

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

**Cristina Gouvêa Redin**

**RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA  
NO BIOMA PAMPA**

**Santa Maria, RS  
2017**



**Cristina Gouvêa Redin**

**RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA  
NO BIOMA PAMPA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Área de concentração em Silvicultura, como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Dr. José Miguel Reichert

Santa Maria, RS  
2017

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

Redin, Cristina Gouvêa  
Relação solo-vegetação em ecótono campo-floresta no Bioma Pampa / Cristina Gouvêa Redin.- 2017.  
142 p.; 30 cm

Orientadora: José Miguel Reichert  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2017

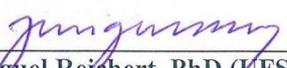
1. Mosaico campo-floresta 2. Topossequência 3. Análise multivariada 4. Física do solo I. Reichert, José Miguel II. Título.

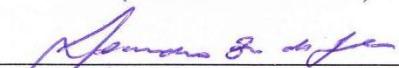
**Cristina Gouvêa Redin**

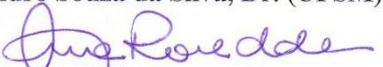
**RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO  
BIOMA PAMPA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Florestal**.

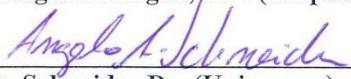
**Aprovado em 22 de fevereiro de 2017:**

  
\_\_\_\_\_  
José Miguel Reichert, PhD (UFSM)  
(Presidente/orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Leandro Souza da Silva, Dr. (UFSM)

  
\_\_\_\_\_  
Ana Paula Moreira Rovedder, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)

  
\_\_\_\_\_  
Alexandra Augusti Boligon, Dr<sup>a</sup>. (Unipampa)

  
\_\_\_\_\_  
Ângelo Schneider Dr. (Unipampa)

Santa Maria,RS  
2017



*Dedico esta obra ao meu primeiro professor de ciências naturais, quem inspirou em mim o amor pela natureza desde a infância: Meu pai.*



## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, por serem meus exemplos de vida, honestidade, coragem e determinação. Obrigada pela oportunidade que me deram de crescer e aprender.

À minha irmã Débora Gouvêa Redin pelo apoio nos momentos mais difíceis desta trajetória.

À amiga e colega Daiane Deckmann Andriollo pela parceria na realização deste trabalho, os méritos também são seus.

Ao meu namorado Tássio Choaire Riccardi pela paciência e carinho.

Ao meu orientador prof. José Miguel Reichert e ao Engenheiro Florestal Elias Frank de Araújo, pelo apoio, sugestões e contribuições essenciais para realização desta pesquisa. Agradeço pela confiança em mim depositada.

Aos professores Paulo Ivonir Gubiani, Ana Paula Moreira Rovedder, Leandro Souza da Silva e Alberto Vasconcelos Inda pelo apoio e contribuições valiosas.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Física e Hidrologia do Solo, pela ajuda durante todos os passos desta trajetória, em especial aos alunos de iniciação científica: Felipe Bertol, Luiza Bernardi de Carvalho, Willian Saidelles Fogiatto e Camila Maia.

Ao amigo Flávio Fontinelli pela amizade, conselhos, ensinamentos e paciência durante as análises em laboratório.

À amiga e bióloga Carina Vogel pelos conselhos e ajuda nas análises estatísticas.

À equipe da SERTEF, em especial aos amigos Marco e Maicon (*in memoriam*).

À Empresa CMPC Celulose Riograndense pelo apoio financeiro e concessão das áreas de estudo.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo durante a realização do trabalho.

À Universidade Federal de Santa Maria.

Enfim, a todos que de alguma forma, contribuíram para a minha formação e para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.



## RESUMO

### RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO BIOMA PAMPA

AUTORA: Cristina Gouvêa Redin  
ORIENTADOR: José Miguel Reichert

Estudos que avaliem a relação entre flora e variáveis ambientais são extremamente válidos, principalmente em áreas de ecótono para fins de conservação. Nesse sentido, objetivou-se avaliar influências das variáveis ambientais em fitofisionomias campo e floresta a fim de contribuir para elaboração de futuros planos de manejo e recuperação, respeitando o domínio das fitofisionomias. O estudo foi desenvolvido em dois hortos localizados em São Gabriel, RS, o Horto Cerro do Batovi (HFCB), apenas com vegetação campestre e o Horto Santa Olga (HFSO), com campo e floresta. Ao longo de oito topossequências dispostas em vegetação campestre, quatro em cada horto, realizou-se a classificação dos solos em topo, meia encosta e baixada do relevo. Após foram coletadas amostras com estrutura preservada, de cada horizonte do perfil, para análises das propriedades físicas do solo (densidade do solo,  $K_s$ , porosidade do solo,  $\theta_{cc}$ ,  $\theta_{PMP}$  e  $\theta_{AD}$ ), e amostras com estrutura não preservada para análises químicas e de granulometria. Também foi quantificada a abundância de cada espécie herbáceo-arbustiva em unidades amostrais de 1 m<sup>2</sup>, sendo quatro unidades em cada topossequência avaliada, distribuídas nas três posições do relevo. Com o intuito de verificar a abundância natural de  $\delta^{13}C$  ‰ na vegetação, foram coletadas amostras de material vegetal nas três posições do relevo em cada topossequência. No HFSO além do campo, a vegetação florestal foi avaliada em dois fragmentos. No primeiro fragmento (FFI) localizado em terraço fluvial, foram alocadas 40 unidades amostrais (100 m<sup>2</sup>) e 40 subunidades (4 m<sup>2</sup>) para inventário dos estratos arbóreo e regenerante. As amostras de solo foram coletadas em quatro pontos. No segundo fragmento (FFII), localizado em topossequência, foram alocadas 20 unidades amostrais (100 m<sup>2</sup>) e 20 subunidades (4 m<sup>2</sup>), as amostras de solo foram coletadas em quatro pontos. A vegetação florestal e campestre foi caracterizada por meio de análises florísticas, fitossociológicas e estruturais. As topossequências foram caracterizadas mediante propriedades físicas, químicas e morfológicas do solo. Para inferir sobre as possíveis relações flora-solo-relevo foram realizadas análises estatísticas multivariadas (PCA e CCA). A fim de verificar mudanças vegetacionais nas áreas de estudo, duas séries temporais foram elaboradas, contemplando 15 anos. As análises vegetacionais mostraram diferenças entre os hortos, o HFSO apresentou maior frequência de espécies cespitosas, bem como agrupamentos de indivíduos florestais em meio ao campo e matas ciliares. No HFCB a vegetação ciliar é composta naturalmente por campo. Esses resultados corroboram com as respostas de  $\delta^{13}C$  ‰ o material coletado no HFCB, o qual indicou predominância de espécies C3, e no HFSO uma mistura de táxons C3 e C4. A vegetação florestal ocorreu relacionada com maior umidade e fertilidade do solo, especialmente em áreas de baixada, porém auxiliada por afloramentos rochosos ocorreu em topo e meia encosta do relevo. Espécies pertencentes às famílias Cyperaceae, Isoetaceae, Apiaceae, Juncaceae, relacionaram-se com condições de baixada do relevo. Durante 15 anos, verificou-se expansão dos fragmentos florestais no HFSO, porém no HFCB não ocorreram mudanças na fitofisionomia, demonstrando que a vegetação campestre ocorre naturalmente no ambiente ripário.

**Palavras-chave:** Mosaico campo-floresta. Topossequência. Análise multivariada. Física do solo.



## ABSTRACT

### SOIL-VEGETATION RELATIONSHIP IN ECOTONE GRASSLAND-FOREST IN PAMPA BIOMA

AUTHOR: Cristina Gouvêa Redin

ADVISOR: José Miguel Reichert

Studies that evaluate the relationship between flora and environmental variables are extremely valid, especially for conservation purposes in ecotone areas. In this way, the aim of this study was to evaluate the influence of environmental variables on grassland and forest phytophysiognomies in order to contribute for future elaboration of management and recovery plans and to respect the phytophysiognomies domain. The study was developed in two hortos located in the municipality of São Gabriel, being Horto Cerro do Batovi - HFCEB - composed only by grassland vegetation and Horto Santa Olga - HFSE - composed of grassland and forest. The soil classification was performed in the summit, backslope and footslope of the relief throughout eight toposequences arranged in grassland vegetation, four in each horto. After that, from each horizon profile, samples with preserved structure were collected for soil physical properties analysis (soil density,  $K_s$ , soil porosity,  $\theta_{cc}$ ,  $\theta_{PMP}$  e  $\theta_{AD}$ ) and samples with non-preserved structure for chemical analysis and soil granulometry. We also quantified the abundance of each herbaceous-shrub species in sample units of 1m<sup>2</sup>, with four units in each toposequence evaluated in the summit, backslope and footslope. In order to verify the natural abundance of  $\delta^{13}C$  ‰ in the vegetation samples of plant material were collected at the three relief positions at each toposequence. In HFSE, besides the grassland area, forest vegetation was evaluated in two fragments. In the first fragment (FFI), located in a fluvial terrace, 40 sample units (100 m<sup>2</sup>) and 40 subunits (4 m<sup>2</sup>) were allocated for inventory of the arboreal and regenerating strata respectively. Soil samples were collected at four points. In the second fragment (FFII), located in toposequence, 20 sample units and 20 subunits were allocated and soil samples were collected in four points. The forest and grassland vegetation were characterized by floristic, phytosociological and structural analyzes. The toposequences were characterized by physical, chemical and morphological properties of the soil. In order to infer about the possible flora-soil-relief relationships a multivariate statistical analyzes (PCA and CCA) were performed. Two time series were elaborated contemplating 15 years to verify vegetative changes in the study areas. The vegetation analysis showed differences among hortos due mainly to the proximity of fodder sources and grazing fallow time. HFSE presented higher frequency of species belonging, as well as grouping of forest individuals in the middle of the grassland and riparian forests. In HFCEB, the riparian vegetation is composed naturally by grassland. These results corroborate the  $\delta^{13}C$  ‰ responses the material collected indicated predominance of C3 species in HFCEB and a mixture of C3 and C4 taxa in HFSE. The forest vegetation occurrence is related to higher moisture and soil fertility, especially in lowland areas, but when assisted by rocky outcrops occurs in the summit and backslope of the relief. Species belonging to the families Cyperaceae, Isoetaceae, Apiaceae and Juncaceae were related to footslope conditions. During 15 years, there was an expansion of the forest fragments in HFSE, but in HFCEB there were no changes in the phytophysiognomy demonstrating that the vegetation occurs naturally in the riparian environment.

**Keywords:** Grassland-forest mosaic. Toposequence. Multivariate analysis. Physical of soil.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização dos hortos florestais, trincheiras e unidades amostrais instaladas em vegetação campestre. 1A – Trincheiras e unidades amostrais instaladas em Fragmento florestal I). 1B – Trincheiras e unidades amostrais instaladas em Fragmento florestal II.....	35
Figura 2 –	Aspecto geral da vegetação natural do HFCB: Vegetação campestre, em detalhe espécies representantes da família Poaceae, as quais apresentaram alta densidade no estrato herbáceo. São Gabriel, RS, 2017. ....	37
Figura 3 –	Aspecto geral da vegetação natural do HFSO: 3A - Vegetação campestre com espécies campestres cespitosas. 3B - Fragmento florestal composto por floresta em estágio médio de regeneração natural, em detalhe aspecto interno do fragmento florestal. São Gabriel, RS, 2017. ....	38
Figura 4 –	Fragmentos florestais (Fragmento florestal I - FFI e Fragmento florestal II - FFII) no HFSO em imagem de carta georreferenciada do exército, impressa em 1979. ....	39
Figura 5 –	Unidades amostrais de 1 m <sup>2</sup> para descrição da vegetação campestre (5A e 5B). Coleta de dados referentes à vegetação campestre (5C). Coleta de exemplar pertencente à espécie não identificada a campo para posterior herborização (5D).....	41
Figura 6 –	Classificação morfológica a campo dos perfis de solos avaliados, de acordo com SiBCS em São Gabriel, RS. ....	44
Figura 7 –	7A - Realização de coleta de amostras preservadas e não preservadas de solo em trincheira; 7B - Coletas de solo embaladas e identificadas para posterior armazenamento e transporte em São Gabriel, RS. ....	46
Figura 8 –	Curva de acumulação de espécies considerando a vegetação em 40 unidades amostrais em área de FFI: 8A - Estrato arbóreo (0,4 ha); 8B - Estrato regenerante (0,016 ha). Curva de acumulação de espécies considerando a vegetação em 20 unidades amostrais em área de FFII: 8C - Estrato arbóreo (0,2 ha); 8D - Estrato regenerante (0,008 ha).....	54
Figura 9 –	Distribuição de indivíduos arbóreos em classes de diâmetro (m) (A e B) e em classes de altura (m) (C e D) em fragmentos florestais em estágio médio (FFI) e em estágio inicial de regeneração natural (FFII). ....	64
Figura 10 –	Curva de acumulação de espécies considerando a vegetação campestre em 35 unidades amostrais com 1 m <sup>2</sup> em HFSO e HFCB.....	65
Figura 11 –	Número total de espécies de cada família botânica encontrada em vegetação campestre no HFCB e HFSO. São Gabriel, RS, 2017. ....	70
Figura 12 –	Topossequências (1, 2, 3, 4) e respectivas classes de solo encontradas em 12 perfis (S11 até S43) avaliados em área de vegetação campestre no HFCB, São Gabriel, RS. ....	73
Figura 13 –	Topossequências (5, 6, 7, 8) e respectivas classes de solo encontradas em 12 (S51 até S83) perfis avaliados em área de vegetação campestre no HFSO, São Gabriel, RS. ....	74
Figura 14 –	Classes de solo encontradas em 4 perfis (SF1 até SF4) em área de vegetação florestal (FFI e FFII) no HFSO, São Gabriel, RS. ....	75
Figura 15 –	Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais (PCAarb) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 60 unidades amostrais e de 12 espécies arbóreas de acordo com 11 variáveis de solo.....	94

Figura 16 – Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais (PCAreg) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 60 unidades amostrais e de 11 espécies arbóreas, de acordo com 5 variáveis de solo. ....	96
Figura 17 – Diagramas de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica (CCAarb) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 52 unidades amostrais (16A); e de 10 espécies arbóreas (16B), correlacionadas com 3 variáveis de solo.....	98
Figura 18 – Diagramas de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica (CCAreg) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 58 unidades amostrais (17A); e de 11 espécies arbóreas regenerantes (17B), correlacionadas com 3 variáveis de solo. ....	101
Figura 19 – Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais (PCAcampo) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 35 unidades amostrais e de 13 espécies campestres, de acordo com 6 variáveis de solo.....	103
Figura 20 – Diagramas de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica (CCA vegetação regenerante) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 33 unidades amostrais (19 A); e de 13 espécies arbóreas (19 B), correlacionadas com 5 variáveis de solo. ....	106
Figura 21 – Valores de $\delta^{13}\text{C}$ ‰ encontrado em material herbáceo coletado nas três posições do relevo ao longo dos oito transectos avaliados no HFCB e no HFSO e respectivas classificações quanto ao predomínio de espécies C3 ou C4. São Gabriel, RS.....	109
Figura 22 – Mapeamento do uso e cobertura da terra para o HFCB para os anos 2000, 2005, 2010 e 2015, São Gabriel, RS.....	111
Figura 23 – Mapeamento do uso e cobertura da terra para o HFSO para os anos 2000, 2005, 2010 e 2015, São Gabriel, RS.....	112

