> L.			X	-
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv.	X	X	X	0,65
<i>Paspalum atratum</i> Swallen	X	X	X	0,40
<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	X	X	X	-0,24
<i>Paspalum notatum</i> Flüggé	X	X	X	0,07
<b>Espontâneas</b>				

Família/Espécie	A	B	C	Rho
<b>Amaranthaceae</b>				
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.		X	X	-0,09
<i>Amaranthus blitum</i> L.	X			0,50
<i>Blutaparon portulacoides</i> (A.St.-Hil.) Mears	X	X		-0,43
<b>Apiaceae</b>				
<i>Bowlesia incana</i> Ruiz & Pav.		X		-
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	X	X	X	0,13
<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Sprague		X		-
<b>Apocynaceae</b>				
<i>Oxypetalum tomentosum</i> Wight ex Hook. & Arn.	X			0,03
<b>Araliaceae</b>				
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	X	X	X	-0,48
<b>Asteraceae</b>				
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	X	X		0,33
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	X	X	X	-0,12
<i>Baccharis conyzoides</i> (Less.) DC.	X	X		-
<i>Bidens pilosa</i> L.		X		0,10
<i>Cabobanthus polysphaerus</i> (Baker) H.Rob.	X		X	0,20
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	X	X	X	-0,27
<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	X	X	X	-0,08
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.		X		-
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	X			-0,23
<i>Erechtites hieracifolius</i> (L.) Raf. ex DC.	X	X	X	-0,36
<i>Erechtites valerianifolius</i> (Wolf) DC.	X	X	X	0,12
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	X	X	X	0,51
<i>Gamochaeta coarctata</i> (Willd.) Kerguelén	X			-0,21
<i>Mikania campanulata</i> Gardner	X	X	X	-
<i>Mikania cordifolia</i> (L.f.) Willd.	X	X	X	0,39
<i>Mikania lanuginosa</i> DC.		X		-
<i>Pluchea sagittalis</i> (Lam.) Cabrera	X	X	X	-0,41
<i>Pterocaulon lorentzii</i> Malme	X		X	-0,05
<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less.	X	X		-0,52
<i>Solidago chilensis</i> Meyen	X	X	X	-0,40
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	X			-0,05
<i>Symphotrichum squamatum</i> (Spreng.) G.L.Nesom	X			-0,20
<i>Vernonanthura polyanthes</i> (Sprengel) Vega & Dematteis		X	X	0,00
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.			X	-
<b>Begoniaceae</b>				
<i>Begonia cucullata</i> Willd.	X	X	X	0,34
<i>Begonia fischeri</i> Schrank			X	-
<b>Bignoniaceae</b>				
<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers		X		0,10
<b>Blechnaceae</b>				
<i>Neoblechnum brasiliense</i> (Desv.) Gasper & V.A.O. Dittrich	X	X	X	0,21
<i>Telmatoblechnum serrulatum</i> (Rich.) Perrie, D.J. Ohlsen & Brownsey	X	X	X	0,54

Família/Espécie	A	B	C	Rho
<b>Campanulaceae</b>				
<i>Lobelia hederacea</i> Cham.	X	X		-0,44
<b>Caryophyllaceae</b>				
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Roem. & Schult.	X	X	X	0,40
<b>Commelinaceae</b>				
<i>Commelina benghalensis</i> L.	X	X	X	0,31
<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	X	X	X	-0,21
<i>Commelina erecta</i> L.		X	X	-0,41
<b>Convolvulaceae</b>				
<i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet	X		X	-
<i>Ipomoea grandifolia</i> (Dammer) O'Donell		X		-0,15
<i>Merremia dissecta</i> (Jacq.) Hallier f.	X	X	X	0,13
<b>Cyperaceae</b>				
<i>Cyperus brevifolius</i> (Rottb.) Endl. ex Hassk.	X	X	X	-0,32
<i>Cyperus difformis</i> L.	X	X	X	-0,18
<i>Cyperus laxus</i> Lam.	X	X		-0,33
<i>Cyperus meyenianus</i> Kunth	X	X	X	0,18
<i>Cyperus odoratus</i> L.	X	X	X	-0,43
<i>Cyperus polystachyos</i> Rottb.	X	X	X	-0,53
<i>Cyperus prolixus</i> Kunth	X	X	X	-0,75
<i>Cyperus virens</i> Michx.	X	X	X	-0,07
<i>Eleocharis filiculmis</i> Kunth	X	X		-0,27
<i>Fimbristylis autumnalis</i> (L.) Roem. & Schult.	X	X	X	-0,18
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	X	X	X	-0,37
<i>Fuirena robusta</i> Kunth		X		-0,11
<i>Fuirena umbellata</i> Rottb.	X		X	-0,04
<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britton	X	X	X	-0,28
<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (Rich.) Herter	X	X	X	-0,10
<i>Scleria distans</i> Poir.	X	X	X	0,40
<i>Scleria gaertneri</i> Raddi			X	-
<b>Dennstaedtiaceae</b>				
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	X	X	X	-0,29
<b>Dryopteridaceae</b>				
<i>Rumohra adiantiformis</i> (G.Forst.) Ching	X		X	-0,42
<b>Fabaceae</b>				
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene		X		-
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	X	X	X	0,73
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	X	X		0,27
<i>Mimosa pudica</i> L.		X		0,43
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	X	X		0,51
<i>Vicia sativa</i> L.	X	X		0,37
<i>Vigna longifolia</i> (Benth.) Verdc.			X	-
<b>Hypoxidaceae</b>				
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	X	X	X	-0,18
<b>Juncaceae</b>				

<b>Família/Espécie</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Rho</b>
<i>Juncus capillaceus</i> Lam.	X			-0,15
<i>Juncus effusus</i> L.	X	X	X	-0,52
<i>Juncus tenuis</i> Willd.			X	-
<b>Lamiaceae</b>				
<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J.F.B.Pastore	X			0,40
<b>Linderniaceae</b>				
<i>Lindernia dubia</i> (L.) Pennell		X		-
<b>Lycopodiaceae</b>				
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	X	X	X	-0,18
<b>Lygodiaceae</b>				
<i>Lygodium volubile</i> Sw.	X	X		0,01
<b>Lythraceae</b>				
<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J.Macbr.	X	X	X	-0,51
<i>Heimia apetala</i> (Spreng.) S.A.Graham & Gandhi	X			-0,25
<b>Malvaceae</b>				
<i>Sida rhombifolia</i> L.	X	X	X	-0,66
<b>Melastomataceae</b>				
<i>Chaetogastra clinopodifolia</i> DC.	X	X		-0,56
<i>Leandra australis</i> (Cham.) Cogn.		X	X	-
<b>Onagraceae</b>				
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) H.Hara	X	X	X	-0,57
<b>Orchidaceae</b>				
<i>Habenaria parviflora</i> Lindl.		X		-0,10
<b>Oxalidaceae</b>				
<i>Oxalis debilis</i> Kunth			X	-
<b>Passifloraceae</b>				
<i>Passiflora alata</i> Curtis	X	X		0,40
<b>Phyllanthaceae</b>				
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	X	X	X	-0,53
<b>Plantaginaceae</b>				
<i>Scoparia dulcis</i> L.	X	X	X	-0,29
<b>Poaceae</b>				
<i>Andropogon bicornis</i> L.	X	X	X	0,28
<i>Axonopus obtusifolius</i> (Raddi) Chase	X	X	X	-0,66
<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn.			X	-
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		X	X	-
<i>Dichantherium sabulorum</i> (Lam.) Gould & C.A. Clark	X	X		0,17
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler		X		-0,05
<i>Eragrostis airoides</i> Nees		X		0,05
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	X	X	X	-0,37
<i>Imperata brasiliensis</i> Trin.	X	X		-
<i>Ischaemum minus</i> J.Presl	X	X		0,40
<i>Lolium multiflorum</i> L.	X	X		-0,26
<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs		X		-0,17
<i>Panicum racemosum</i> (P. Beauv.) Spreng.	X			0,00