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fórmulas utilizadas para provimento dos cálculos dos índices fitossociológicos de diversidade de Shannon, equabilidade de Pielou e Similaridade de Sorensen. ....	42
Tabela 2 – Fórmulas utilizadas para provimento dos cálculos de parâmetros fitossociológicos pertencentes à Análise de Estrutura Horizontal. ....	43
Tabela 3 – Classificação (versão SiBCS e versão WRB/FAO) e respectivas posições no relevo dos perfis avaliados em áreas de vegetação campestre e florestal no HFCB e no HFSO, São Gabriel, RS. ....	45
Tabela 4 – Espécies encontradas nos estratos arbóreo e regenerante de fragmentos florestais no Horto Santa Olga, com respectivos grupos funcionais e síndrome de dispersão. São Gabriel, RS, 2017. ....	55
Tabela 5 – Parâmetros fitossociológicos de espécies pertencentes ao estrato arbóreo e em FFII no HFSO, São Gabriel, RS. ....	58
Tabela 6 – Parâmetros fitossociológicos de espécies pertencentes ao estrato regenerante em FFII no HFSO, São Gabriel, RS. ....	59
Tabela 7 – Parâmetros fitossociológicos de espécies pertencentes ao estrato arbóreo em FFI, no HFSO, São Gabriel, RS. ....	60
Tabela 8 – Parâmetros fitossociológicos de espécies pertencentes ao estrato regenerante em FFI, no HFSO, São Gabriel, RS. ....	61
Tabela 9 – Atributos estruturais e fitossociológicos de diversidade, equabilidade e similaridade entre FFI e FFII, São Gabriel, RS. ....	62
Tabela 10 – Espécies e famílias botânicas encontradas em vegetação campestre no HFCB e no HFSO, com suas respectivas ocorrências nas diferentes posições no relevo e áreas de estudo, São Gabriel, RS. ....	67
Tabela 11 – Composição granulométrica, classe textural e respectivas ocorrências nas posições do relevo para cada classe de solo encontrada no Horto Florestal Batovi II, em área de vegetação campestre, São Gabriel, RS. ....	78
Tabela 12 – Composição granulométrica, classe textural e respectivas ocorrências nas posições do relevo para cada classe de solo encontrada no HFSO, em áreas de vegetação campestre e florestal, São Gabriel, RS. ....	79
Tabela 13 – Atributos químicos das classes de solo encontradas em área de vegetação campestre no Horto Florestal Cerro do Batovi II, São Gabriel, RS. ....	83
Tabela 14 – Atributos químicos das classes de solo encontradas em áreas de vegetação campestre e florestal no HFSO. São Gabriel, RS, 2017. ....	84
Tabela 15 – Valores médios das propriedades físico-hídricas do solo para cada posição no relevo no Horto Florestal Cerro do Batovi e Horto Florestal Santa Olga. ....	88
Tabela 16 – Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), porosidade total (Pt), condutividade hidráulica do solo saturado (Ks), capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ), conteúdo de água disponível ( $\theta_{AD}$ ) e ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ) para cada horizonte de cada classe de solo encontrada no HFCB em área de vegetação campestre, São Gabriel, RS. ....	90
Tabela 17 – Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), porosidade total (Pt), condutividade hidráulica do solo saturado (Ks), capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ), conteúdo de água disponível ( $\theta_{AD}$ ) e ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ) para cada horizonte de cada classe de solo encontrada no HFSO em áreas de vegetação campestre e florestal, São Gabriel, RS. ....	91

Tabela 18 – Variáveis selecionadas, rótulos e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros componentes da Análise de Componentes Principais (PCAarb), realizada com dados de áreas de vegetação florestal. ....	93
Tabela 19 – Variáveis selecionadas, rótulos e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros componentes da Análise de Componentes Principais (PCAregr), realizada com dados de áreas de vegetação florestal. ....	95
Tabela 20 – Variáveis e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros eixos da Análise de Correspondência canônica (CCAarb), realizada com dados de áreas de vegetação florestal. ....	97
Tabela 21 – Variáveis e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros eixos da Análise de Correspondência canônica (CCAregr), realizada com dados de áreas de vegetação florestal. ....	100
Tabela 22 – Variáveis selecionadas, rótulos e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros componentes da Análise de Componentes Principais (PCAcampo), realizada com dados de áreas de vegetação campestre.....	102
Tabela 23 – Variáveis selecionadas, rótulos e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros eixos da Análise de correspondência canônica (CCA vegetação campestre), realizada com dados de áreas de vegetação campestre.	105
Tabela 24 – Quantificação da área (ha) ocupada pelas classes temáticas (campo, floresta nativa e outros usos) para o HFCB para os anos 2000, 2005, 2010 e 2015, São Gabriel, RS. ....	111
Tabela 25 – Quantificação da área (ha) ocupada pelas classes temáticas (campo, floresta nativa e outros usos) para o HFSO para os anos 2000, 2005, 2010 e 2015, São Gabriel, RS. ....	112

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
1.1 HIPÓTESES .....	20
1.2 OBJETIVO GERAL .....	20
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	23
2.1 DINÂMICA VEGETACIONAL NO SUL DO BRASIL .....	23
<b>2.1.1 A vegetação do sul do Brasil: Uma perspectiva paleoflorística</b> .....	23
<b>2.1.2 Implicações do fogo e pastejo em campos naturais</b> .....	24
<b>2.1.3 Mosaico campo-floresta no Bioma Pampa</b> .....	26
2.2. FATORES AMBIENTAIS RELACIONADOS À VARIAÇÃO DA VEGETAÇÃO .....	28
<b>2.2.1 Alterações de solo e vegetação em gradiente topográfico</b> .....	28
<b>2.2.2 Relação solo-vegetação</b> .....	29
2.3 ESTUDOS SOBRE A DINÂMICA DA VEGETAÇÃO NO TEMPO .....	31
<b>2.3.1 Isótopos estáveis de carbono do solo em estudos ambientais</b> .....	31
<b>2.3.2 Identificação de mudanças na paisagem a partir de séries temporais</b> .....	32
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	35
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	35
<b>3.1.1 Horto Florestal Cerro do Batovi</b> .....	37
<b>3.1.2 Horto Florestal Santa Olga</b> .....	38
3.2 PROCEDIMENTO AMOSTRAL PARA COLETAS DE DADOS DE VEGETAÇÃO E SOLO .....	39
<b>3.2.1 Amostragem de vegetação florestal e campestre</b> .....	39
<b>3.2.2 Localização dos perfis e abertura de trincheiras</b> .....	41
3.3 PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS, ESTRUTURAIS E ESFORÇO AMOSTRAL .....	42
3.4 CLASSIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DO SOLO .....	43
3.5 PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO .....	46
<b>3.5.1 Porosidade e Densidade do solo</b> .....	46
<b>3.5.2 Análise granulométrica do solo</b> .....	47
<b>3.5.3 Conteúdo volumétrico de água no ponto de murcha permanente, capacidade de campo e conteúdo de água disponível no solo</b> .....	48
<b>3.5.4 Condutividade hidráulica em solo saturado (Ks)</b> .....	48
3.6 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO .....	49
3.7 QUANTIFICAÇÃO DE <sup>13</sup> C EM MATERIAL VEGETAL DA FLORA CAMPESTRE .....	49
3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	50
3.9 ANÁLISES DE SÉRIE TEMPORAL E CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS .....	51
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	53
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATURAL EM ÁREA DE ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO BIOMA PAMPA .....	53
<b>4.1.1 Fitossociologia dos estratos arbóreo e regenerante em fragmentos florestais</b> .....	53
<b>4.1.2 Caracterização da flora campestre em áreas de campo natural</b> .....	65
4.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, QUÍMICA E FÍSICO-HÍDRICA DO SOLO EM GRADIENTE TOPOGRÁFICO EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO BIOMA PAMPA .....	72
<b>4.2.1 Classes de solo e granulometria</b> .....	72
<b>4.2.2 Atributos químicos do solo</b> .....	80

<b>4.2.3 Propriedades físico-hídricas do solo</b> .....	86
<b>4.3 RELAÇÃO FLORA-SOLO-RELEVO EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO BIOMA PAMPA</b> .....	93
<b>4.3.1 Vegetação florestal arbórea e regenerante</b> .....	93
<b>4.3.2 Vegetação campestre</b> .....	102
<b>4.4 IDENTIFICAÇÃO DE MUDANÇAS VEGETACIONAIS EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO BIOMA PAMPA, A PARTIR DE SÉRIE TEMPORAL E ISÓTOPOS DE CARBONO</b> .....	107
<b>CONCLUSÕES</b> .....	115
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	117
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	119
<b>ANEXOS</b> .....	135
<b>ANEXO A – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS SEIS COMPONENTES DE ORDENAÇÃO E ESPÉCIES NÃO RARAS DO ESTRATO ARBÓREO DE FFI E FFII, À PARTIR DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA ARB)</b> .....	135
<b>ANEXO B – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS SEIS COMPONENTES DE ORDENAÇÃO E ESPÉCIES NÃO RARAS DO ESTRATO REGENERANTE DE FFI E FFII, À PARTIR DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA REG)</b> .....	136
<b>ANEXO C – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS SEIS COMPONENTES DE ORDENAÇÃO E ESPÉCIES CAMPESTRES NÃO RARAS DA VEGETAÇÃO CAMPESTRE DO HFCB E DO HFSO, À PARTIR DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA II)</b> .....	137
<b>ANEXO D – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DE <math>\delta^{13}\text{C}</math> ‰ ENCONTRADOS NO SOLO SOB VEGETAÇÃO CAMPESTRE NO HFCB, EM FUNÇÃO DAS POSIÇÕES NO RELEVO</b> .....	138
<b>ANEXO E – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DE <math>\delta^{13}\text{C}</math> ‰ ENCONTRADOS NO SOLO SOB VEGETAÇÃO CAMPESTRE NO HFSO, EM FUNÇÃO DAS POSIÇÕES NO RELEVO</b> .....	139
<b>ANEXO F – VALORES DE <math>\delta^{13}\text{C}</math> ‰ E DE CARBONO ORGÂNICO NAS TRÊS POSIÇÕES DO RELEVO EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO CAMPESTRE NO HFCB E HFSO, SÃO GABRIEL, RS</b> .....	140
<b>ANEXO G – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DE <math>\delta^{13}\text{C}</math> ‰ ENCONTRADOS NO SOLO SOB VEGETAÇÃO FLORESTAL NO HFSO, EM FUNÇÃO DAS POSIÇÕES NO RELEVO</b> .....	141
<b>ANEXO H – VALORES DE <math>\delta^{13}\text{C}</math> ‰ E DE CARBONO ORGÂNICO ENCONTRADOS NAS CLASSES DE SOLOS DOS DOIS FRAGMENTOS FLORESTAIS (FFI E FFII) AVALIADOS NO HFSO, SÃO GABRIEL, RS</b> .....	142

## 1 INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul têm extensas áreas de campo entremeadas com vegetação florestal, estas paisagens são conhecidas como áreas de mosaico campo-floresta. As florestas são encontradas margeando afluentes hídricos e em ambientes mais declivosos e úmidos, com solos mais profundos e férteis, enquanto que os campos recobrem partes superiores do relevo, associados geralmente a solos mais rasos.

Vários autores, como Klein (1984); Behling (2002); Overbeck et al. (2007) e Setubal (2010), relatam que os campos são testemunhas da vegetação pretérita adaptada a um clima mais seco e frio, os quais ainda permanecem disputando espaço com as florestas, vegetação adaptada ao clima vigente. Nesse contexto, vale destacar observações realizadas pelos primeiros estudiosos botânicos que percorreram o estado, Lindman (1906) e Rambo (1956), os quais registraram sua estranheza com a presença de campos em locais propícios à vegetação florestal, concordando com estudiosos atuais.

Outro fator pertinente à coexistência de campos e florestas em um mesmo espaço é a atividade humana que data desde o final do Pleistoceno no estado, conforme Bauermann et al. (2011). Grupos de ameríndios já colonizavam as terras do Rio Grande do Sul antes da chegada dos jesuítas com o gado bovino. Fogo e pastejo são alguns fatores relacionados à ação antrópica, os quais até hoje influem sobre a flora do Bioma Pampa, especialmente na permanência dos campos. Na ausência do fogo e do pastejo, há um aumento do estrato lenhoso e também expansão de elementos florestais (OLIVEIRA; PILLAR, 2004).

No entanto, existem áreas excluídas do pastejo e do manejo com o fogo, que conservam a vegetação campestre em partes superiores e nas baixadas do relevo, local onde normalmente está a vegetação florestal. Os campos naturais podem ocorrer associados aos solos mais rasos, como é de amplo conhecimento, ou também margeando afluentes hídricos em lugar da mata ciliar, onde cumprem a função de vegetação ripária com a mesma aptidão.

Características ambientais como heterogeneidade de solos, topografia, proximidade de afluentes hídricos e de fontes de propágulo, vinculam-se à distribuição de campos e florestas no Bioma Pampa. Sendo possível, portanto, a presença natural da vegetação campestre em Áreas de Preservação Permanente (APPs), onde normalmente são aplicados planos de recuperação com o plantio de espécies arbóreas.

A introdução de espécies arbóreas em meio ao campo nativo é prejudicial, especialmente para as muitas espécies vegetais com caráter heliófilo e para a fauna adaptada

aos campos. A falta de conhecimento sobre os mecanismos de ocorrência da dinâmica entre campo e floresta impede que técnicas adequadas de conservação e manejo sejam utilizadas.

Se há influência de variáveis ambientais na interface campo-floresta, existe a necessidade de conhecê-las, pois os campos nativos têm prevalecido e provavelmente sofrido adaptações. Em face desta realidade, estudos que avaliem a composição vegetal relacionada a variáveis ambientais, são extremamente válidos, principalmente em áreas de ecótono. A partir de análises mais elaboradas sobre este aspecto, planos de manejo e recuperação poderão ser traçados respeitando a vegetação original da área.

Diante do exposto, o cenário do presente estudo encontra-se em uma região de transição entre a Serra do Sudeste e a Depressão Central, caracterizando-se por grande heterogeneidade de formações geológicas e pedológicas, em terrenos suavemente ondulados. Nas paisagens típicas pode ser observado o mosaico campo-floresta, composto por fragmentos de Floresta Estacional Decidual e campos pampeanos, ambos ocorrendo naturalmente em topo, meia encosta e baixada do relevo.

## 1.1 HIPÓTESES

Características de solo, relevo e a proximidade com afluentes hídricos e fontes de propágulos, proporcionam respostas distintas na composição florística das fitofisionomias campo e floresta, as quais constituem áreas de ecótono no Bioma Pampa.

O campo nativo adapta-se às condições de ambiente ripário, e pode ocorrer naturalmente em lugar da floresta nas baixadas do relevo, ao passo que existam restrições edáficas e ou distanciamento de fontes de propágulos para ocorrência de vegetação florestal.

Ao longo do tempo ocorreram alterações de cunho florístico, havendo expansão da floresta sobre áreas de campo nativo, em especial nos ambientes ripários não restritivos ao seu estabelecimento e associadas aos afloramentos rochosos em posições superiores do relevo.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

A proposição do presente estudo é a de examinar possíveis correlações existentes entre flora-solo-relevo nesta área de mosaico campo-floresta no Bioma Pampa, com avaliação de fragmentos florestais e campo nativo. As respostas fornecidas poderão servir como ferramenta para possíveis planos de manejo e conservação da fitofisionomia campestre, peculiar por resguardar formas de vida típicas e endêmicas do Sul do Brasil.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a heterogeneidade de solos e vegetação presente em gradiente topográfico em áreas naturais de campo e floresta no Bioma Pampa;
- Verificar as relações existentes entre relevo, solo e vegetação, visando identificar as principais variáveis influentes na distribuição de campos e florestas em área de ecótono;
- Inferir sobre a vegetação pretérita nas áreas de estudo e possíveis alterações quando comparadas à vegetação atual, a fim de obter informações sobre a dinâmica de campos e florestas;
- Gerar uma série temporal de imagens das áreas de estudo, com classificação do uso e cobertura do solo durante 15 anos;
- Identificar e estimar alterações ocorrentes na vegetação durante 15 anos, com vistas a complementar os resultados obtidos pelo estudo da vegetação pretérita.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DINÂMICA VEGETACIONAL NO SUL DO BRASIL

#### 2.1.1 A vegetação do sul do Brasil: Uma perspectiva paleoflorística

Há mais de um século, Lindman (1906) percebeu a contradição entre a presença de vegetação campestre no sul do Brasil e as condições climáticas que permitiam o desenvolvimento de florestas. Fatores como a localização em região de transição entre os climas tropical e temperado, variações no substrato geológico e na altitude contribuem para a diversidade de tipos vegetacionais. Além de atividades humanas, como a pecuária e manejo de pastagens com o fogo, que também imprimem na flora gaúcha características marcantes (WAECHTER, 2002).

Nesse contexto, eventos geológicos e climáticos associados aos centros e fluxos florísticos constituem os fundamentos sobre os quais se assenta o modelo proposto para classificar a vegetação primária sul-brasileira (LEITE, 2002).

A vegetação do Estado do Rio Grande do Sul apresenta-se no recente, como um mosaico resultante das diferenças de relevo, solo, geologia e hidrografia, composta essencialmente de campos e florestas, os quais se encontram em permanente competição no espaço regional e são condicionados sob fortes influências ambientais, sobretudo as climáticas, que sofreram transformações ao longo do tempo (BAUERMANN et al., 2008, p. 87).

Paisagens abertas dominadas por gramíneas têm caracterizado o cone sul da América do Sul desde 5 milhões de anos atrás e, no presente, exibem alta diversidade florística e taxa de endemismo (BAUERMANN et al., 2011). Estudiosos sobre vegetação se surpreendem pelo fato das formações campestres dominarem uma região da América do Sul sob um clima aparentemente adequado para comportar florestas (QUADROS; PILLAR, 2002). A flora campestre do estado seria testemunha de um clima pretérito, diferente do clima atual.

No Holoceno, houve uma atenuação climática devido à maior umidade aliada à menor intensidade das massas de ar polar (BAUERMANN et al., 2011). Conforme os mesmos autores, no Holoceno tardio, possivelmente já com a atenuação da oscilação El Niño, estabeleceu-se a variada paisagem vegetacional do Rio Grande do Sul.

Há evidências de uma melhoria climática significativa no sul do Brasil, no início do Holoceno, com aumento da temperatura e umidade, o que de fato propicia a

expansão do ambiente florestal, que até aquele momento restringia-se a vales e sítios mais úmidos (BOLZON; MARCHIORI, 2002, p.21).

Registros indicam que a paleovegetação dos Campos ocorreu sob um clima relativamente seco e frio durante os tempos glaciais, e quente e seco após as glaciações (BEHLING et al., 2005). Segundo Overbeck et al. (2009), podem ser definidos quatro períodos climáticos distintos, e foi durante essa evolução das condições ambientais que ocorreu uma substituição dos campos pelas florestas. Uma mudança para condições mais úmidas é refletida pelo desenvolvimento de matas de galerias e pelo início da expansão florestal em 5170 A.P (BEHLING et al., 2005).

Estudos paleopolínicos indicam que paisagens abertas dominadas por gramíneas caracterizaram esta região da América do Sul desde a transição Mioceno-Plioceno, há cerca de 5 milhões de anos (STROMBERG, 2011).

Os mamíferos fósseis indicam a ocorrência de biomas abertos e florestais no Quaternário meridional do Brasil, variando de acordo com as flutuações climáticas (BOLZON e MARCHIORI, 2002). Os mesmos autores afirmam ainda que, no Rio Grande do Sul, a mudança na fauna de mamíferos durante o Quaternário comprova as variações ambientais e alternâncias climáticas atestadas pela vegetação.

### **2.1.2 Implicações do fogo e pastejo em campos naturais**

A vegetação campestre do Cone Sul provavelmente evoluiu sob a presença do fogo e do pastejo, como elementos de distúrbio (QUADROS; PILLAR 2001). Os mesmos autores ainda relatam que há cerca de 150 anos, o aumento da intensidade do pastejo determinou a redução da intensidade de queimadas.

No século XVII, os missionários jesuítas introduziram equinos e bovinos na região (OVERBECK et al., 2009). O biólogo francês August Saint-Hilaire (1974), entre os anos de 1820-1821, relatou que as pastagens do estado convidavam naturalmente os primeiros povoados à criação de gado. Até os dias atuais a pecuária é uma atividade muito difundida, principalmente sobre os campos nativos do estado.

Antes da vinda dos missionários jesuítas, já existiam em áreas do Bioma Pampa grupos humanos desde o final do Pleistoceno, conforme Bauermann et al. (2011). Neste mesmo contexto, o início das queimadas por ação antrópica foi datado no início do Holoceno (BAUERMAN et al., 2011). Além dos grupos humanos, grandes mamíferos pastadores,

pertencentes a espécies semelhantes ao cavalo e a ilhama, também povoavam as áreas a aproximadamente 8,5 milhões de anos atrás (Kern, 1997 apud BEHLING et al., 2009).

A partir do início do Holoceno, o fogo se tornou mais frequente, como indicado pela maior abundância de partículas de carvão em perfis de turfeira (BEHLING et al., 2005). Este aumento esteve provavelmente relacionado com a chegada das populações indígenas na região, juntamente com um clima mais sazonal (OVERBECK et al., 2007).

Um dos fatores apontados como responsável pela manutenção da diversidade e fisionomia campestre é a histórica e constante ação de distúrbios como o fogo e o pastejo (OVERBECK et al., 2007). Na ausência do fogo, há um aumento do estrato lenhoso e também expansão de elementos florestais (OLIVEIRA; PILLAR, 2004), fato observado até os dias atuais em áreas excluídas do pastejo e do manejo com o fogo.

Tão importante é a atividade do fogo na origem e manutenção de áreas de pastagens no mundo que alguns historiadores afirmam que a causa primária para o desenvolvimento e manutenção das pastagens é o fogo e não o clima (QUADROS; PILLAR, 2001).

Assim como tem sido observado em outros continentes (Bond et al. 2003, para África; Sauer 1950; Vogl 1974; Anderson 1982, para a América do Norte), o fogo e/ou pastejo são provavelmente os principais fatores que impedem a expansão florestal em áreas campestres cujas condições climáticas são propícias ao desenvolvimento de vegetação florestal (OVERBECK et al., 2009, p. 30).

A tipologia campestre caracteriza-se por apresentar flamabilidade natural, fato que não permite a exclusão do fogo como um agente natural. Os campos mesmo em áreas dominadas por arbustos apresentam uma tendência à flamabilidade, desde que haja suficiente acúmulo de biomassa; a taxa de senescência de folhas velhas em gramíneas aumenta durante os períodos secos (QUADROS; PILLAR, 2002).

Distúrbios causados por esses dois fatores: fogo e pastoreio, de acordo com Pillar et al. (2009), são importantes nos ecossistemas campestres, influenciando na diversidade de espécies e, em certa medida, sendo essencial para sua conservação. Mas o limiar entre uso sustentável e degradação devido a esses distúrbios ainda é pouco conhecido.

Temas como a história dos campos no sul do Brasil, sua origem, desenvolvimento, distribuição, composição e biodiversidade, assim como o papel do fogo e do impacto humano, têm sido estudados apenas recentemente (BEHLING et al., 2009). Segundo os mesmos autores, variações espaciais e temporais dos biomas campestres nos trópicos e subtropicais, são eventos importantes que contribuem para o entendimento dos atuais campos do sul do Brasil.

Estudos como os de Boldrini; Eggers (1996); Nabinger (2006) e Carvalho et al. (2007) relatam a inegável influência do pastejo do gado na seleção de espécies e estrutura da vegetação campestre. Igualmente trabalhos realizados por Boldrini et al. (1998) e Overbeck et al. (2006) destacaram a influência do fogo sobre a estrutura de espécies em campos naturais.

Dos fatores apontados como possíveis causas da atual permanência dos campos em áreas propícias à expansão florestal, o fogo e o pastejo são os mais relevantes (PILLAR; QUADROS, 1997). Porém, modificações mais drásticas estão ocorrendo especialmente nas últimas quatro décadas, com a aceleração da conversão dos campos para usos mais intensos da terra (BAUERMAN et al., 2011). Como exemplo os campos da Serra do Sudeste, pertencentes de acordo com Leite (2002), à região fitoecológica da Estepe Estacional.

### **2.1.3 Mosaico campo-floresta no Bioma Pampa**

A porção sul do Brasil apresenta uma grande diversidade de formações vegetacionais, comumente relacionadas à geomorfologia, condições edáficas e, sobretudo, à situação climática. Nesse contexto, destacam-se porções do relevo onde predominam os campos e outras onde predominam floresta (MACHADO, 2004). Hoje, é possível observar em extensas regiões do Rio Grande do Sul mosaicos vegetacionais compostos por fitofisionomias florestal e campestre (BAUERMAN et al., 2008).

Essa paisagem já chamava atenção dos primeiros naturalistas que visitaram a região Sul do Brasil (BAUERMAN et al., 2008). Pode-se citar neste contexto, Lindman (1906), Rambo (1956) e Klein (1975). Por meio de evidências fitogeográficas, estes autores afirmaram que os campos formam o tipo de vegetação mais antiga e que a expansão florestal seria um processo recente, devido às mudanças climáticas para condições mais úmidas (DOS SANTOS, 2012).

A vegetação campestre predomina desde 22 mil anos antes do presente, e a expansão da floresta de galeria ocorreu após 5.170 anos antes do presente, com máxima expansão após 1.550 anos, o que reflete uma mudança de clima mais seco para clima mais úmido (BEHLING et al., 2005).

Na América do Sul, dados geológicos, geomorfológicos e paleoclimáticos indicam períodos em que a vigência de climas mais frios e secos, determinou regressão das florestas tropicais (BOLZON; MARCHIORI, 2002). Nesses períodos, a vegetação florestal, subsistindo em refúgios, cedeu lugar a formações campestres e paisagens áridas. Porém,

atualmente na vigência de um clima mais ameno e úmido a vegetação florestal encontra condições para avançar.

Sabe-se que as características atuais de distribuição de campos e florestas na região Sul é resultado das variações climáticas em tempos geológicos recentes e da ocorrência de distúrbios de origem natural e antrópica, como o fogo e a herbivoria (KLEIN, 1984). A presença de diferentes conjuntos florísticos sul-americanos, relacionados a eventos de imigração e especiação durante o Quaternário, também contribuiu para a complexidade da flora sulina (SETUBAL, 2010).

Sob essa ótica, Leite e Klein (1990), dividem a vegetação do estado do Rio Grande do Sul em florestal e não florestal, considerando a vegetação florestal: ombrófila ou estacional. Como vegetação não florestal, os autores consideram todos os demais tipos de vegetação que não alcançaram os níveis de desenvolvimento e organização tidos como em equilíbrio com o clima.

O projeto nacional de classificação da vegetação RADAMBRASIL dividiu os Campos do sul do Brasil, de acordo com Teixeira et al. (1986), em duas grandes regiões fitoecológicas: as savanas e as estepes. Essa classificação foi baseada na fisionomia da vegetação, sendo o termo “estepe”, utilizado para caracterizar campos baixos, com um único estrato, e savanas para descrever campos com dois estratos (BEHLINHG, 2009).

Para Waechter et al. (2002), nos sistemas de classificação vegetacional publicados por pesquisadores vinculados ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os campos sul-brasileiros, foram denominados de savanas e estepes, visando uma concordância com terminologias internacionais.

Nas paisagens sulinas predominam os campos nativos, mas há também a presença de matas ciliares, capões de mata, butiazais, banhados e formações arbustivas. O termo pampa significa paisagem plana e tem sido empregado às extensas planuras cobertas por gramíneas ao sul das encostas e patamares do planalto meridional (LEITE, 2002).

O Bioma Pampa é encontrado no Rio Grande do Sul, ocupando 63% da área do Estado (IBGE, 2004). Caracteriza-se pela grande riqueza de espécies campestres e por várias tipologias campestres, compondo, em algumas regiões, ambientes integrados com vegetação florestal, especialmente nos ambientes ripários.

A região da Serra do Sudeste, também conhecida como Escudo Rio-Grandense, está inclusa dentro dos domínios deste bioma e possui em suas paisagens as formações campestre e florestal. Os campos, prováveis testemunhas da vegetação pretérita do estado, estendem-se largamente, enquanto que as florestas se limitam a permear, por vezes, afluentes hídricos e

povoar partes mais baixas do terreno. O componente florestal está presente em afloramentos rochosos, margens de mananciais hídricos e encostas declivosas (ROVEDDER, 2013).

Em termos de cobertura vegetal campestre, Rambo (1956) comentou não ser possível fazer uma descrição minuciosa de todas as paisagens desta região fisiográfica. A mesma apresenta diferentes tipos de formações fisionômicas como campo limpo, campo sujo e vassourais (CAPORAL; BOLDRINI, 2007).

Em meio a este mosaico florístico, ambientes ripários transcorrem de maneira distinta em área de Bioma Pampa na Serra do Sudeste. Podem ser observadas áreas ripárias recobertas por vegetação florestal e outras por vegetação campestre somente, o qual é o cenário florístico do presente estudo.

## 2.2. FATORES AMBIENTAIS RELACIONADOS À VARIAÇÃO DA VEGETAÇÃO

### 2.2.1 Alterações de solo e vegetação em gradiente topográfico

A distribuição de espécies em grande escala é influenciada por barreiras geográficas, salientando-se a temperatura, as barreiras físicas, a natureza física do substrato ocupado pela biota e as características biológicas do grupo (BOLZON; MARCHIORI, 2002). A recorrência de combinações de espécies está obviamente vinculada ao habitat, e uma alteração deste será refletida no devido tempo pela fitocenose (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974 apud PILLAR et al., 1992).

A estrutura da vegetação campestre do Bioma Pampa é bastante variável, em resposta à sua diversidade de fatores como o clima, o solo e o manejo a que esta vegetação está submetida (Dos SANTOS, 2012). Em uma escala local, é possível observar diferenças na vegetação do pampa ao longo de gradientes topográficos.

A topografia tem sido considerada como a mais importante variável na distribuição espacial, pois influencia nas mudanças das propriedades dos solos, particularmente no regime de água e na fertilidade (RODRIGUES et al., 2007). Os solos desenvolvidos ao longo do relevo apresentam feições distintas, que são resultado da ação conjunta dos processos geomórficos e pedogenéticos, ambos condicionados pela dinâmica das águas superficial e subsuperficial (HUGGETT, 1975).

Variações na declividade têm correspondência com a distribuição de espécies e condições de fertilidade do solo (CARDOSO; SCHIAVINI, 2002). Os mesmos autores

complementam que o relevo em conjunto com outras variáveis atua na distribuição das espécies adaptadas, dando-lhes a oportunidade de predomínio.

Conforme Rodrigues et al. (2007), correlação entre distribuição de espécies arbóreas e variáveis de solos e de topografia, vem sendo sucessivamente demonstrada em numerosos estudos de florestas tropicais, tais como os estudos de Clark (2002), Oliveira Filho et al. (2001); Souza et al.(2003); Carvalho et al.(2005).

Porém, de acordo com Juhász et al. (2006) poucos estudos têm abordado as a dinâmica do meio físico no qual a vegetação local está inserida e pelo qual é diretamente influenciada. Como exemplo pode-se citar a escassez de estudos que contemplam a relação solo-vegetação no contexto de paisagens do Bioma Pampa.