<b>Família/Espécie</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Rho</b>
<i>Panicum repens</i> L.	X	X	X	-0,51
<i>Paspalum conjugatum</i> P.J.Bergius	X	X	X	-0,07
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	X	X	X	-0,24
<i>Paspalum pumilum</i> Nees	X	X		-0,32
<i>Paspalum urvillei</i> Steud.	X	X	X	-0,32
<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.	X	X	X	-
<i>Rugoloa pilosa</i> (Sw.) Zuloaga		X		-0,05
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	X	X	X	-0,21
<i>Urochloa arrecta</i> (Hack. ex T.Durand & Schinz) Morrone & Zuloaga	X	X	X	-0,08
<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster	X	X		0,34
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	X	X	X	0,17
<i>Urochloa distachya</i> (L.) T.Q. Nguyen	X	X	X	-
<i>Urochloa humidicola</i> (Rendle) Morrone & Zuloaga	X	X		0,29
<b>Polygonaceae</b>				
<i>Polygonum acuminatum</i> Kunth		X	X	-
<i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx.		X	X	-0,25
<i>Polygonum punctatum</i> Elliott		X	X	-0,30
<b>Portulacaceae</b>				
<i>Portulaca oleracea</i> L.		X		-
<b>Pteridaceae</b>				
<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link	X	X	X	0,01
<b>Rubiaceae</b>				
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes		X		0,11
<b>Scrophulariaceae</b>				
<i>Buddleja stachyoides</i> Cham. & Schltdl.	X	X	X	-0,22
<b>Solanaceae</b>				
<i>Solanum americanum</i> Mill.	X	X		-0,46
<b>Thelypteridaceae</b>				
<i>Christella dentata</i> (Forssk.) Brownsey & Jermy	X	X	X	0,30
<b>Typhaceae</b>				
<i>Typha domingensis</i> Pers.		X		0,30
<b>Verbenaceae</b>				
<i>Verbena bonariensis</i> L.	X	X		-0,38
<i>Verbena litoralis</i> Kunth		X		-
<b>Zingiberaceae</b>				
<i>Hedychium coronarium</i> J.Koenig	X			0,20
<b>Riqueza total</b>	<b>102</b>	<b>115</b>	<b>86</b>	<b>-</b>

Fonte: Da autora (2018).

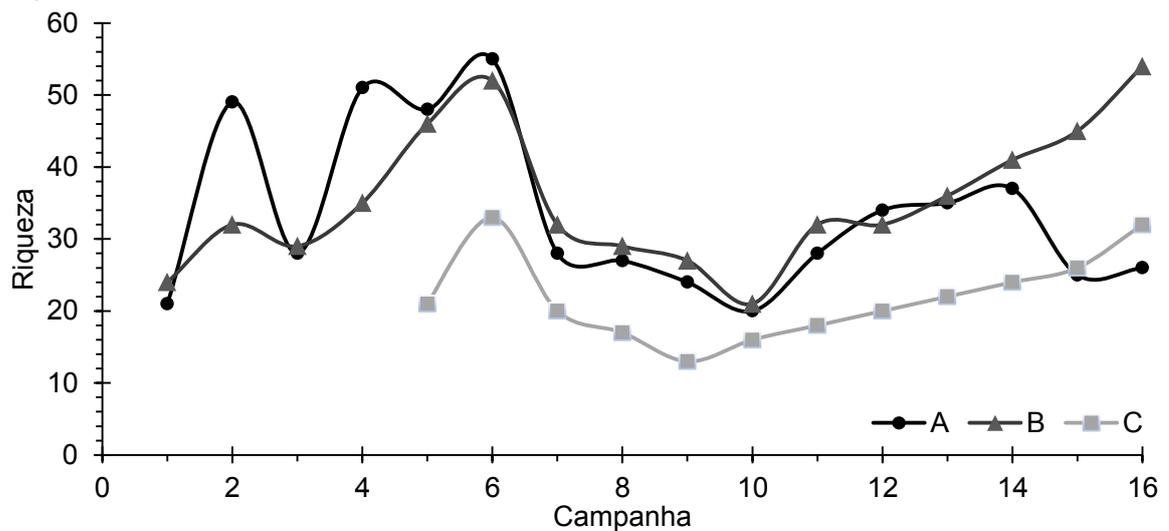
Ao longo dos nove anos de monitoramento ambiental foram amostradas 137 espécies herbáceas-subarbutivas, as quais oito foram plantadas no início da recuperação e 129 surgiram de forma espontânea. De forma geral, as espécies plantadas se mantiveram nas subáreas estudadas, com exceção de *Avena sativa* L.

que foi amostrada apenas na subárea C, possivelmente por esta ter sido plantada exclusivamente nesta área.

A subárea A apresentou 103 espécies (96 espontâneas), o que representa aproximadamente 74% do total da riqueza amostrada. A subárea B obteve a maior riqueza, com 115 espécies (108 espontâneas), representando 82%. A subárea C, por sua vez, apresentou a menor riqueza avaliada, com 86 espécies (78 espontâneas), correspondendo a 61%.

A Figura 3 traz a representação da riqueza das subáreas estudadas ao longo das campanhas. É possível verificar, de forma geral para as três subáreas, que nas primeiras campanhas de monitoramento a riqueza da comunidade vegetal era elevada, havendo um declínio entre as campanhas seis a dez. Posteriormente, a partir da campanha 12, observa-se que a riqueza foi gradativamente aumentando.

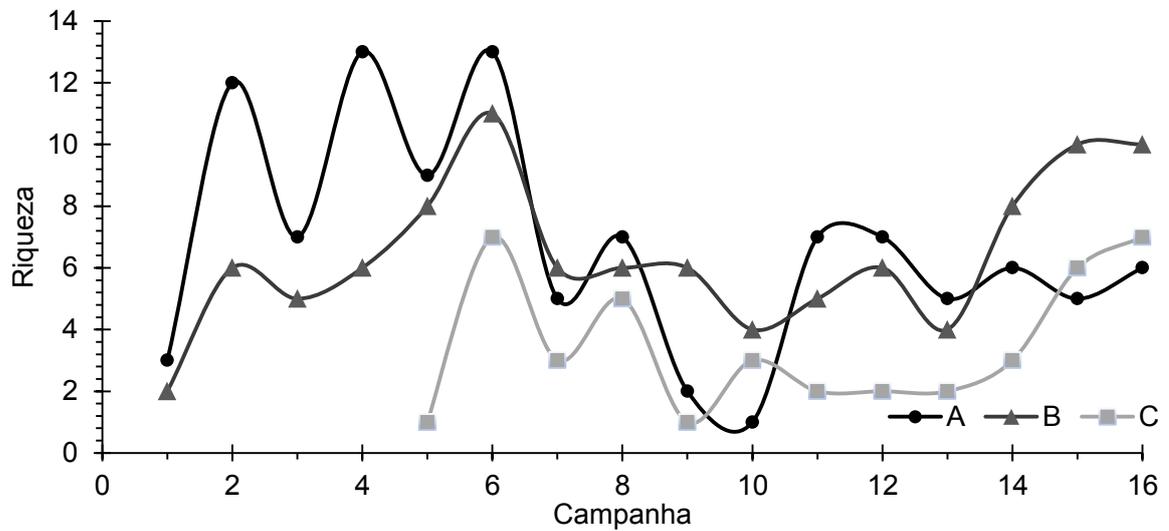
Figura 3 – Riqueza específica das subáreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina.