### **2.2.2 Relação solo-vegetação**

A vegetação nativa, espécies ou comunidades são indicadores de condições edáficas (TOLEDO et al., 2009). Fatores geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos são responsáveis por certa uniformidade nos padrões de estrutura e de fisionomia das diferentes paisagens brasileiras (FERNANDES, 1998).

Nesse contexto, a grande biodiversidade dos campos do RS deve-se, em especial, à diversidade de solos procedentes da grande variabilidade geológica, topográfica, pluviométrica, térmica e de disponibilidade hídrica (BOLDRINI et al., 2010). Reforçando esse embasamento, Duarte (2007) afirma que características edáficas e hidrológicas não só se relacionam com a distribuição dos complexos vegetacionais de uma determinada região, como também dentro de uma mesma formação.

A vegetação reflete o efeito de atributos, como textura, profundidade, disponibilidade de nutrientes e outros (TOLEDO et al., 2009). Relações típicas de solo-vegetação ocorrem de acordo com gradientes de recursos, entre os quais se destaca o grau de fertilidade, hidromorfia e profundidade do solo (ROVEDDER, 2013). Ao estudar o solo em condições naturais, tornam-se conhecidas as propriedades edáficas que subsidiam a vegetação original (JUHÁSZ et al., 2006).

Outros atributos do solo influentes sobre a vegetação são citados por Pillar et al. (1995) como textura, conteúdo de matéria orgânica e a cor do solo, os quais afetam a temperatura do solo, a evaporação e indiretamente as condições hídricas para a flora. A condição hídrica do solo é considerada característica importante na definição do tipo de vegetação local (RUGGIERO et al., 2002).

Menção também deve ser feita à importância de estruturas geológicas, bem como de solos incipientes como neossolos, em oportunizar a estabilização de sementes florestais e seu desenvolvimento a partir de condições de maior umidade e menor luminosidade em meio ao campo. Os pequenos núcleos florestais comuns em paisagens do sul do Brasil iniciam em locais rochosos (PILLAR, 2003).

Em meio ao campo, afloramentos rochosos e encostas constituem locais propícios à estabilização de sementes e ao crescimento de espécies florestais. Apesar de serem recentes os estudos, autores como Carlucci et al. (2011) denominam essas estruturas geológicas constituintes dos afloramentos rochosos como “rochas enfermeiras”.

Muitos estudos atuais estão sendo desenvolvidos a fim de correlacionar a vegetação com fatores ambientais. Porém, no Bioma Pampa, as relações entre os solos e a vegetação nativa ainda são pouco conhecidas em suas especificidades, carecendo-se de mais informações científicas (ROVEDDER, 2013).

Estudos detalhados associando espécies vegetais a fatores ambientais são de grande valia para qualquer iniciativa que vise proteger ou restaurar um habitat (OLIVEIRA-FILHO, 1994). O conhecimento da analogia solo-vegetação é essencial ao manejo de áreas naturais e ao entendimento da dispersão de espécies especialistas, que dependem de condições específicas do ambiente para se desenvolverem (REDIN, 2013).

Análises sobre a composição e estruturação do mosaico campo-floresta são essenciais para recuperação, preservação e manejo do bioma, sobretudo para áreas que apresentam problemas com regeneração, devido a peculiaridades naturais, como alagamentos em florestas ribeirinhas ou solos facilmente erodidos encontrados nas encostas (GIEHL et al., 2007). Solos muito arenosos, também podem ser citados neste caso.

O conhecimento da estrutura fitofisionômica e sociológica da comunidade vegetal associada a variáveis ambientais é o ponto de partida para a implementação de projetos de reabilitação de áreas degradadas (REBELO, 2006). Áreas com solos degradados não sustentam a vegetação de maneira adequada, enquanto que, na mesma proporção, a flora danificada não assegura estabilidade e proteção do solo (REDIN, 2013), reafirmando as fortes relações existentes entre a flora e o solo.

As investigações que tratam sobre padrões complexos da relação vegetação – ambiente, conforme Felfili (2007), utilizam procedimentos estatísticos por meio da Análise Multivariada. Nesse caso, aplica-se técnica de ordenação a fim de explorar a relação existente entre variáveis edáficas e a vegetação natural. Estas técnicas permitem uma análise exploratória das relações entre diversos fatores, o que tem demonstrado potencial no estudo

de ambientes altamente heterogêneos (FELFILI, 2007), como comunidades florísticas naturais campestres e florestais, por exemplo.

## 2.3 ESTUDOS SOBRE A DINÂMICA DA VEGETAÇÃO NO TEMPO

### 2.3.1 Isótopos estáveis de carbono do solo em estudos ambientais

Os solos são um importante reservatório de carbono, nos primeiros 100 cm de profundidade, em termos globais estão armazenados entre 1300 e 2000 Pg C, correspondendo ao dobro da concentração de carbono atmosférico (BATJES, 1996). Os solos do Brasil, considerando os primeiros 30 cm de profundidade, armazenam em torno de 36,4 Pg C (DE MELO 2003).

O carbono possui naturalmente dois isótopos estáveis, o  $^{13}\text{C}$  e o  $^{12}\text{C}$ . Conforme Freitas et al. (2002), aproximadamente 98,89% de todo o carbono presente na natureza apresenta-se sob a forma de  $^{12}\text{C}$ , e somente 1,11% na forma de  $^{13}\text{C}$ . A proporção  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  não é idêntica em todos os materiais naturais, em função do chamado ‘fracionamento isotópico’ que ocorre durante processos biológicos, físicos e químicos (FREITAS et al., 2002)

Todas as plantas discriminam contra o  $\text{CO}_2$ , durante a fotossíntese, como resultado das enzimas fixadoras de carbono primário e das limitações para a difusão do  $\text{CO}_2$  na folha, mas a extensão desta discriminação é uma função do tipo de ciclo fotossintético (SAIA, 2006). Devido a esta diferença, temos as plantas pertencentes aos ciclos: C3, C4 e CAM. O uso de  $^{13}\text{C}$  como traçador é possível devido à discriminação diferenciada feita pelas plantas, dependendo do ciclo fotossintético a que pertence (FARQUHAR et al., 1989).

A proporção  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  de um material é calculada e expressa em partes por 1.000‰ em relação a uma proporção-padrão (em geral adota-se a do Pee Dee Belemnita (PDB), molusco fóssil do período Cretáceo encontrado na Carolina do Sul, nos Estados Unidos). Essa relação isotópica é representada pela notação  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ delta carbono 13, em que  $\delta$  é a abundância natural do  $^{13}\text{C}$  nas amostras e solo. (FREITAS et al., 2002).

O carbono é incorporado ao solo a partir da matéria orgânica, respiração das plantas e da atividade microbiana. Seus isótopos, à medida que são incorporados e permanecem no solo, podem ser paleoindicadores, ou seja, guardam os sinais de vegetação passada e suas idades, permitindo inferências climáticas (De AQUINO, 2013, p.83).

Nesse contexto, o Bioma Pampa apresenta diversos tipos de solos com vegetação predominantemente campestre, ocorrem espécies megatérmicas e microtérmicas, com predomínio das primeiras (BURKART, 1975). Há ocorrência de espécies do tipo C4 típicas de clima tropical e de espécies C3 de clima temperado no mesmo bioma. Porém estudos que delimitem sítios específicos para existência de espécies C3 ou C4 ainda são incipientes.

Florestas tropicais em regiões temperadas e em alta altitude são quase exclusivamente compostas por espécies C3, já espécies C4 representam menos de 5% nas florestas, mas são dominantes em ecossistemas quentes (MENDONÇA et al., 2010). Conforme os mesmos autores, gramíneas típicas de savana e a maioria das plantas cultivadas nos trópicos e na zona temperada, como o milho, a cana-de-açúcar e o sorgo, fixam carbono via C4.

Com uso de espectrômetros de massas mais sensíveis, é possível detectar a discriminação dos dois isótopos por meio da mudança de estado físico-químico do carbono (ALVES et al., 2008). O carbono orgânico do solo contém informação referente à presença ou ausência de espécies de plantas com os ciclos fotossintéticos C3 e C4 em comunidades florísticas pretéritas (MENDONÇA et al., 2010). Esse fato permite identificar o perfil da comunidade vegetal no passado, com maior abundância de plantas C3, por exemplo, provavelmente a vegetação era florestal.

Paleovegetações e mudanças climáticas ocorridas durante o Pleistoceno e o Holoceno nas regiões Sudoeste e Centro-Oeste do Brasil foram estudadas por Gouveia et al. (2002) por meio de  $^{13}\text{C}$  e  $^{14}\text{C}$  (datação) no solo e em carvão. Os autores observaram que predominavam plantas C3 do início do Holoceno até 1700 a.C. e detectaram a presença de plantas C4 numa faixa sudoeste, sugerindo que esta área era seca no Holoceno. A mesma mudança climática foi pesquisada no Nordeste brasileiro por Pessenda et al. (2005) usando pólen, carvão e  $^{13}\text{C}$  na área de um lago no estado do Maranhão (MENDONÇA et al., 2010).

Para este estudo, a aplicação da técnica de isótopos de carbono se apresenta como uma ferramenta extremamente útil, pois fornece resultados eficientes que auxiliarão no esclarecimento da composição da vegetação pretérita das áreas em estudo, inseridas nos domínios do Bioma Pampa, em ecótono entre vegetação campestre e florestal.

### **2.3.2 Identificação de mudanças na paisagem a partir de séries temporais**

O objeto de pesquisa em paisagem é o estudo de sua trama espacial e seu papel em relação aos processos ambientais (GULINCK et al., 1993, apud SOARES-FILHO, 2007), posto que as paisagens estão em contínua mutação. A abordagem ecodinâmica da paisagem

permite uma perspectiva evolucionista, baseada na interação entre os elementos bióticos e abióticos juntamente com os aspectos da sociedade (MEZZOMO, 2008).

Quando se considera a dinâmica do uso e/ou cobertura do solo, é comum adotar uma janela temporal que poderá indicar padrões ou tendências das mudanças que ocorrem em determinado espaço de interesse (TESTA, 2012). O estudo da paisagem possibilita compreender sua dinâmica, considerando principalmente a influência antrópica (MEZZOMO, 2008).

O registro frequente de imagens por sensores orbitais cobrindo grandes áreas da superfície terrestre permite a construção e a análise de séries temporais de dados de vegetação (KUPLICH et al., 2013). Conforme o mesmo autor, há diversas ferramentas para análise de séries temporais de dados de vegetação, incluindo abordagens estatísticas como componentes principais e espectrais.

Se considerada uma série temporal distinta, definida por duas imagens, *tempo 1* – inicial e *tempo 2* – final, tomadas de uma mesma paisagem, pode-se observar, por meio de tais recursos, o estado de cada elemento (classe de uso/cobertura) de interesse (BENEDETTI, 2010). Conforme o mesmo autor, o mapeamento temático vinculado à série temporal permite quantificar as classes temáticas de interesse nos diferentes períodos, tornando possível uma análise preliminar sobre a evolução da paisagem.

Conforme Júnior et al. (2005), trabalhos que abordam análise multitemporal, cada vez mais se intensificam. Exemplos de trabalhos realizados neste contexto são: Alencar et al. (1996); Watrin et al. (1998); Blanco (2004); Gomes e Ponzoni (2005); Duarte e Brito (2005), Kleinpaul et al. (2005) e Benedetti et al. (2011).

O uso de técnicas de Sensoriamento Remoto no mapeamento propicia a realização de um inventário sistemático da superfície da terra, permitindo a categorização dos diferentes usos em classes (SABINS, 1999). Quando esse mapeamento for associado aos SIG, possibilita o conhecimento da evolução da dinâmica espacial do uso da terra, com a produção de séries temporais de mapas para uma mesma área ou paisagem (BENEDETTI, 2010).

A paisagem deve ser considerada como uma realidade ecológica, mas também como um produto social (MEZZOMO, 2008). No Bioma Pampa, composto por áreas de mosaico campo-floresta e cenário propício para atividades agrosilvipastoris, é fundamental que sejam realizados estudos sobre a ocupação da paisagem. As análises são parte importante para o desenvolvimento de cenários futuros que visem à sustentabilidade da vegetação nativa.

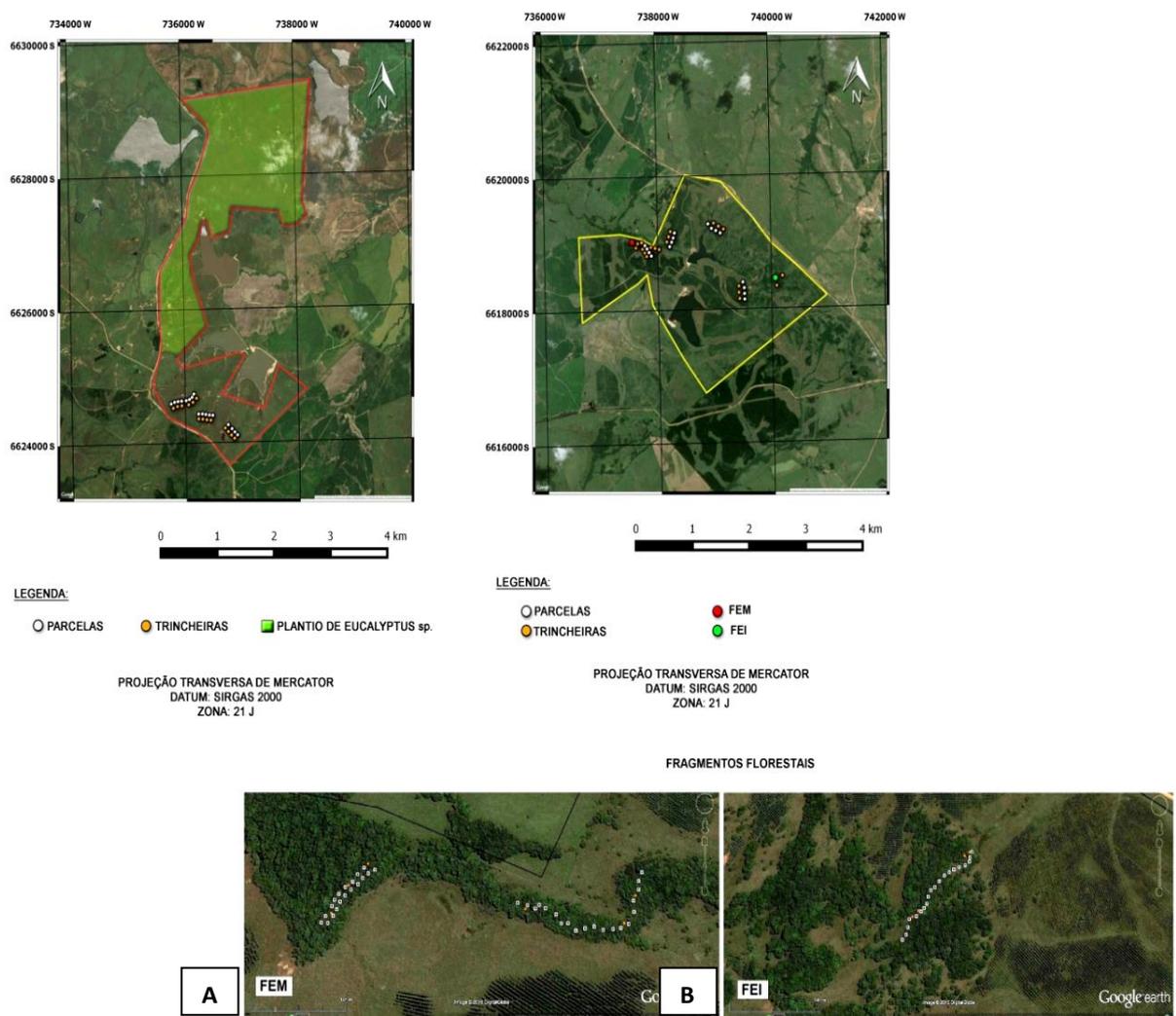


### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em áreas pertencentes ao município de São Gabriel, no estado do Rio Grande do Sul. As áreas em questão são dois hortos florestais destinados ao cultivo de *Eucalyptus* sp, ambos pertencem à empresa Celulose Riograndense CMPC (Figura 1). O antigo uso das áreas era a atividade pecuária.

Figura 1 – Localização dos hortos florestais, trincheiras e unidades amostrais instaladas em vegetação campestre. 1A – Trincheiras e unidades amostrais instaladas em Fragmento florestal I). 1B – Trincheiras e unidades amostrais instaladas em Fragmento florestal II



Fonte: ANDRIOLLO, D.D. (2015).

As áreas de estudo estão inseridas na região fisiográfica da Serra do Sudeste, a qual ocupa uma área no estado de aproximadamente 44000 km<sup>2</sup> com altitudes variando entre 200 e 500 metros. Apresenta relevo com grandes diferenças topográficas e ambientes fisionomicamente distintos (CAPORAL; BOLDRINI, 2007).

Pertence à província da Mantiqueira, mais precisamente no compartimento São Gabriel composto por associações petrotectônicas aflorantes no extremo ocidental do Escudo sul-rio-grandense (PORTO, 2002). Conforme a mesma autora, as rochas do bloco em questão encontram-se circundadas, junto a seus limites sul, oeste e norte, por rochas sedimentares da Bacia do Paraná e, a leste, recobertas pelos vulcanitos e rochas sedimentares. De acordo com Streck et al. (2008), os solos da região são classificados predominantemente como Planossolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo.

O clima, segundo a classificação de Köppen, pertence à variedade Cfa, tendo suas condições climáticas determinadas pela latitude e continentalidade, no verão as temperaturas são elevadas e no inverno baixas e muitas vezes acentuadas por ventos fortes (PORTO, 2002).

As temperaturas médias no inverno são inferiores a 15° C e perduram por mais de 3 meses seguidos (LEITE, 2002). Em geral, as precipitações são bem distribuídas durante o ano, apesar de apresentar maior concentração das chuvas nos meses de inverno, fato gera muitas vezes a ocorrência de períodos secos quando há a prolongação do verão.

As áreas de estudo estão dentro dos domínios da região fitoecológica da Estepe Estacional, a qual se estende na porção sul do Rio Grande do Sul, incluindo os pampas ondulados, a depressão central gaúcha e grande parte da campanha e do escudo (LEITE, 2002).

São identificadas principalmente duas formações fisionômicas distintas: campos e florestas. Destacam-se nas paisagens as matas de galeria margeando afluentes hídricos e pequenos fragmentos florestais em meio ao campo, compostos geralmente por espécies arbóreas pioneiras.

Anteriormente aos plantios de *Eucalyptus* sp., inseridos no Horto Florestal Cerro do Batovi em 2011 e 2012 e no Horto Florestal Santa Olga em 2008, a atividade predominante nas áreas era a pecuária extensiva em campo nativo. O levantamento de recursos naturais do projeto Radambrasil (IBGE, 1975) mostra o uso da terra dos locais em estudo na década de 1970. Com base nesse levantamento, acredita-se que, nos últimos 30 a 40 anos, o uso do solo foi com pecuária.

O Horto Florestal Cerro do Batovi II (HFCB) estava sem a influência do pastejo há aproximadamente dois anos e seis meses, enquanto que o Horto Florestal Santa Olga (HFSO)

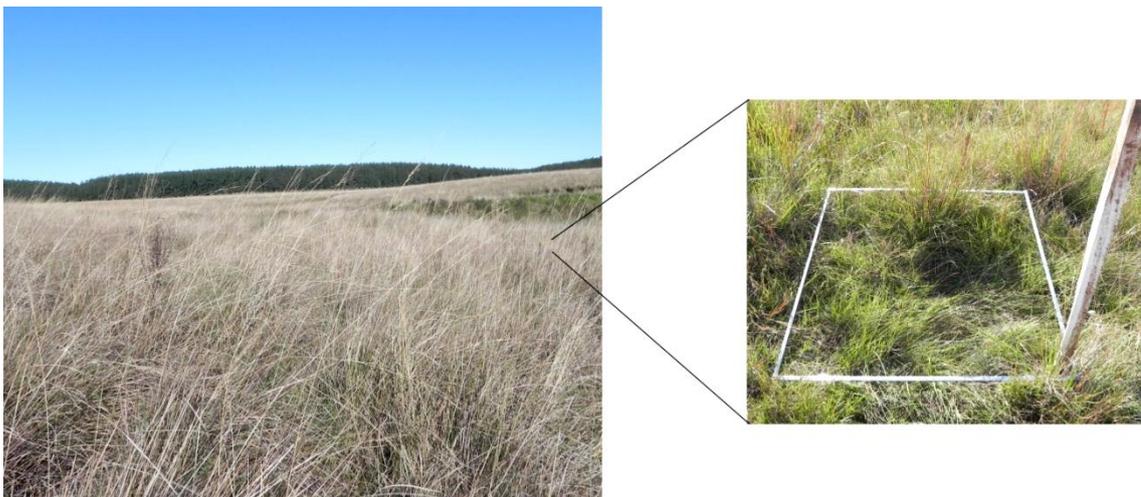
foi excluído do pastejo há seis anos. Durante a atividade pastoril nas áreas de estudo, não foram cercadas as Áreas de Preservação Permanente (APPs), o gado tinha livre acesso às matas nativas.

### 3.1.1 Horto Florestal Cerro do Batovi

O Horto florestal Cerro do Batovi II (HFCB) possui área utilizada para cultivo de *Eucalyptus* sp.. Em área de Reserva Legal (RL) e área de Preservação Permanente (APP), a vegetação natural corresponde à vegetação campestre (Figura 2). Em áreas mais úmidas na baixada do relevo, propícias a abrigar vegetação florestal, também ocorrem vegetação campestre.

A alocação das unidades amostrais para avaliação da vegetação e a abertura de trincheiras realizadas para descrição e coleta de amostras de solo foram feitas em área de RL e APP, devido à preservação da vegetação natural. As unidades amostrais distam aproximadamente entre 20 m e 380 m dos povoamentos florestais. .

Figura 2 – Aspecto geral da vegetação natural do HFCB: Vegetação campestre, em detalhe espécies representantes da família Poaceae, as quais apresentaram alta densidade no estrato herbáceo. São Gabriel, RS, 2017.



Fonte: A autora (2017).

### 3.1.2 Horto Florestal Santa Olga

O Horto Florestal Santa Olga (HFSO) possui área utilizada para cultivo de *Eucalyptus* sp.. Em área de Reserva Legal (RL) e área de Preservação Permanente (APP), a vegetação natural (Figura 3) corresponde à vegetação campestre com alta frequência de espécies campestres cespitosas e fragmentos florestais.

Ambos os fragmentos florestais avaliados podem ser observados na carta confeccionada pelo exército brasileiro e impressa em 1979 (Figura 4). A legenda sugere que o fragmento I apresentava maior densidade de indivíduos, característica ainda hoje observada.

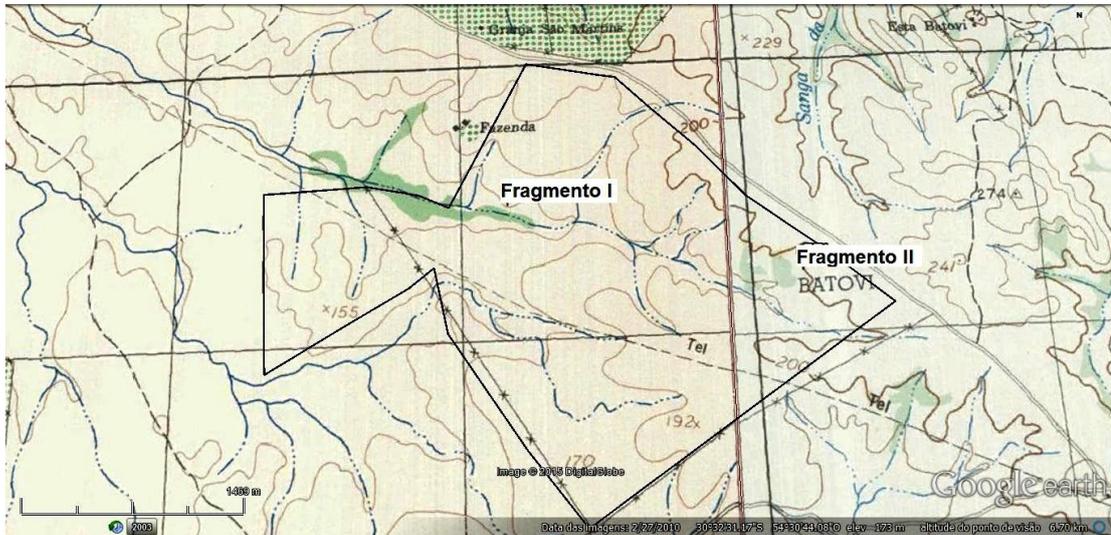
A alocação das unidades amostrais para avaliação da vegetação e a abertura de trincheiras realizadas para descrição e coleta de amostras de solo foram feitas em área de RL e APP, devido à preservação da vegetação natural. Os fragmentos florestais distam em média dos povoamentos 80 m e 222 m, respectivamente fragmento I (FFI) e fragmento II (FFII). As unidades amostrais instaladas em campo nativo distam em média 20 m dos povoamentos florestais.

Figura 3 – Aspecto geral da vegetação natural do HFSO: 3A - Vegetação campestre com espécies campestres cespitosas. 3B - Fragmento florestal composto por floresta em estágio médio de regeneração natural, em detalhe aspecto interno do fragmento florestal. São Gabriel, RS, 2017.



Fonte: A autora (2017).

Figura 4 – Fragmentos florestais (Fragmento florestal I - FFI e Fragmento florestal II - FFII) no HFSO em imagem de carta georreferenciada do exército, impressa em 1979.



Fonte: Imagem do Google Earth de 2/27/2010.

## 3.2 PROCEDIMENTO AMOSTRAL PARA COLETAS DE DADOS DE VEGETAÇÃO E SOLO

### 3.2.1 Amostragem de vegetação florestal e campestre

Em área de vegetação florestal foram instaladas ao todo 60 unidades amostrais, com área igual a 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m), para coleta de dados referentes à vegetação arbórea. A primeira unidade amostral de cada fragmento foi demarcada aleatoriamente e as demais foram pré-determinadas, caracterizando a amostragem sistemática da vegetação. A fim de evitar o efeito de borda, foram deixados 5 m da borda dos fragmentos, as unidades amostrais foram instaladas próximas à calha do rio.

Todos os indivíduos com medida de circunferência à altura do peito (CAP)  $\geq 15,7$  cm foram considerados integrantes do estrato arbóreo. Destes, foram coletados dados referentes ao CAP, variável medida com fita métrica e à altura total, medida visualmente tendo como base uma vara graduada de 10 m de comprimento.

Para levantamento de dados da regeneração natural arbórea, foram instaladas 60 subunidades amostrais de 4 m<sup>2</sup> (2 x 2 m) no canto direito de cada unidade amostral. De todos os indivíduos regenerantes pertencentes às espécies arbóreas, com altura inferior a 3m, foram coletados dados referentes à altura total, medida com fita métrica, e diâmetro ao nível do solo

(DNS), medido com paquímetro eletrônico. Dos indivíduos com altura total superior a 3 m e CAP < 15,7 cm, foram coletados dados referentes ao CAP, medido com fita métrica, e altura total, medida visualmente tendo como base uma vara graduada de 10 m de comprimento.

No fragmento florestal composto por floresta em estágio médio de regeneração natural, foram instaladas 40 unidades amostrais, enquanto que no fragmento composto por floresta em estágio inicial de regeneração natural foram instaladas 20 unidades amostrais (Figura 2). Ambos os fragmentos encontram-se em área referente ao HFSO.

O inventário florestal foi realizado nos meses de fevereiro, março e abril de 2014. Todas as espécies, pertencentes ao estrato arbóreo ou ao estrato regenerante, foram identificadas *in locu* por especialistas na área de dendrologia florestal, seguindo a classificação do APG IV (2016).

Para avaliação do componente herbáceo-arbustivo em área com vegetação campestre, foram instaladas 35 unidades amostrais, distantes aproximadamente 50 m ao longo de oito topossequências, distribuídas em topo, meia encosta e base do relevo. No HFCB, foram instaladas 17 unidades amostrais e no HFSO foram instaladas 18 unidades amostrais (Figura 5)

A descrição da vegetação campestre foi feita com base no levantamento de espécies de vegetais vasculares. Todas as espécies presentes em cada unidade amostral de 1 m<sup>2</sup> foram anotadas, procurando-se identificá-las até o nível de espécie (Figura 5). As espécies não identificadas localmente foram coletadas e herborizadas para posterior identificação, com auxílio de bibliografia e consultas a especialistas. Para complementar a lista de florística, coletaram-se materiais férteis e vegetativos fora das unidades amostrais.

Para a estimativa de cobertura de cada espécie na unidade amostral, foi utilizada a escala de Braun-Blanquet (1979), modificada para os intervalos: “0,1” = cobertura até 1% da área da unidade amostral; “0,5” = cobertura entre 1,1 e 5%; “1” = cobertura entre 5,1 e 10%; “2” = cobertura entre 10,1 e 20%; “3” = cobertura entre 20,1 e 30%; “4” = cobertura entre 30,1 e 40%; “5” = 38; cobertura entre 40,1-50%; “6” = cobertura entre 50,1 e 60%; “7” = cobertura entre 60,1 e 70%; “8” = cobertura entre 70,1 e 80%; “9” = cobertura entre 80,1 e 90%; “10” = cobertura entre 90,1 e 100%.

O levantamento da vegetação campestre foi realizado durante os meses de fevereiro, março e maio de 2014 e, posteriormente, em setembro do mesmo ano realizou-se uma segunda avaliação nas mesmas unidades amostrais, anotando-se apenas as espécies novas encontradas.

Figura 5 – Unidades amostrais de 1 m<sup>2</sup> para descrição da vegetação campestre (5A e 5B). Coleta de dados referentes à vegetação campestre (5C). Coleta de exemplar pertencente à espécie não identificada a campo para posterior herborização (5D).



Fonte: A autora (2017).

### 3.2.2 Localização dos perfis e abertura de trincheiras

As coletas de solo em áreas de vegetação campestre e florestal foram realizadas em trincheiras com profundidade aproximada de 1,5 m, dispostas em locais do terreno onde se constatou mudança de classe de solo a partir de avaliação prévia realizada por tradagem. A abertura de trincheiras foi feita com retroescavadeira e pá, e as coletas de amostras de solo foram realizadas após a descrição e classificação do solo por pedólogo.

Foram abertas trincheiras ao longo do gradiente de relevo (topo, meia encosta e base), a fim de caracterizar as classes de solo e posteriormente realizar as coletas para análises químicas, físico-hídricas do solo e de  $\delta^{13}\text{C}(\%)$ . Vale destacar que os pontos mais baixos das topossequências (bases) sempre de encontro aos afluentes hídricos. No HFCB, foram abertas 12 trincheiras em área de vegetação campestre e no HFSO foram abertas 16 trincheiras, 12 em

área de vegetação campestre e 4 trincheiras em área de vegetação florestal. A localização das trincheiras está demonstrada na Figura 5.