Fonte: Da autora (2018).

Das 43 famílias botânicas amostradas, Asteraceae, Cyperaceae, Fabaceae e Poaceae foram as mais representativas. Ao longo das campanhas, observou-se que a riqueza da família Asteraceae oscilou em todas as subáreas estudadas (Figura 4), sendo que entre as campanhas seis e 10 houve uma drástica redução. Entretanto, a partir da campanha 13 houve um aumento gradativo da riqueza nas subáreas B e C, excetuando-se a subárea A que manteve o mesmo padrão inicial de oscilação.

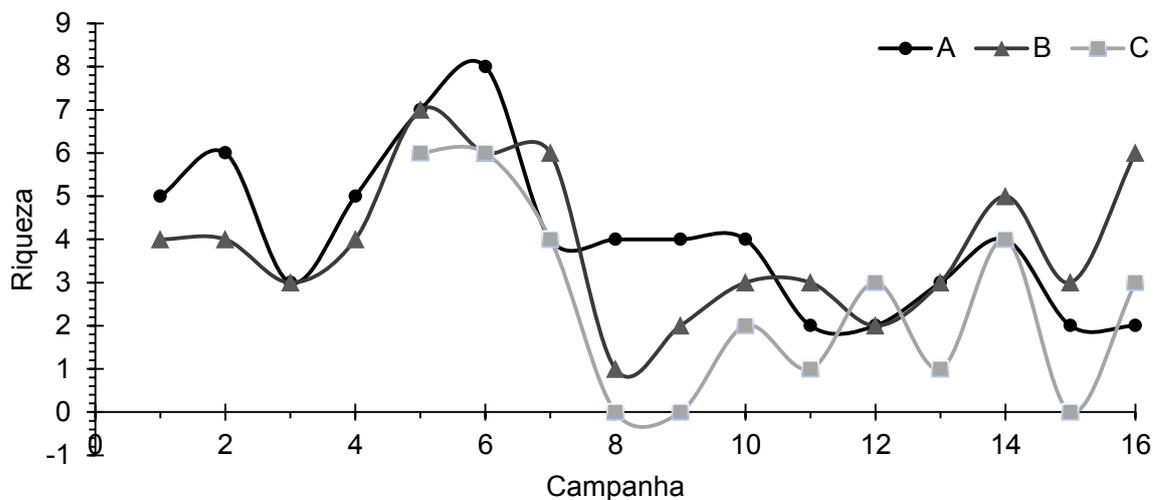
Figura 4 – Riqueza específica da família Asteraceae nas subáreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina.



Fonte: Da autora (2018).

Para Cyperaceae foi possível verificar a diminuição da riqueza ao longo das campanhas de monitoramento (Figura 5). Da mesma forma, entre as campanhas seis e 10 houve uma redução do número de espécies em todas as subáreas, com exceção da subárea A que se manteve constante nestas campanhas. Verificou-se também que na subárea C, nas campanhas 8, 9 e 15, não houve presença de ciperáceas.

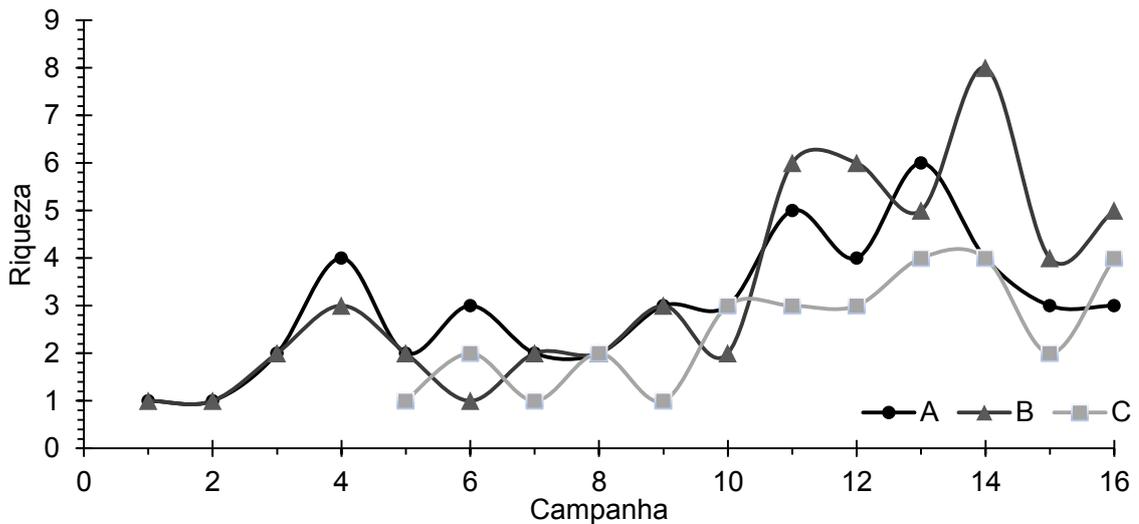
Figura 5 – Riqueza específica da família Cyperaceae nas subáreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina.



Fonte: Da autora (2018).

Fabaceae, dentre as famílias mais representativas, foi a que obteve o padrão mais claro de aumento de riqueza ao longo dos anos de monitoramento (Figura 6). Observou-se que na campanha 15 houve diminuição brusca da riqueza nas três subáreas, no entanto, excetuando-se a subárea A que manteve o mesmo padrão, na campanha 16 a riqueza retorna a aumentar.

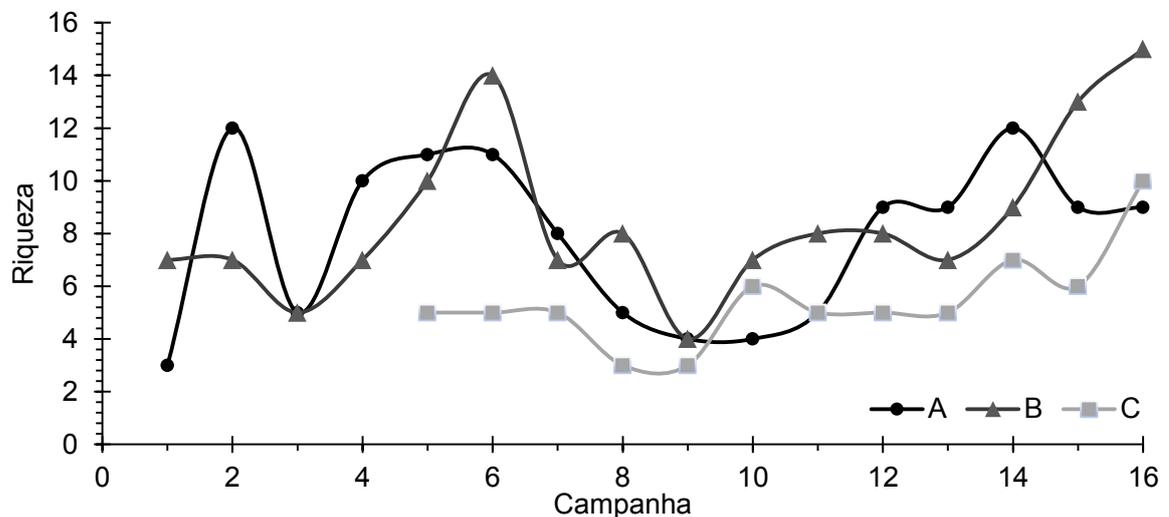
Figura 6 – Riqueza específica da família Fabaceae nas subáreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina.



Fonte: Da autora (2018).

Para a família Poaceae verificou-se o mesmo padrão ao longo das campanhas de monitoramento, onde nos primeiros anos obteve-se uma elevada riqueza específica, que entre as campanhas seis a 10 diminuiu, aumentando novamente a partir da campanha 12.

Figura 7 – Riqueza específica da família Poaceae nas subáreas avaliadas ao longo das campanhas de monitoramento ambiental em Treviso, sul de Santa Catarina.



Fonte: Da autora (2018).

#### 4.2 RELAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO COM A COMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO HERBÁCEA-SUBARBUSTIVA

A Tabela 4 traz os valores de  $R^2$  e significância de cada variável do solo para cada subárea estudada. A variável pH obteve percentual de explicação de 24% para a subárea B e 25% para a subárea C, além de ser considerada uma variável significativa na composição das espécies para ambas as subáreas ( $p < 0,05$ ). Para a subárea A observou-se que não houve correlação significativa, porém, apesar de não haver correlação o percentual de explicação foi de 16%. Ao longo dos anos de amostragem foi possível verificar que em todas as subáreas houve um aumento do pH.

Tabela 4 – Síntese dos resultados do PERMANOVA para relação das variáveis do solo e a composição das espécies herbáceas-subarbustivas para cada subárea. Valores em cinza são relações significativas.

Área	Variáveis							
	pH	M.O.	Al	Ca	Mg	K	Na	P
	$R^2$							
A	0,16	0,07	0,20	0,16	0,19	0,17	0,17	0,09
B	0,24	0,07	0,23	0,23	0,24	0,13	0,10	0,17
C	0,25	0,05	0,23	0,29	0,25	0,08	0,14	0,20
	$p$							
A	0,08	0,51	0,01	0,06	0,02	0,04	0,03	0,30
B	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,12	0,26	0,03
C	0,03	0,97	0,05	0,01	0,03	0,79	0,32	0,08

Fonte: Da autora (2018).

O pH mostrou-se uma variável de grande influência na composição específica das subáreas estudadas, visto que diversas espécies de herbáceas e subarbustivas apresentaram correlações significativas (Tabela 5), como: *A. pintoi* (0,85), *A. compressus* (0,82), *C. mucunoides* (0,76), *U. brizantha* (0,50). Verificou-se também que algumas espécies obtiveram correlação negativa com o pH, sendo elas: *A. obtusifolius* (-0,56), *C. prolixus* (-0,58) e *H. bonariensis* (-0,55).

Tabela 5 – Correlação das espécies herbáceas-subarbustivas com as variáveis do solo segundo Coeficiente de Correlação de Spearman (Rho). Apresentados apenas as espécies que apresentam correlação superior a 0,5 com ao menos uma variável. Valores em cinza são correlações superiores a 0,50 ou inferiores a -0,50.

Espécie	Máxima	Variável							
		pH	M.O	Al	Ca	Mg	K	Na	P
<i>Arachis pintoi</i>	0,85	0,85	0,57	-0,85	0,80	0,82	0,07	0,35	0,53

Espécie	Máxima	Variável							
		pH	M.O	Al	Ca	Mg	K	Na	P
<i>Axonopus compressus</i>	0,82	0,82	0,65	-0,61	0,71	0,67	0,01	-0,04	0,64
<i>Calopogonium mucunoides</i>	0,76	0,76	0,44	-0,72	0,76	0,76	0,38	0,17	0,60
<i>Urochloa brizantha</i>	0,75	0,50	0,42	-0,45	0,49	0,45	0,14	-0,12	0,75
<i>Mucuna pruriens</i>	0,70	0,70	0,38	-0,45	0,54	0,51	-0,10	0,09	0,47
<i>Drymaria cordata</i>	0,69	0,33	0,15	-0,60	0,36	0,43	0,09	-0,01	0,69
<i>Axonopus obtusifolius</i>	0,66	-0,56	-0,08	0,66	-0,53	-0,55	0,11	-0,36	-0,46
<i>Cyperus prolixus</i>	0,59	-0,58	-0,19	0,59	-0,60	-0,64	0,01	-0,49	-0,45
<i>Telmatoblechnum serrulatum</i>	0,56	0,56	0,43	-0,44	0,55	0,54	-0,06	0,01	0,32
<i>Mimosa pudica</i>	0,55	0,55	0,14	-0,45	0,47	0,47	0,24	0,16	0,39
<i>Juncus effusus</i>	0,55	-0,49	-0,01	0,55	-0,46	-0,46	-0,19	-0,46	-0,40
<i>Commelina benghalensis</i>	0,54	0,54	0,37	-0,37	0,54	0,52	0,34	0,08	0,25
<i>Amaranthus blitum</i>	0,54	0,50	0,45	-0,45	0,54	0,52	-0,25	0,05	0,42
<i>Desmodium adscendens</i>	0,54	0,51	0,34	-0,46	0,53	0,54	-0,09	0,50	0,17
<i>Mikania cordifolia</i>	0,53	0,12	0,11	-0,06	0,06	0,06	-0,29	0,53	-0,11
<i>Senecio brasiliensis</i>	0,52	-0,41	-0,18	0,52	-0,33	-0,35	0,00	-0,45	-0,32
<i>Pluchea sagittalis</i>	0,51	-0,45	-0,05	0,51	-0,44	-0,46	-0,24	-0,50	-0,35
<i>Passiflora alata</i>	0,50	0,50	0,07	-0,31	0,36	0,36	0,02	0,23	0,10
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	0,49	-0,55	-0,36	0,49	-0,50	-0,45	-0,19	-0,31	-0,25

Fonte: Da autora (2018).

A matéria orgânica não foi considerada no presente estudo uma variável significativa na composição das espécies, obtendo percentual de explicação de apenas 7% para a subárea A e B e 5% para a subárea C. Em relação à correlação desta variável com as espécies, verificou-se que apenas *A. pintoi* e *A. compressus* apresentaram correlação significativa, com 0,57 e 0,65 respectivamente.