### 3.3 PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS, ESTRUTURAIS E ESFORÇO AMOSTRAL

A composição florística foi quantificada de acordo com cada espécie, gênero e família botânica, cujos dados foram organizados em planilhas específicas, utilizando o *software* Microsoft Office Excel 2007. As estimativas de diversidade e equabilidade de espécies foram determinadas por meio de índices fitossociológicos, calculados no *software* FITOPAC 2.1.

Para determinação da diversidade específica e equabilidade de espécies, foram utilizados os seguintes índices: índice de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) e índice de Equabilidade de Pielou (J), e para a verificação da similaridade florística entre os dois fragmentos florestais, calculou-se o índice de Similaridade de Sorensen (Tabela 1).

Tabela 1 – Fórmulas utilizadas para provimento dos cálculos dos índices fitossociológicos de diversidade de Shannon, equabilidade de Pielou e Similaridade de Sorensen.

Índice	Abreviação	Fórmula	Escala
Índice de Diversidade de Shannon	$H'$	$H' = \sum p_i \cdot \ln p_i$	1,5 – 4,5
Índice de Equabilidade de Pielou	J	$J = H' / \ln S$	0 - 1
Índice de Similaridade de Sorensen	CS	$CS = (2.a) / 2.a + b + c$	0 - 1

Os parâmetros da estrutura horizontal foram calculados por meio de estimativas de densidade, frequência, dominância, valor de importância, valor de cobertura, porcentagem de importância e porcentagem de cobertura de cada espécie amostrada. Os parâmetros fitossociológicos foram calculados separadamente para cada fragmento florestal e separadamente para estratos regenerante e arbóreo, com o auxílio do *software* FITOPAC 2.1 obtendo-se os valores absolutos e relativos de densidade, frequência e dominância, bem como resultados de índice de valor de cobertura e índice de valor de importância (Tabela 2).

Para o componente arbóreo foram calculadas estrutura diamétrica e estrutura hipsométrica separadamente para FFI e FFII. Para tal procedimento utilizou-se o quociente 'q' de Liocourt para avaliar (Liocourt, 1898, apud MEYER, 1952). O número de classes de

diâmetro foi calculado de acordo com Spiegel (1976), para minimizar o número de classes sem representação.

A suficiência amostral foi testada por meio da curva de acumulação de espécies a partir do plano de reamostragem de Bootstrap. Compõe a análise um número de 1000 aleatorizações. A análise foi realizada por meio do *software* R Development Core Team (2012), sendo utilizado o pacote estatístico Vegan (OKSANEN et al., 2011) para obtenção dos gráficos.

Tabela 2 – Fórmulas utilizadas para provimento dos cálculos de parâmetros fitossociológicos pertencentes à Análise de Estrutura Horizontal.

Parâmetro	Abreviação	Fórmula	Unidade
Densidade absoluta	DA	$ni \cdot ha^{-1}$	n/ha
Densidade relativa	DR	$DA/N \cdot ha^{-1} \times 100$	%
Dominância absoluta	DoA	$g_i \cdot ha^{-1}$	m <sup>2</sup> /ha
Dominância relativa	DoR	$(DoA/G \cdot ha^{-1}) \times 100$	%
Frequência absoluta	FA	% unidade amostrais com registro da espécie	%
Frequência relativa	FR	$(FA/\sum FA) \times 100$	%
Valor de Importância	IVI	DR + DoR + FR	%
Índice de Valor de cobertura	IVC	DR+DoR	%

Em que:  $ni$  = número total de indivíduos amostrados de cada espécie;  $N$  = número total de indivíduos amostrados;  $g_i$  = área basal de cada espécie;  $G$  = área basal total das espécies encontradas por unidade de área.

### 3.4 CLASSIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DO SOLO

Os solos e os horizontes dos perfis avaliados foram inicialmente classificados no campo por especialista na área de Morfologia do Solo (Figura 6), de acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2006) Levou-se em consideração atributos como cor do solo, profundidade do perfil, espessura e identificação dos horizontes, presença de horizonte diagnóstico, transição entre os horizontes, textura, estrutura, consistência, cerosidade, porosidade, distribuição de raízes e posição no relevo.

Os perfis foram descritos e coletados, conforme procedimento indicado por Santos et al. (2005). A cor dos horizontes foi classificada de acordo com a Carta de Cores de Munsell. Após classificação visual dos solos, foram realizadas coletas com estrutura não preservada para análises químicas complementares de cada horizonte do perfil a ser descrito. As coletas foram realizadas em oito das 12 trincheiras abertas no HFCB e em 12 das 16 trincheiras no

HFSO, contemplando todas as diferentes classes de solo identificadas. As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997) no Laboratório de Análises de solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Figura 6 – Classificação morfológica a campo dos perfis de solos avaliados, de acordo com SiBCS em São Gabriel, RS.



Fonte: A autora (2017).

Na Tabela 3 estão discriminadas as classes de solo encontradas para cada área de estudo e suas respectivas siglas utilizadas na redação do texto. Ocorreram oito classes de solo no HFCB, no HFSO ocorreram dez classes em área de campo e três classes em área florestal.

Tabela 3 – Classificação (versão SiBCS e versão WRB/FAO) e respectivas posições no relevo dos perfis avaliados em áreas de vegetação campestre e florestal no HFCB e no HFSO, São Gabriel, RS.

Perf	Versão SiBCS	Versão WRB/FAO	Sigla	Posição no relevo
<b>HFCB (campo)</b>				
S11	Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico endorredóxico	Alumic Chromic Alisol	(PVAal) *	Topo (167m)
S12	Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico	Siltic Leptic Cambisol	(CXve) *	Meia encosta
S13	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico plintossólico	Siltic Chromic Luvisol	(PVAe) *	Meia encosta (terço inferior) (165m)
S21	Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico endorredóxico	Alumic Chromic Acrisol	(PVAa) *	Topo (169m)
S22	Plintossolo Argilúvico Eutrófico típico	Eutric Haplic Plinthosol	(FTe)t *	Meia encosta (165m)
S23	Plintossolo Argilúvico Eutrófico típico	Eutric Haplic Plinthosol	(FTe)t	Baixada (164m)
S31	Cambissolo Húmico Eutrófico saprolítico	Humic Eutric Cambisol	(CHE) *	Meia encosta (terço superior) (168m)
S32	Cambissolo Húmico Eutrófico saprolítico	Humic Eutric Cambisol	(CHE)	Meia encosta (165m)
S33	Plintossolo Argilúvico Eutrófico típico	Eutric Haplic Plinthosol	(FTe)t	Baixada (162m)
S41	Plintossolo Argilúvico Eutrófico abrupto	Abruptic Haplic Plinthosol	(FTe)a *	Meia encosta (terço superior) (173m)
S42	Plintossolo Argilúvico Eutrófico abrupto	Abruptic Haplic Plinthosol	(FTe)a	Meia encosta (168m)
S43	Plintossolo Argilúvico Eutrófico abrupto/gleissólico	Abruptic Haplic Plinthosol	(FTe)g *	Baixada (163m)
<b>HFSO (campo)</b>				
S51	Argissolo Amarelo Eutrófico plintossólico	Epidystric Lixisol	Plinthic (PAe) *	Topo (186m)
S52	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	Arenic Leptic Regosol	(RRe) *	Meia encosta (184m)
S53	Gleissolo Háptico Tb Eutrófico típico	Arenic Eutric Gleysol	(GXbe) *	Baixada (178m)
S61	Plintossolo Argilúvico Distrófico gleissólico	Dystric Haplic Plinthosol	(FTd)	Meia encosta (terço superior) (166m)
S62	Plintossolo Argilúvico Distrófico gleissólico	Dystric Haplic Plinthosol	(FTd)	Meia encosta (terço inferior) (162m)
S63	Planossolo Háptico Carbonático vertissólico	Vertic Calcaric Planosol	(SXX) *	Baixada (151m)
S71	Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Eutrófico léptico	Leptic Luvisol	(PAve) *	Topo (166m)
S72	Chernossolo Argilúvico Órtico endorredóxico	Calcic Chernozem	(MTo) *	Meia encosta (162m)
S73	Gleissolo Melânico Ta Eutrófico vertissólico	Vertic Eutric Gleysol	(GMve) *	Baixada (155m)
S81	Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico endorredóxico	Alumic Chromic Alisol	(PVAal)	Meia encosta (terço superior) (181m)
S82	Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Eutrófico nitossólico	Nitic Haplic Luvisol	(PVAve) *	Meia encosta (177m)
S83	Chernossolo Argilúvico Órtico saprolítico	Calcic Chernozem	(MTo) *	Baixada (169m)
<b>HFSO (fragmentos florestais)</b>				
SF1	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico típico	Eutric Gleysol	(GXve) *	Baixada (152m)
SF3	Vertissolo Ebânico Órtico chernossólico	Chernic Vertisol	Calcic (VEo) *	Baixada (183m)
SF2	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	Arenic Leptic Regosol	(RRe) *	Meia encosta (188m) Topo (193m)

Perfis onde foram feitas as coletas de solo (\*)

Classificação taxonômica do solo realizada pelo professor Alberto Vasconcelos Inda Jr.

### 3.5 PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO

As coletas das amostras com estrutura preservada também foram feitas em oito das 12 trincheiras abertas no HFCB e em 12 das 16 trincheiras no HFSO. Todas as coletas foram realizadas no centro de cada horizonte do perfil com três repetições cada (Figura 7). As amostras serviram para a determinação da densidade do solo, porosidade total, macro e micro porosidade, condutividade hidráulica em solo saturado ( $K_s$ ) e conteúdo volumétrico de água no ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ), capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ) e conteúdo de água disponível no solo ( $\theta_{AD}$ ).

Figura 7 – 7A - Realização de coleta de amostras preservadas e não preservadas de solo em trincheira; 7B - Coletas de solo embaladas e identificadas para posterior armazenamento e transporte em São Gabriel, RS.



Fonte: A autora (2017).

#### 3.5.1 Porosidade e Densidade do solo

As amostras com estrutura preservada foram coletadas em cilindros metálicos, após coletadas, as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos e transportadas até o Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria. No laboratório, as

amostras foram preparadas retirando-se cuidadosamente o excesso de solo das faces superior e inferior.

Após a completa saturação, as amostras foram submetidas às tensões de -1, -6 e -10 kPa em coluna de areia (REINERT; REICHERT, 2006). A porosidade total foi determinada pela equação 1 Considerou-se como microporosidade o conteúdo gravimétrico de água retido pelo solo à tensão de -6 kPa. A macroporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade

$$f = \left( 1 - \frac{D_s}{D_p} \right) \quad (1)$$

Em que:  $f$  é a porosidade total ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $D_s$  é a densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ );  $D_p$  é a densidade de partículas ( $\text{g cm}^{-3}$ ).

Posteriormente as amostras foram mantidas em estufa a  $105^\circ \text{C}$  até atingirem peso constante (EMBRAPA, 1997). Todos os anéis que continham as amostras foram pesados e medidos. O peso do solo seco em estufa dividido pelo volume do cilindro determina a densidade do solo ( $D_s$ ).

### 3.5.2 Análise granulométrica do solo

O método empregado para esse procedimento foi o Método da Pipeta, utilizando solução de NaOH 0,1N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de baixa rotação por 12 h, seguindo o método proposto pela EMBRAPA (1997). As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O teor de areia total foi composto pela soma dos teores de areia muito grossa (2 – 1 mm), areia grossa (1 – 0,5 mm), areia média (0,5 – 0,25 mm), areia fina (0,25 – 0,105 mm) e areia muito fina (0,125 – 0,05 mm). Esse método baseia-se na dispersão da amostra com solução de NaOH  $1 \text{ mol L}^{-1}$ , separação da fração areia por tamisamento em solo úmido e da argila pela velocidade de sedimentação, considerando-se a lei de Stokes, procedimento também utilizado por Vogelmann (2011).

O silte foi determinado pela diferença das massas de areia e argila do total. A dispersão das amostras de solo foi realizada por meio de agitação horizontal com 120 rpm durante 4 h, utilizando vidros de 100 ml contendo 20 g de solo, 60 ml de NaOH 1%

(dispersante químico), 50 ml de água destilada e duas esferas de nylon. (EMBRAPA, 1997). A fração areia, após secagem em estufa à 100°C e pesagem em balança de precisão, foi subdividida nas frações, areia grossa (Ag) e areia fina (Af), utilizando-se para isso, peneira com malha especial de 2,50 mm.

### **3.5.3 Conteúdo volumétrico de água no ponto de murcha permanente, capacidade de campo e conteúdo de água disponível no solo.**

Amostras com estrutura preservada foram inicialmente saturadas por ascensão capilar. Ato contínuo, as amostras foram pesadas e então levadas à coluna de areia (REINERT; REICHERT, 2006), onde foram submetidas a potenciais de -0,001, -0,006 e -0,01 MPa, e depois ao potencial de -1,0 MPa em câmaras de pressão de Richards (KLUTE, 1986). Após a aplicação de cada potencial, as amostras foram pesadas. Amostras com estrutura não preservada foram submetidas ao potencial de -1,5 MPa em potenciômetro de ponto de orvalho (Dewpoint Potentiometer Meter) – WP4.

O CAD no solo foi calculado pela subtração da umidade volumétrica do solo em CC, obtido na tensão de -0,01 MPa, pela umidade volumétrica PMP, obtido na tensão de -1,5 MPa, de acordo com Moniz (1972).

### **3.5.4 Condutividade hidráulica em solo saturado (Ks)**

Para realização da análise, as amostras foram saturadas por capilaridade durante 48 horas e posteriormente submetidas ao teste de condutividade hidráulica constante com uso de Permeâmetro de carga constante, conforme descrito por Libardi (2005). Todas as amostras foram vedadas com tecido permeável à água na parte inferior. A análise foi realizada no Laboratório de Física do Solo da UFSM.

Para provimento dos resultados aplicou-se a equação 2:

$$K_s = \frac{(Q \cdot L)}{(A \cdot H \cdot t)} \quad (2)$$

Em que: Ks = condutividade hidráulica em cm h<sup>-1</sup>; Q = volume do percolado em ml; L = altura do bloco do solo em cm; H = altura do bloco do solo e da coluna em cm; A = área do cilindro em cm<sup>2</sup>; t = tempo em horas.

### 3.6 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Para cada horizonte integrante dos perfis de solo avaliados, foram feitas análises químicas de rotina de acordo com a metodologia preconizada por EMBRAPA (1997). Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados por espectroscopia de absorção atômica após extração com  $\text{KCl}$   $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ . O  $\text{K}^{+}$  e o  $\text{Na}^{+}$  trocável foram extraídos com solução de  $\text{HCl}$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  e seu teor determinado por fotometria de chama. A acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}^{3+}$ ) foi determinada em extrato de  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$   $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 7,0 e titulado com  $\text{NaOH}$   $0,0606 \text{ mol L}^{-1}$ . O  $\text{Al}^{3+}$  trocável foi extraído com solução de  $\text{KCl}$   $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  e titulado com  $\text{NaOH}$   $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ . O pH foi determinado em extrato de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada e  $\text{KCl}$  na proporção 1:2,5.

A determinação do carbono orgânico se deu pelo método Walkley-Black modificado (EMBRAPA, 1997), onde a matéria orgânica é oxidada com solução de dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )  $1 \text{ mol L}^{-1}$  em presença de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado. O excesso de dicromato é titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal ( $\text{FeSO}_4[\text{NH}_4]_2$ )  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ .

A partir dos dados analíticos foi possível calcular a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+} + \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ ), a saturação por bases ( $\text{S.100/CTCpH7}$ ) e a relação silte/argila.

### 3.7 QUANTIFICAÇÃO DE $^{13}\text{C}$ EM MATERIAL VEGETAL DA FLORA CAMPESTRE

As amostras de vegetação campestre foram realizadas em topo, meia encosta e baixada do relevo nos oito transectos (HFCB e HFSO). A vegetação foi coletada com auxílio de um podão, numa área de  $1\text{m}^2$ . Após a coleta, o material foi totalmente seco em estufa a  $40^\circ\text{C}$ , macerado em moedor de bolas e reservado em tubos de Eppendorf.

As análises isotópicas de carbono em vegetação campestre, foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do solo vinculado à Universidade Federal de Santa Maria. A concentração de C% e a concentração isotópica  $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$  foram determinadas no autoanalisador modelo Flash 1112 Advantage acoplado ao Delta V Advantage Isotope Ratio Mass, ambos da Thermo Scientific.

Os resultados da análise isotópica são expressos em unidade de  $\delta$  (‰), determinada em relação ao padrão internacional Pee De Belemnite (PDB) (FAURE; MENSING 2005). Referem-se à média de duas determinações, com precisão de  $\pm 0,2\text{‰}$ . A medida relativa,

adimensional, é expressa na terminologia delta ( $\delta$ ), que compara o valor da razão de isótopos da amostra em relação a um padrão internacional pré-estabelecido, através da equação 3:

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = \left( \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{PDB}}}{R_{\text{PDB}}} \right) \times 10^3 \text{‰} \quad (3)$$

Em que:  $R_{\text{amostra}}$  = razão isotópica de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ;  $R_{\text{PDB}}$  = Relação do padrão internacional PDB.

### 3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada preliminarmente com o objetivo de selecionar as variáveis com maiores coeficientes de correlação. Após, essas variáveis foram empregadas na Análise de Correspondência Canônica (CCA), a fim de analisar as correlações existentes entre gradiente ambiental e florístico em área de ecótono campo-floresta. As análises foram efetuadas separadamente para flora campestre, vegetação arbórea e vegetação regenerante de fragmentos florestais.

Para a primeira análise (PCAarb) foram utilizados dados referentes à abundância de indivíduos das espécies florestais arbóreas e variáveis físico-hídricas, morfológicas, químicas e de granulometria do solo coletadas em 60 unidades amostrais.

No total foram testadas 22 espécies não raras (com mais de 5 representantes) e 29 variáveis. Os dados referentes às variáveis de solo sofreram transformação logarítmica (Felfili et al., 2013) e como medida de similaridade entre variáveis, utilizou-se a correlação. As variáveis inclusas no diagrama de ordenação apresentaram coeficiente de correlação  $\geq 0.5$  (espécies florestais)  $\geq 0.3$  (variáveis de solo) com um dos dois principais componentes.

Para a segunda análise (PCAreg) foram utilizados dados referentes à abundância de indivíduos das espécies florestais regenerantes e variáveis físico-hídricas, morfológicas, químicas e de granulometria do solo coletadas em 60 unidades amostrais.

No total foram testadas 26 espécies não raras (com mais de 5 representantes) e 29 variáveis. Os dados referentes às variáveis de solo sofreram transformação logarítmica e como medida de similaridade entre variáveis, utilizou-se a correlação. As variáveis inclusas no diagrama de ordenação apresentaram coeficiente de correlação  $\geq 0.5$  (espécies florestais e variáveis de solo) com um dos dois principais componentes.

Para a terceira análise (PCAcampo) foram incluídos os dados de porcentagem de cobertura de espécies campestre e variáveis físico-hídricas, químicas e granulometria do solo em 35 unidades amostrais. Foram testadas 32 espécies não raras (ocorrentes em mais de cinco unidades amostrais) e 29 variáveis.

Os dados referentes às variáveis de solo sofreram transformação logarítmica e como medida de similaridade entre variáveis, utilizou-se a correlação. As variáveis inclusas no diagrama de ordenação apresentaram coeficiente de correlação  $\geq 0.5$  (espécies campestres)  $\geq 0.3$  (variáveis de solo) com um dos dois principais componentes. Para realização das análises PCA foram utilizados o *software* Multiv versão 2.4 Pillar (2006) e Excel 2007 para confecção dos gráficos.

Posteriormente realizou-se Análise de Correlação Canônica (CCA) para cada conjunto de variáveis e espécies selecionadas previamente pelas análises PCA, denominadas da seguinte forma: CCAarb, CCAreg e CCAcampo. Foram excluídas das análises unidades amostrais que não apresentaram nenhuma das espécies selecionadas. Foi utilizado o teste de permutação de Monte Carlo com 9999 permutações e  $P < 0,001$ , para verificar a significância dos primeiros eixos da CCA (ter BRAAK; ŠMILAUER, 2002). As análises foram realizadas no *software* R Development Core Team (2012) e os gráficos confeccionados no Excel 2007.

### 3.9 ANÁLISES DE SÉRIE TEMPORAL E CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS

A análise evolutiva foi realizada para o período de 2000 a 2015, considerando um intervalo de cinco anos entre as observações. Utilizaram-se imagens de média resolução espacial dos sensores TM/Landsat 5 e OLI/Landsat 8. As imagens TM/Landsat 5 foram utilizadas para o mapeamento do uso e cobertura da terra para os anos 2000, 2005 e 2010, enquanto imagens OLI/Landsat 8 foram base para o mapeamento do ano de 2015.

A classificação digital supervisionada foi executada pelo algoritmo classificador *Bhattacharya*, com limiar de aceitação de 99%, com o intuito de verificar o avanço ou retrocesso florestal nas áreas de estudo. Foram identificadas e mapeadas áreas cobertas por floresta, campo nativo e demais usos do solo (os quais não são objeto de estudo).

As imagens TM/Landsat 5 foram segmentadas com os parâmetros de similaridade e área de 8 e 5, respectivamente, enquanto a segmentação das imagens OLI/Landsat 8 seguiu os parâmetros de similaridade e área de 200 e 10, respectivamente. O processamento digital foi realizado com o uso do *software* SPRING 5.1.8.



## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATURAL EM ÁREA DE ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO BIOMA PAMPA**

#### **4.1.1 Fitossociologia dos estratos arbóreo e regenerante em fragmentos florestais**

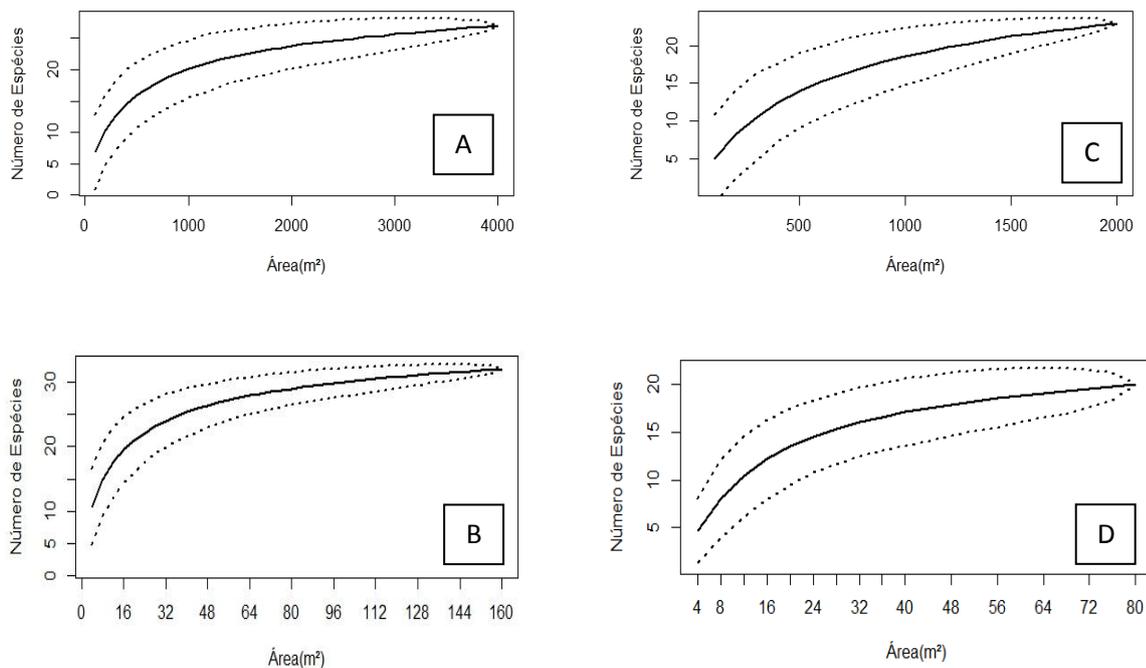
Levando-se em consideração as variações observadas de vegetação e ambiente, os fragmentos florestais avaliados no HFSO foram classificados como: Fragmento florestal I (FFI) e Fragmento florestal II (FFII), ambos em estágio médio de regeneração natural.

Por meio de análises estruturais e de florística, foi possível constatar diferenças entre os fragmentos, apesar de ambos pertencerem a estágio médio de regeneração natural. Vinculadas a essas observações existem imagens históricas georreferenciadas (Carta do exército impressa em 1979), onde a área de FFI já se encontra consolidada como floresta, enquanto que FFII é representada por coloração mais enfraquecida, indicando provavelmente estágio de capoeira (Figura 9). Fato que indica o estabelecimento mais recente do FFII.

Visando avaliar a intensidade amostral, foram feitas curvas de acumulação de espécies separadamente para os dois fragmentos florestais (estratos arbóreo e regenerante) (Figura 8). A curva para FFI foi obtida a partir do conjunto de 40 unidades amostrais, e para FFII obtida para o conjunto de 20 unidades amostrais. Para FFII, a curva referente ao estrato arbóreo estabiliza a partir de 35000 m<sup>2</sup>, correspondente a 35 unidades amostrais. A curva feita para o estrato regenerante em FFI estabiliza a partir de 128 m<sup>2</sup>, 32 unidades amostrais. A intensidade amostral para os dois estratos em FFI foi suficiente.

Para a curva feita com dados do estrato arbóreo em 20 unidades amostrais em FFII, há tendência à estabilização a partir dos 2000 m<sup>2</sup>. Para o estrato regenerante, observou-se estabilização a partir dos 78 m<sup>2</sup>, correspondente a 19,5 unidades amostrais. Autores como Araujo (1998) e Longhi et al. (1999) afirmam que, em florestas naturais, a tendência à estabilização é suficiente para representar a vegetação.

Figura 8 – Curva de acumulação de espécies considerando a vegetação em 40 unidades amostrais em área de FFI: 8A - Estrato arbóreo (0,4 ha); 8B - Estrato regenerante (0,016 ha). Curva de acumulação de espécies considerando a vegetação em 20 unidades amostrais em área de FFII: 8C - Estrato arbóreo (0,2 ha); 8D - Estrato regenerante (0,008 ha).



Sendo: Linha contínua – curva de acumulação de espécies; Linha tracejada – amplitude de variação no acúmulo de espécies.

Fonte: A autora (2017).

No componente arbóreo em FFII, foram encontrados 211 indivíduos, pertencentes a 23 espécies e a 17 famílias botânicas. Em área de FFI, ocorreram 634 indivíduos, pertencentes a 27 espécies, distribuídas em 20 famílias botânicas. No estrato regenerante, em FFII foram encontrados 208 indivíduos, 20 espécies e 16 famílias e, em FFI, 1182 indivíduos, 32 espécies e 22 famílias botânicas (Tabela 4).

No estrato regenerante em FFII, foram encontradas quatro espécies ausentes no estrato arbóreo e sete espécies no estrato arbóreo, não ocorrentes no regenerante. Em FFII, oito espécies ocorreram somente no estrato regenerante e quatro espécies somente no estrato arbóreo. Porém, a maioria dos táxons foi encontrada em ambos os estratos.

Tabela 4 – Espécies encontradas nos estratos arbóreo e regenerante de fragmentos florestais no Horto Santa Olga, com respectivos grupos funcionais e síndrome de dispersão. São Gabriel, RS, 2017.

Fragmento florestal II						
N	Nome científico	Nome vulgar	Família botânica	G.F	S.D	Ocor
1	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	chal-chal	Sapindaceae	EL	zoo	ar / re
2	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC	vassoura	Asteraceae	PI	ane	ar
3	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	murta	Myrtaceae	EL	zoo	ar/re
4	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	taleira	Cannabaceae	PI	zoo	ar
5	<i>Citharexylum montevidense</i> (Spreng.) Moldenke	tarumã-de-espinho	Verbenaceae	EL	zoo	ar
6	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	camboatá-vermelho	Sapindaceae	EL	zoo	ar / re
7	<i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb.	embira	Thymelaeaceae	PI	zoo	re
8	<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	fruta-de-pomba	Erythroxylaceae	EL	zoo	ar/re
9	<i>Escallonia bifida</i> Link & Otto	canudo-de-pito	Escalloniaceae	PI	ane	ar/re
10	<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitangueira	Myrtaceae	EL	zoo	ar / re
11	<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schldtl.	veludinho	Rubiaceae	EL	zoo	ar
12	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	aroeira-brava	Anacardiaceae	PI	zoo	ar / re
13	<i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. ex Reiss	espinheira-santa	Celastraceae	EL	zoo	ar/re
15	<i>Myrrhinium atropurpureum</i> Schott	murtinho	Myrtaceae	EL	zoo	ar / re
16	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br.	capororoquinha	Primulaceae	PI	zoo	ar / re
17	<i>Myrsine lorentziana</i> (Mez) Arechav.	capororooca	Primulaceae	EL	zoo	re
18	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	canela-lajeana	Lauraceae	EL	zoo	ar / re
19	<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	aroeira-de-espinho	Anacardiaceae	PI	zoo	ar / re
20	<i>Scutia buxifolia</i> Reissek	coronilha	Rhamnaceae	EL	zoo	ar / re
21	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	branquilha-leiteiro	Euphorbiaceae	EL	auto	ar
22	<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll, Arg.	branquilha-comum	Euphorbiaceae	PI	auto	ar / re
23	<i>Senna corymbosa</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby	fedegoso	Fabaceae	EL	auto	re
24	<i>Solanum</i> sp.	solanum	Solanaceae	PI	zoo	re
25	<i>Styrax leposus</i> Hook. & Arn.	leproseiro	Styracaceae	PI	zoo	ar / re
26	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	jerivá	Arecaceae	EL	zoo	ar
27	<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	sucará	Salicaceae	EL	zoo	ar / re
28	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	coentrilho	Rutaceae	PI	zoo	ar / re
29	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	mamica-de-cadela	Rutaceae	PI	zoo	ar
Fragmento florestal I						
1	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	chal-chal	Sapindaceae	EL	zoo	ar/re
2	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	murta	Myrtaceae	EL	zoo	ar/re
3	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	taleira	Cannabaceae	PI	zoo	ar/re
4	<i>Cestrum intermedium</i> Sendtn.	coerana	Solanaceae	EL	zoo	re
5	<i>Cestrum strigillatum</i> Ruiz & Pav.	coerana	Solanaceae	EL	zoo	re
6	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	aguaí-leiteiro	Sapotaceae	EL	zoo	ar
7	<i>Citharexylum montevidense</i> (Spreng.) Moldenke	tarumã-de-espinho	Verbenaceae	EL	zoo	ar/re
8	<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) Howard	congonha	Cardiopteridaceae	EL	zoo	ar
9	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	camboatá-vermelho	Sapindaceae	EL	zoo	ar/re
10	<i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb.	embira	Thymelaeaceae	PI	zoo	re
11	<i>Erythrina cristagalli</i> L.	corticeira	Fabaceae	PI	zoo	ar
12	<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	fruta-de-pomba	Erythroxylaceae	EL	zoo	ar/re
13	<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitangueira	Myrtaceae	EL	zoo	ar/re
14	<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabr.	cambará	Asteraceae	PI	ane	ar/re
15	<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schldtl.	veludinho	Rubiaceae	EL	zoo	ar/re
16	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	aroeira-brava	Anacardiaceae	PI	zoo	ar/re
17	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc	açoita-cavalo	Malvaceae	EL	ane	ar
18	<i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. ex Reiss	cancorosa	Celastraceae	EL	zoo	re
19	<i>Myrrhinium atropurpureum</i> Schott	murtinho	Myrtaceae	EL	zoo	ar/re
20	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br.	capororoquinha	Primulaceae	PI	zoo	ar/re
21	<i>Myrsine lorentziana</i> (Mez) Arechav.	capororooca	Primulaceae	EL	zoo	ar/re