O alumínio apresentou elevados percentuais de explicação da composição herbácea-subarbusciva das subáreas estudadas, explicando 20% para a subárea A e 23% para as subáreas B e C. Em relação à significância, a variável só não foi significativa para a subárea C ( $p=0,05$ ). Observou-se que um grande número de espécies apresentou correlação negativa com o alumínio, como *A. pintoi* (-0,85), *A. compressus* (-0,61), *C. mucunoides* (-0,72) e *D. cordata* (-0,60). Da mesma forma, algumas obtiveram correlação positiva, como *A. obtusifolius* (0,66), *C. prolixus* (0,58), *J. effusus* (0,55), *S. brasiliensis* (0,52) e *P. sagittalis* (0,51).

Cálcio e o magnésio foram significativos em praticamente todas as subáreas estudadas. O magnésio obteve percentual de explicação de 19%, 24% e 25% para as subáreas A, B e C, respectivamente. Da mesma forma, o cálcio

mostrou-se um elemento importante na composição das subáreas avaliadas, correspondendo a 23% e 29% para as subáreas B e C respectivamente, não sendo significativa para a subárea A ( $p = 0,06$ ).

Diversas foram as espécies que se mostraram correlacionadas significativamente com o Ca e o Mg, dentre as quais cabe destacar *A. pintoi*, que obteve correlação de 0,80 e 0,82, respectivamente, mostrando estar intimamente correlacionada com estas variáveis. Além do amendoim-forrageiro, espécies como *A. compressus*, *C. mucunoides* e *M. pruriens* obtiveram correlação positiva com Ca e o Mg. *Axonopus obtusifolius* e *C. prolixus* obtiveram correlação negativa com ambas variáveis, ao passo que *H. bonariensis* obteve correlação negativa somente com o Ca, não demonstrando relação com o Mg.

O potássio apresentou percentual de explicação de 17%, 13% e 8% para as subáreas A, B e C, respectivamente, sendo considerado significativo somente para a subárea A. Em relação à correlação com as espécies, foi possível observar a ausência de correlações, indicando que na presente pesquisa, o potássio não se mostrou uma variável significativa na composição específica das subáreas.

Da mesma forma, o sódio obteve significância somente na subárea A, com percentual de explicação de 17%, enquanto nas demais subáreas obteve baixo percentual de explicação, não se mostrando uma variável significativa para estas. Verificou-se que somente três espécies se mostraram correlacionadas significativamente com a variável: *D. adscendens* (0,50); *M. cordifolia* (0,53); *C. clinopodifolia* (-0,50).

O fósforo apresentou elevado percentual de explicação para as subáreas B (17%) e C (20%), no entanto, somente para subárea B obteve significância ( $p=0,03$ ). Para a subárea A o fósforo obteve baixo poder de explicação na composição (9%). Verificou-se que diversas espécies obtiveram correlação significativa com esta variável, como *A. pintoi* (0,53), *A. compressus* (0,64), *C. mucunoides* (0,60) e *U. brizantha* (0,75). Cabe destacar que nenhuma espécie obteve correlação negativa significativa com o fósforo.

*Arachis pintoi* foi a espécie que obteve maior número de correlações significativas, onde das oito variáveis avaliadas no presente estudo, correlacionou-se com seis, alcançando máxima de 0,85. *A. compressus* apresentou as mesmas correlações, porém obteve máxima de 0,82. *Calopogonium mucunoides*, com máxima de 0,76, correlacionou-se com cinco das oito variáveis. Já *U. brizantha*,

apesar de obter máxima de 0,75, apresentou correlação significativa somente com duas variáveis, fósforo e pH.

## 5 DISCUSSÃO

Em solos construídos, onde as condições químicas, físicas e biológicas são restritas, o estabelecimento da vegetação é dificultado, tornando-se necessário a intervenção humana, por meio do plantio de espécies vegetais herbáceas (ROCHA-NICOLEITE et al., 2013). Com a cobertura do solo tomada por espécies herbáceas, criam-se condições para a chegada de diversas outras espécies vegetais, com diferentes hábitos de vida (ODUM; BARRETT, 2007; ROCHA-NICOLEITE et al., 2013).

O aumento da riqueza da comunidade vegetal herbácea-subarbusciva nas subáreas avaliadas está associado principalmente ao processo de dinâmica sucessional, que consiste no processo de colonização das florestas (ODUM; BARRETT, 2007), e segue uma progressão de estágios onde os ambientes obtêm um enriquecimento gradativo de espécies e o aumento da complexidade funcional e estrutural (CHAZDON, 2005; CHAZDON, 2012). Esta dinâmica sucessional é influenciada por diversos fatores, como a frequência e a intensidade dos distúrbios ou uso da terra, textura do solo e disponibilidade de nutrientes e as características da vegetação remanescente. Além disso, as condições pós-distúrbio, como a colonização por espécies invasoras ou o tipo de manejo realizado, são fatores que também influem no processo da sucessão (CHAZDON, 2012). De acordo com o mesmo autor, ao longo do processo de sucessão ecológica ocorrem alterações nas espécies que formam as comunidades florestais, bem como na estrutura e no tamanho das populações.

A vegetação que se estabeleceu de forma espontânea nas subáreas estudadas é composta fundamentalmente por plantas pioneiras, ruderais e pouco exigentes. De forma geral, as espécies amostradas são comuns em ambientes em processo de recuperação ambiental. Citadini-Zanette e Boff (1992), em levantamento florístico em áreas mineradas a céu aberto na região carbonífera de Santa Catarina, amostraram 97 espécies, das quais diversas foram encontradas nas subáreas avaliadas no presente estudo, como *P. venusta*, *A. satureoides*, *A. bicornis*, *A. obtusifolius*, *P. dilatatum* e *D. adscendens*. Em outro levantamento florístico realizado em área de recuperação da mineração a céu aberto em Siderópolis, Citadini-Zanette (1982) amostrou 69 espécies, onde, da mesma forma, inúmeras espécies corroboram com as encontradas no presente trabalho.

O menor número de espécies na subárea C quando em comparação com as demais pode ser justificado, possivelmente, pelo menor tamanho da subárea e menor número de unidades amostrais que eram estabelecidas durante as campanhas de monitoramento. A subárea B, por sua vez, possui grande extensão quando comparada as demais (66,30 ha), implicando assim em um maior número de unidades amostrais, e conseqüentemente uma amostragem mais ampla da comunidade. Outro fator que pode influenciar no menor número de espécies na subárea C, é o tempo de recuperação da subárea, que ocorreu mais recentemente em relação as demais, além disto, na subárea C houve o predomínio inicial de *P. atratum*, prejudicando o desenvolvimento da comunidade herbácea-subarbusciva.

A drástica diminuição da riqueza entre as campanhas seis e 10 pode ser justificada possivelmente por erro amostral, visto que este monitoramento foi realizado por mais de um profissional, podendo haver divergências nas identificações botânicas.

A família Asteraceae, a mais representativa em termos de riqueza no presente estudo, é uma das maiores famílias botânicas, contendo aproximadamente 23.000 espécies, distribuídas em praticamente todas as regiões do globo (FUNK et al., 2005; FUNK et al., 2009). Diversas espécies pertencentes a esta família possuem hábito generalista, característica esta que possibilita que tais espécies ocupem diferentes ambientes. A grande riqueza da família já tem sido apontada em diversos estudos realizados em área em processo de recuperação (CITADINI-ZANETTE; BOFF, 1992; ZOCHE; PORTO, 1992; COSTA, 2007).

Com aproximadamente 32 gêneros distribuídos pelo Brasil (FLORA DO BRASIL, 2018), Cyperaceae é constituída por espécies herbáceas perenes, excepcionalmente anuais (MACHADO; SALES, 2007). Apesar de bem representada nas primeiras campanhas, à família teve sua riqueza gradativamente diminuída ao longo dos anos de amostragem. Esta diminuição pode estar associada à alteração da fisionomia das subáreas estudadas. Nos primeiros anos posteriores a recuperação das subáreas, havia predominância de uma fisionomia exclusivamente herbácea, favorecendo o desenvolvimento das ciperáceas, entretanto, ao longo dos anos, a fisionomia herbácea evoluiu para uma fisionomia composta por espécies arbustivas.

Outro fator que pode estar associado a diminuição da riqueza da família é a redução do volume de chuvas ao longo dos anos de monitoramento. Segundo

Lorenzi (2008), indivíduos desta família são comuns em ambientes com solos úmidos, até mesmo inundados. Além disto, a riqueza da família nos primeiros anos de monitoramento ambiental pode estar associada a adição de turfa, material rico em sementes, em especial possui grande abundância de ciperáceas na sua composição.

A representatividade das famílias Fabaceae e Poaceae já tem sido observada em diversos estudos. Costa (2007), em trabalho para avaliar a estrutura da vegetação herbáceo-arbustiva dos solos construídos em áreas mineradas de carvão a céu aberto no município em Siderópolis, verificaram que Fabaceae e Poaceae estavam dentre as famílias mais ricas nas subáreas avaliadas. O mesmo foi observado no estudo de Zocche e Porto (1992), onde objetivando conhecer a florística e fitossociologia de campo natural sobre banco de carvão e áreas mineradas no Rio Grande do Sul, constataram que ambas as famílias se sobressaíram em relação às demais.

De acordo com Costa (2007), a presença representativa de Fabaceae e Poaceae nestes ambientes constitui-se como um fator de extrema relevância, visto que ambas as famílias exercem papéis importantes na recuperação de áreas degradadas pela mineração. As poáceas, assim como ciperáceas, atuam no controle da erosão do solo através do extenso sistema radicular que possuem (MACHADO; SALES, 2007). As fabáceas, por sua vez, devido à grande cobertura do solo que proporcionam, acabam influenciando diretamente na quantidade de matéria orgânica disponível no solo. Além disto, diversas espécies de leguminosas atuam como fixadoras de nitrogênio, potencializando o aumento da concentração deste elemento no solo (NOGUEIRA et al., 2012; ROCHA-NICOLEITE et al., 2013).

O solo, além de servir como substrato para a comunidade vegetal, auxilia na fixação destas e serve como fonte de nutrientes (FAQUIN, 2005; UNIFERTIL, 2012). Por tais motivos, o solo possui extrema importância ecológica, influenciando significativamente na distribuição vegetacional (UNIFERTIL, 2012).

A concentração de íons de Hidrogênio no solo é um fator de grande influência na distribuição de várias espécies vegetais, havendo espécies adaptadas a habitarem desde solos ácidos (pH 4,5 – 5,5) a alcalinos (pH 6,5 – 7,5). De acordo com Ronquin (2010), em solos onde o pH é mais elevado, o crescimento das plantas torna-se favorável, visto que nestes solos a disponibilidade de alguns nutrientes é máxima. Rodrigues et al. (2007), em estudo para avaliar os efeitos de solos e

topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, identificaram o pH como sendo uma das variáveis com maior correlação com a distribuição da vegetação.

De forma geral, o pH aumentou nas subáreas avaliadas ao longo dos anos de amostragem, porém ainda é considerado ligeiramente ácido para a subárea A e B. Este resultado corrobora com o padrão observado em outros estudos, como constatado por Borba (2013), que em caracterização química e física do solo de áreas de mata ciliar recuperadas pós-mineração de carvão em Lauro Müller e Siderópolis, verificaram que nas quatro áreas avaliadas o pH foi considerado baixo. O mesmo foi observado por Costa e Zocche (2009), onde em estudo para avaliar a fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão em Siderópolis, verificaram que o pH do solo estava baixo.

No presente estudo, o aumento do pH ao longo dos anos de amostragem está associado, possivelmente, ao incremento de Ca e Mg, provenientes do calcário adicionado no processo de calagem do solo (RONQUIM, 2010). Entretanto, cabe destacar que os solos de ambientes florestais da região tendem a apresentar uma condição de pH baixo de forma natural (REMOR, 2004), logo, a acidez encontrada no solo das subáreas estudadas encontra-se dentro do padrão observado para região.

A matéria orgânica desempenha papel fundamental, influenciando nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, constituindo-se como uma importante reserva de nutrientes como fósforo e nitrogênio (COSTA, 2013). Apesar de relevante, na presente pesquisa a matéria orgânica não se mostrou como sendo um elemento significativo na composição específica das subáreas estudadas. O baixo teor de matéria orgânica em áreas recuperadas pela mineração já tem sido apontado em outros estudos (CITADINI-ZANETTE; BOFF, 1992; COSTA, 2007; COSTA; ZOCHE, 2009), estando associada principalmente a baixa produção de biomassa produzida pelos vegetais em ambientes campestres (CHAZDON, 2014; NOGUEIRA et al., 2016).

Em ambientes onde o pH é ácido, as formas tóxicas de alumínio são favorecidas, constituindo-se como um fator limitante ao crescimento das plantas (MARTINAZZO, 2006; MIGUEL et al., 2010). A presença do alumínio implica na redução da disponibilidade de diversos nutrientes do solo, além de atuar sobre o sistema radicular das plantas, causando o engrossamento das raízes e afetando

consequentemente a capacidade de exploração da água e dos nutrientes disponíveis no solo (FANQUIN, 2005). Entretanto, apesar de limitante, algumas espécies são capazes de tolerar elevadas concentrações deste metal (MIGUEL et al., 2010), como observado em *A. obtusifolius* e *C. prolixus*, que se mostraram correlacionadas positivamente com o Al. *Axonopus obtusifolius* já tem sido observada como potencial acumuladora de metais pesados, como Manganês e Chumbo (COSTA, 2007), ao passo que espécies pertencentes ao gênero *Cyperus*, de forma geral, estão associadas a ambientes úmidos e solos ácidos (LORENZI, 2008). A elevada concentração do Al no solo é inversamente proporcional ao pH, logo, espécies que se correlacionam positivamente com Al tendem a tolerar solos com pH baixo. Altos teores de Al em áreas recuperadas pela mineração de carvão já foram observados em diversos estudos (CITADINI-ZANETTE; BOFF, 1992; COSTA, 2007; BORBA, 2013), corroborando com os resultados obtidos na presente pesquisa.

Além do aumento do pH, a calagem proporciona diversos benefícios, como o aumento dos teores cálcio e magnésio e aumento da disponibilidade de fósforo no solo (RONQUIM, 2010). No presente trabalho, todos estes elementos se mostraram significativos na composição específica das subáreas estudadas, devido a extrema importância destes para o desenvolvimento vegetal (FAQUIN, 2005). O Ca, Mg e P são macronutrientes essenciais, utilizados desde a síntese de novas paredes celulares à fonte de energia (ATP) (FAQUIN, 2005). Outro fator que pode ter contribuído para o aumento destes elementos nas subáreas avaliadas é a adubação orgânica realizada por meio da adição de cama de aviário no início das obras de recuperação.

Apesar de o estrato arbustivo-arbóreo não ser considerado nas análises do presente estudo, deve-se considerar que este também possui grande influência na relação matéria orgânica e demais variáveis do solo, sendo assim relevante para os resultados alcançados ao longo dos anos de monitoramento.

Dentre as espécies que obtiveram correlações com as variáveis do solo, cabe ressaltar *A. pintoii*, que se mostrou fortemente relacionada com diversas das variáveis estudadas e obteve grande flutuação ao longo do gradiente temporal. O amendoim-forrageiro é uma espécie herbácea nativa e perene, que se desenvolve em Campos de Várzeas, áreas antrópicas, Campos Limpos, Cerrado e Florestas ciliares (ROCHA-NICOLEITE et al., 2013; FLORA DO BRASIL, 2018). Toleram

condições de encharcamento temporário do solo, adaptando-se a solos pobres em nutrientes. Além disso, a espécie é capaz de sobreviver em solos ácidos, com pH de 5,0, e elevados teores de alumínio, demonstrando assim, uma grande plasticidade ecológica (ROCHA-NICOLEITE et al., 2013). Tais características facilitam a sobrevivência e o desenvolvimento da espécie em ambientes que se encontram ainda em processo de reestabelecimento do equilíbrio ecológico, como o estudado.

Além do amendoim-forrageiro, *A. compressus* e *C. mucunoides* obtiveram significativas correlações. *Axonopus compressus* é uma erva terrícola, que se distribui desde áreas antrópicas até florestas conservadas (FLORA DO BRASIL, 2018). *Calopogonium mucunoides* é uma espécie herbácea, nativa da América do Sul e apresenta adaptação a solos que possuem baixa fertilidade (ROCHA-NICOLEITE et al., 2013). Ambas as espécies são comuns em ambientes como o estudado, sendo amostradas em diversos estudos realizados na região (CITADINI-ZANETTE, 1982; COSTA, 2007; ROCHA et al., 2009).

O elevado número de correlações e a abundância destas espécies nas subáreas estudadas se devem possivelmente a grande flutuação que estas sofreram ao longo do gradiente temporal, onde a partir das mudanças que ocorreram no solo ao longo das campanhas, ocorreu também uma seleção das espécies ali presentes. Da mesma forma, a partir da seleção das espécies, estas causaram modificações no solo, sendo este um sistema complexo de interações. Desta forma, deve-se levar em consideração todas as variáveis e a influência da comunidade vegetal sobre estas, formando assim um sistema integrado que busca o equilíbrio ecológico.

## 6 CONCLUSÃO

As subáreas estudadas mostraram, de forma geral, um avanço no processo sucessional, demonstrando assim progresso no processo de recuperação ambiental. Foi possível verificar para todas as subáreas avaliadas nítido incremento na riqueza específica, ocorrendo a substituição das espécies ao longo dos anos de amostragem.

As espécies que se estabeleceram de forma espontânea nas subáreas estudadas são de forma geral plantas pioneiras, ruderais e pouco exigentes, sendo comuns neste tipo de ambiente. Dentre as espécies que obtiveram correlação significativa com o tempo, destaca-se *A. pintoi*, *D. adscendens* e *C. prolixus*.

As famílias Asteraceae, Fabaceae e Poaceae obtiveram aumento no número de espécies ao longo das campanhas, ao passo que Cyperaceae mostrou padrão inverso, tendo sua riqueza reduzida.

As variáveis do solo se mostraram importantes determinantes na composição específica das subáreas avaliadas. Dentre estas variáveis, destacam-se pH, Al, Mg e Ca, que obtiveram correlação significativa e elevado percentual de explicação. Estas quatro variáveis obtiveram fortes relações com a representatividade das principais espécies herbáceas-subarbusivas das subáreas avaliadas.

*Arachis pintoi* foi a espécie que obteve maior número de correlações com as variáveis estudadas. O amendoim-forrageiro obteve, ao longo dos anos de monitoramento, elevada frequência e abundância nas subáreas avaliadas, demonstrando-se uma espécie com elevada plasticidade ecológica, sendo assim uma importante ferramenta no processo de recuperação, proporcionando cobertura do solo e aumento da biomassa destas áreas.

Por fim, destaca-se a importância do monitoramento ambiental para a recuperação destes ambientes, permitindo o acompanhamento no desenvolvimento da comunidade vegetal, e possibilitando possíveis correções quando necessário.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, A. C.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016.
- BORBA, F. B. **Caracterização química e física do solo de áreas de mata ciliar recuperadas pós-mineração de carvão em Santa Catarina**. 2013. 34 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.
- BRASIL. **Decreto nº 97.632**, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/d97632.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm)>. Acesso em: 07 maio 2018.
- BRASIL. Ministério Público Federal. **Critérios para recuperação ou reabilitação de áreas degradadas pela mineração de carvão**. (Revisão 7). 2015.
- BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, v. 27, n. 4, p. 325–349, 1957.
- CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; SILVEIRA, C. B.; GATIBONI, L. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; MIQUELLUTI, D. J.; FILHO, O. K.; SANTOS, C. P. Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.9, n.2, p. 198-205, 2010.
- 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 Müller, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 6, p. 1123-1137, 2003.
- CASTILHOS, Z. C.; FERNANDES, F. R. C. A bacia carbonífera sul catarinense e os impactos e passivos da atividade da indústria extrativa mineral de carvão na territorialidade. In: **Recursos minerais & sustentabilidade territorial**. Grandes minas. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, v.1, p. 361-386, 2011. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1174>>. Acesso em: 08 maio 2018.
- CAUSTON, D.R. **Introduction to vegetation analysis**. Unwin Hyman. London. 1988.
- CHAZDON, R. L. Chance and determinism in tropical forest succession. In: CARSON, W. P.; SCHNITZER, S. A. (Ed.). **Tropical forest community ecology**. Londres: Blackwell Science, 2005. p. 304–308.

CHAZDON, R. L. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim Museu Paranaenses Emílio Goeldi**, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

CHAZDON, R. L. **Renascimento de Florestas**: regeneração na era do desmatamento. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 430 p.

CITADINI-ZANETTE, V. Diagnóstico ambiental da região carbonífera do sul de Santa Catarina: recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, v. 5, n.2, p. 51-61, 1999.

CITADINI-ZANETTE, V.; BOFF, V. P. **Levantamento florístico em áreas mineradas a céu aberto na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil**. 1 ed. Florianópolis: Secretaria de Estado da Tecnologia, Energia e Meio Ambiente, 1992. 158 p.

CITADINI-ZANETTE. **Levantamento florístico da área de recuperação da mineração a céu aberto em Siderópolis, Santa Catarina, Brasil**. Florianópolis: FATMA, 1982. 22 p.

COSTA, E. M. C.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p. 1842-1860, 2013.

COSTA, P. **Estrutura da vegetação herbáceo-arbustiva dos solos construídos em áreas mineradas de carvão a céu aberto e a relação de *Axonopus Obtusifolius* (Raddi) chase com MN e PB**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2007.

COSTA, S.; ZOCCHÉ, J. J. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.665-674, 2009.

DE LUCA, F. J.; GASTALDON, M. C. Desenvolvimento sustentável e a recuperação das áreas degradadas abandonadas pela mineração de carvão na região Sul do Estado de Santa Catarina. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v.5, n.2, p.19-33, 1999.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.) **Recuperação de área degradada**. Viçosa: UFV, 1998. p. 27-44.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Atlas Climatológico**. 2006. Disponível em: <[http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=708&Itemid=484](http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=708&Itemid=484)>. Acesso em: 30 abr. 2018.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. 186 p.

FLORA DO BRASIL. *Axonopus* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB13039>>. Acesso em: 14 out. 2018.

FLORA DO BRASIL. Cyperaceae in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB29475>>. Acesso em: 13 out. 2018.

FLORA DO BRASIL. Fabaceae in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB100>>. Acesso em: 08 out. 2018

FUNK, V. A.; BAYER, R. J.; KEELEY, S.; CHAN, R.; WATSON, L.; GEMEINHOLZER, B.; SCHILLING, E.; PANERO, J. L.; BALDWIN, B. G.; GARCIA-JACAS, N.; SUSANNA, A.; JANSEN, R. K. Everywhere but Antarctica: Using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. **Biologische Skrifter**, v. 55, p. 343–374, 2005.

FUNK, V. A.; SUSANNA, A.; STUESSY, T. F.; ROBINSON, H. Classification of Compositae. In: FUNK, V. A.; SUSANNA, A.; STUESSY, T. F.; BAYER, R. J. (Ed.). **Systematics, Evolution, and Biogeography of Compositae**. Vienna: International Association for Plant Taxonomy, 2009. p. 171–189.

GOMES, A. P.; FERREIRA, J. A. F.; ALBUQUERQUE, L. F.; SÜFFERT, T. Carvão fóssil. **Estudos avançados**, v.12, n.33, p.89-106, 1998.

HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A.; CHICKEN, E. **Nonparametric Statistical Methods**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. (Manuais Técnicos em Geociências).

IPAT/UNESC - Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Projeto de Reabilitação Ambiental de Áreas Degradadas do Campo Morozini - Treviso, SC**: PRAD Conceitual. Volume 2. Rev. 03. Criciúma, 2009, 138p.

KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P.; BOHNEN, H.; GIASSON, E.; BIASANI, C. A.; MELLO, P. F.; ALEXANDRE, M. D.; COTRIM, D. S. Solos construídos em áreas de mineração. In: **Carvão e meio ambiente**. Centro de Ecologia da UFRGS. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p.596-640.

KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. Propriedades, pedogênese e classificação dos solos construídos em áreas de mineração na Bacia Carbonífera do Baixo Jacuí. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 79-88, 1997.

KOPPE, J. C.; COSTA, J. F. C. L. Mineração. In: TEIXEIRA, E. C.(Org.). **Meio Ambiente e carvão**: impactos da exploração e utilização. Porto Alegre: FEPAM, 2002. P. 15-28.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4 ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008. 460 p.

MACHADO, C.; SALES, F. **Cyperaceae**. 2017. Disponível em: <[https://www.uc.pt/herbario\\_digital/learn\\_botany/Familias/cyperaceae](https://www.uc.pt/herbario_digital/learn_botany/Familias/cyperaceae)>. Acesso em: 10 out. 2018.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, p. 11-30, 2010.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley, 1974. 547 p.

NETO, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ALMEIDA, J. A.; MAFRA, A. L.; MEDEIROS, J. C.; ALBERTON, A. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1379-1388, 2008.

NOGUEIRA, L. R.; FIGUEIRA, C.; SILVA, D.; PEREIRA, M. G.; GAIA-GOMES, J. H.; RIBEIRO, E. M. Biological Properties and Organic Matter Dynamics of Soil in Pasture and Natural Regeneration Areas in the Atlantic Forest Biome. **Article Rev Bras Cienc Solo**, v. 40, p. 1-14, 2016.

NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M.; MARTINS, C. A. S.; BERNARDES, C. B. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14; p. 2121-2131, 2012.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Thomson, 2007. 612 p.

PILLAR, V. P. Padrões e processos em campos do sul do Brasil. **Tópicos atuais em Botânica**, Porto Alegre, p. 165-171, 2000.

PINHEIRO, W. G. **Planos energéticos e plano nacional mineral 2030: uma revisão da importância do carvão para o desenvolvimento da região sul de Santa Catarina**. 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2012.

PPG I. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 54, n. 6, p. 563–603, 2016.

QUINÕES, O. R. G.; JUNIOR, A. V. I.; GIASSON, E.; BISSANI, C. A.; DICK, D. P. Características de solos construídos após mineração de carvão relacionados ao processo de construção e à composição do material utilizado. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1564-1571, 2008.

R CORE TEAM. **R: Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2017.

REMOR, R. **Regeneração natural em blocos experimentais de *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga): subsídios para recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão a céu aberto no sul do estado de Santa Catarina, Brasil**. 2004. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2004.

RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest: an ecological study**. Cambridge: University Press, 1996, 587 p

ROBERTS, J. A.; DANIELS, W. L.; BELL, J. C.; BURGER, J. A. Early Stages of Mine Soil Genesis in a Southwest Virginia Spoil Lithosequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 716-723, 1988.

ROCHA, E.; SOUZA, M. G. R.; CAMPOS, J. J.; ZANUZ, M.; GOMES, C. J. B.; COLOMBO, G. Monitoramento da vegetação em áreas Alteradas pela mineração de carvão na bacia carbonífera catarinense, Santa Catarina: dados preliminares. In: XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2009, Gramado. **Anais...** Gramado: FAURGS. 2009. p. 359-366.

ROCHA-NICOLEITE, E.; CAMPOS, M. L.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R.; MARTINS, R.; SOARES, C. R. F. S. **Mata Ciliar: Implicações Técnicas sobre a Restauração após Mineração de Carvão**. Criciúma: SATC, 2013. 80 p.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; FILHO, A. T. O.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p. 25-35, 2007.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa, 2010. 26 p.

SANTOS, R. **Reabilitação de ecossistemas degradados pela mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina, Brasil**. 2003. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, L. M.; E FERREIRA, R. L. Impacto ambiental pela mineração de carvão no sul de Santa Catarina. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.6 n.4, p. 54-71, 2015.

UNIFERTIL. **Nutrientes**: Do que as plantas precisam?. 2012. Disponível em: <<http://unifertil.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Artigo-n%C2%BA-2-Nutrientes-O-que-as-plantas-precisam.-min.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2018.

ZHANG, B.; YANG, Y.; ZEPP, H. Effect of vegetation restoration on soil and water erosion and nutrient losses of a severely eroded clayey Plinthudult in southeastern China. **Catena**, v. 57, p. 77–90, 2004.

ZHOU, H.; PENG, X.; PETH, S.; XIAO, T. Q. Effects of vegetation restoration on soil aggregate microstructure quantified with synchrotron-based micro-computed tomography. **Soil & Tillage Research**, v. 124, p. 17–23, 2012.

ZOCCHÉ, J. J.; PORTO, M. L. Florística e fitossociologia de campo natural sobre banco de carvão e áreas mineradas, Rio Grande Do Sul, Brasil. **Acta botânica brasílica**, v. 6, n. 2, p. 47-84, 1992.