22	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	canela-lajeana	Lauraceae	EL	zoo	ar/re
23	<i>Pouteria salicifolia</i> (Spreng.) Radlk	mata-olho	Sapotaceae	EL	zoo	re
24	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	pessegueiro-bravo	Rosaceae	EL	zoo	ar/re
25	<i>Quillaja brasiliensis</i> (A.St.-Hil. & Tul.) Mart.	sabão-de-soldado	Quillajaceae	PI	ane	ar/re
26	<i>Sapium haematospermum</i> Müll.Arg.	toropi	Euphorbiaceae	PI	zoo	ar
27	<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	aroeira-de-espinho	Anacardiaceae	PI	zoo	ar/re
28	<i>Scutia buxifolia</i> Reissek	coronilha	Rhamnaceae	EL	zoo	ar/re
29	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	branquilha-leiteiro	Euphorbiaceae	EL	auto	ar/re
30	<i>Gymnanthes klotzschiana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs	branquilha-comum	Euphorbiaceae	PI	auto	ar/re
31	<i>Solanum</i> sp.		Solanaceae	PI	zoo	re
32	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	jerivá	Arecaceae	EL	zoo	re
33	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	leproseiro	Styracaceae	PI	zoo	ar/re
34	<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	sucará	Salicaceae	EL	zoo	ar/re
35	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	mamica-de-cadela	Rutaceae	PI	zoo	re

Em que: G.F – Grupos funcionais (TS – tolerantes à sombra, EL – exigentes em luz e PI - pioneiras); S.D – Síndrome de dispersão (zoo – zoocórica, ane – anemocórica, auto – autocópica); Ocor – Ocorrência (ar – arbóreo, re – regenerante)

Trabalhos também realizados em matas ciliares no Bioma Pampa (SOARES; FERRER, 2009; KILCA et al., 2012) mostram maior número de espécies e famílias botânicas do que os encontrados no presente estudo. Esse resultado pode ser explicado pelo histórico da área vinculado à pecuária extensiva. A pecuária normalmente acarreta danos à estrutura da vegetação, principalmente devido à predação do estrato regenerante e compactação do solo (MARCHIORI, 2004).

As famílias botânicas com maior número de espécies no estrato arbóreo em FFII foram: 3 espécies de Myrtaceae e 2 espécies das famílias Anacardiaceae, Euphorbiaceae, Rutaceae e Sapindaceae. No estrato regenerante destacaram-se Myrtaceae com 3 espécies e com 2 espécies Anacardiaceae e Sapindaceae. No estrato arbóreo em FFI com maior número de espécies foram: Myrtaceae e Euphorbiaceae com 3 espécies, e com 2 espécies Anacardiaceae, Primulaceae e Sapindaceae. No estrato regenerante Myrtaceae destacou-se com 4 espécies e Solanaceae com 3 espécies.

Ao se observar as famílias predominantes nos estudos de florística e fitossociologia das Florestas Estacionais no Pampa, nota-se que entre as famílias mais representativas estão Myrtaceae e Euphorbiaceae (JARENKOW; WAECHTER, 2001; JURINITZ; JARENKOW, 2003; SCCOTI, 2012). Em estudo realizado por Jurinitz; Jarenkow (2003), em Floresta Estacional na Serra do Sudeste, foram encontradas 69 espécies e 34 famílias botânicas em 1 ha inventariado. Dentre estas, Myrtaceae e Lauraceae apresentaram o maior número de espécies.

Nos estratos arbóreo e regenerante em FFII, ocorreram 23 espécies com dispersão zoocórica, representando 79,31% do total, enquanto que apenas 5 espécies apresentaram dispersão anemocórica ou autocórica (17,24%). Em FFI, 30 espécies (85,71%) apresentaram dispersão zoocórica, enquanto que 14,28% das espécies apresentaram os dois outros tipos de dispersão.

As florestas tropicais possuem alta riqueza de espécies arbóreas com dispersão zoocórica (MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992). Vários autores também encontraram a zoocoria como principal mecanismo de dispersão das espécies em vegetações do sul do Brasil (BUDKE et al., 2005; LINDENMAIER; BUDKE, 2006; GIEHL et al., 2007; GRINGS et al., 2009; SCOTTI, 2012).

Em relação à distribuição das espécies em grupos funcionais, pode-se observar maior porcentagem de espécies pioneiras em FFII 41,38 %, enquanto que em FFI as pioneiras representam 37,14 % do total. Em nenhum dos dois fragmentos há espécies tolerantes à sombra, ou espécies típicas de sub-bosque.

No estrato regenerante prevalecem as espécies pioneiras e exigentes em luz, evidenciando fases iniciais no processo de sucessão. Em florestas onde o principal distúrbio é a formação de clareiras, ocorre prevalência de espécies heliófilas, enquanto que na ausência deste distúrbio o estrato regenerante difere do arbóreo por apresentar espécies tolerantes à sombra (LEYSER et al., 2012). É provável que, além do pastoreio como ação perturbatória, tenha ocorrido o corte de espécies arbóreas nos fragmentos estudados.

Os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal foram calculados para estratos arbóreo e regenerante em FFII e FFI, separadamente (Tabelas 5, 6, 7 e 8).

No estrato arbóreo de FFI foi encontrada densidade de 1055 ind. ha<sup>-1</sup>. As espécies que apresentaram maiores resultados para índice de valor de importância (IVI) e índice de valor de cobertura (IVC) foram *Lithraea molleoides*, *Gymnanthes klotzschiana* e *Scutia buxifolia*. Em FFII, a densidade foi de 1585 ind. ha<sup>-1</sup> e as espécies com maiores resultados para os mesmos parâmetros foram *G. klotzschiana*, *L. molleoides* e *Sebastiania brasiliensis*. As espécies *L. divaricata* e *G. klotzschiana*, ocorrentes na área avaliada, são espécies hidrófitas decíduais, adaptadas ao ambiente aluvial (IBGE, 1992).

Tabela 5 – Parâmetros fitossociológicos de espécies pertencentes ao estrato arbóreo e em FFII no HFSO, São Gabriel, RS.

Estrato arbóreo em Fragmento florestal II									
Espécies	Ind.	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVI	IVC
<i>Lithraea molleoides</i>	48	240.00	22.75	80.00	15.69	3.15	35.34	73.78	58.09
<i>Gymnanthes klotzschiana</i>	55	275.00	26.07	65.00	12.75	1.72	19.32	58.13	45.38
<i>Scutia buxifolia</i>	21	105.00	9.95	45.00	8.82	0.74	8.27	27.05	18.23
<i>Zanthoxylum fagara</i>	11	55.00	5.21	30.00	5.88	0.76	8.49	19.59	13.71
<i>Cupania vernalis</i>	11	55.00	5.21	35.00	6.86	0.67	7.46	19.53	12.67
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	10	50.00	4.74	35.00	6.86	0.18	2.02	13.62	6.76
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	8	40.00	3.79	25.00	4.90	0.23	2.58	11.28	6.38
<i>Allophylus edulis</i>	7	35.00	3.32	30.00	5.88	0.13	1.44	10.64	4.76
<i>Schinus polygamus</i>	6	30.00	2.84	20.00	3.92	0.24	2.74	9.51	5.59
<i>Guettarda uruguensis</i>	6	30.00	2.84	25.00	4.90	0.09	1.02	8.77	3.87
<i>Myrsine coriacea</i>	4	20.00	1.90	20.00	3.92	0.18	1.98	7.80	3.88
<i>Eugenia uniflora</i>	4	20.00	1.90	15.00	2.94	0.07	0.82	5.66	2.72
<i>Escallonia bifida</i>	3	15.00	1.42	15.00	2.94	0.05	0.58	4.94	2.00
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	1	5.00	0.47	5.00	0.98	0.30	3.34	4.79	3.81
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	3	15.00	1.42	10.00	1.96	0.06	0.62	4.01	2.05
<i>Citharexylum montevidense</i>	2	10.00	0.95	10.00	1.96	0.07	0.83	3.73	1.77
<i>Maytenus ilicifolia</i>	2	10.00	0.95	10.00	1.96	0.05	0.52	3.43	1.47
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	2	10.00	0.95	10.00	1.96	0.02	0.28	3.19	1.23
<i>Ocotea pulchella</i>	3	15.00	1.42	5.00	0.98	0.05	0.52	2.92	1.94
<i>Xylosma prockia</i>	1	5.00	0.47	5.00	0.98	0.07	0.81	2.26	1.28
<i>Styrax leprosus</i>	1	5.00	0.47	5.00	0.98	0.04	0.50	1.96	0.98
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1	5.00	0.47	5.00	0.98	0.03	0.38	1.84	0.86
<i>Celtis iguanaea</i>	1	5.00	0.47	5.00	0.98	0.01	0.13	1.58	0.60
<b>TOTAL</b>	<b>211</b>	<b>1055.00</b>	<b>100.00</b>	<b>510.00</b>	<b>100.00</b>	<b>8.91</b>	<b>100.00</b>	<b>300.00</b>	<b>200.00</b>

Em que: DA (ind/ha) – densidade absoluta; DR (%) – densidade relativa; FA (%) – frequência absoluta; FR (%) – frequência relativa; DoA (m<sup>2</sup>/ha) – dominância absoluta; DoR (%) – dominância relativa; IVI (%) – índice de valor de importância e IVC (%) – índice de valor de cobertura.

*G. klotzschiana* e *L. molleoides* apresentaram o maior número de indivíduos no estrato arbóreo em FFII, representaram juntas 48,81% do total de indivíduos encontrados. Em FFI, as mesmas espécies apresentaram o maior número de indivíduos, somando 40,37% do total. Para um fragmento de Floresta Estacional Decidual no sudoeste do RS, Leão (2009), registrou *G. klotzschiana* como uma das principais espécies em número de indivíduos e *L. molleoides* destacou-se com indivíduos de maior porte.

No estrato regenerante em FFII e FFI, a densidade de indivíduos resultou respectivamente em 26000 e 73875 ind. ha<sup>-1</sup>, indicando elevado número de recrutamento. As altas proporções de indivíduos juvenis no componente arbóreo demonstram que indivíduos de baixa estatura são os principais formadores das florestas estacionais (LEYSER et al., 2012).

Tabela 6 – Parâmetros fitossociológicos de espécies pertencentes ao estrato regenerante em FFII no HFSO, São Gabriel, RS.

Estrato regenerante em Fragmento florestal II							
Espécies	Ind.	DA	DR	FA	FR	IVI	IVC
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	28	3500.00	13.46	45.00	9.38	37.23	27.85
<i>Lithraea molleoides</i>	27	3375.00	12.98	45.00	9.38	33.66	24.28
<i>Eugenia uniflora</i>	18	2250.00	8.65	40.00	8.33	26.94	18.60
<i>Cupania vernalis</i>	14	1750.00	6.73	50.00	10.42	25.02	14.60
<i>Escallonia bifida</i>	20	2500.00	9.62	20.00	4.17	24.10	19.94
<i>Daphnopsis racemosa</i>	8	1000.00	3.85	20.00	4.17	21.59	17.42
<i>Xylosma prockia</i>	15	1875.00	7.21	40.00	8.33	20.96	12.63
<i>Styrax leprosus</i>	15	1875.00	7.21	45.00	9.38	20.85	11.47
<i>Scutia buxifolia</i>	14	1750.00	6.73	20.00	4.17	18.50	14.33
<i>Maytenus ilicifolia</i>	13	1625.00	6.25	30.00	6.25	15.74	9.49
<i>Myrsine lorentziana</i>	10	1250.00	4.81	30.00	6.25	14.00	7.75
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	1125.00	4.33	20.00	4.17	12.95	8.78
<i>Schinus polygamus</i>	4	500.00	1.92	20.00	4.17	6.86	2.69
<i>Solanum sp.</i>	3	375.00	1.44	15.00	3.13	6.27	3.14
<i>Ocotea pulchella</i>	2	250.00	0.96	10.00	2.08	4.00	1.92
<i>Allophylus edulis</i>	2	250.00	0.96	10.00	2.08	3.22	1.14
<i>Gymnanthes klotzschiana</i>	3	375.00	1.44	5.00	1.04	2.87	1.83
<i>Zanthoxylum fagara</i>	1	125.00	0.48	5.00	1.04	1.80	0.76
<i>Erythroxylum myrsinites</i>	1	125.00	0.48	5.00	1.04	1.76	0.72
<i>Senna corymbosa</i>	1	125.00	0.48	5.00	1.04	1.70	0.66
<b>TOTAL</b>	<b>208</b>	<b>26000.00</b>	<b>99.99</b>	<b>480.00</b>	<b>100.02</b>	<b>300.02</b>	<b>200.00</b>

Em que: DA (ind/ha) – densidade absoluta; DR (%) – densidade relativa; FA (%) – frequência absoluta; FR (%) – frequência relativa; DoA (m<sup>2</sup>/ha) – dominância absoluta; DoR (%) – dominância relativa; IVI (%) – índice de valor de importância e IVC (%) – índice de valor de cobertura.

Os maiores resultados para IVI, IVC e frequência de indivíduos no estrato regenerante em FFII foram: *Myrrhinium atropurpureum*, *L. molleoides* e *Eugenia uniflora*, e em FFI para estes mesmos parâmetros destacaram-se *Daphnopsis racemosa*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Styrax leprosus* e *E. uniflora*. Apenas *L. molleoides* destacou-se nos dois estratos em FFII. *D. racemosa* possui pequeno porte, sendo considerada por muitos autores como arvoreta, devido a este fato, indivíduos jovens e adultos ocorreram no estrato regenerante. Pode-se observar também em FFI, alta frequência da espécie arbustiva de *Pavonia sepium* A.St.-Hil.

Tabela 7 – Parâmetros fitossociológicos de espécies pertencentes ao estrato arbóreo em FFI, no HFSO, São Gabriel, RS.

Estrato arbóreo em Fragmento florestal I									
Espécies	Ind.	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVI	IVC
<i>Gymnanthes klotzschiana</i>	186	465.00	29.34	87.50	13.01	4.48	24.17	66.51	53.5
<i>Lithraea molleoides</i>	70	175.00	11.04	72.50	10.78	4.79	25.85	47.67	36.89
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	101	252.50	15.93	62.50	9.29	1.68	9.05	34.27	24.98
<i>Quillaja brasiliensis</i>	15	37.50	2.37	32.50	4.83	2.36	12.74	19.94	15.11
<i>Guettarda uruguensis</i>	56	140.00	8.83	57.50	8.55	0.44	2.39	19.77	11.22
<i>Scutia buxifolia</i>	33	82.50	5.21	47.50	7.06	0.64	3.45	15.72	8.65
<i>Styrax leprosus</i>	33	82.50	5.21	52.50	7.81	0.39	2.11	15.12	7.31
<i>Gochnatia polymorpha</i>	24	60.00	3.79	37.50	5.58	0.87	4.72	14.09	8.51
<i>Xylosma prockia</i>	20	50.00	3.15	30.00	4.46	0.32	1.73	9.35	4.89
<i>Myrsine lorentziana</i>	11	27.50	1.74	22.50	3.35	0.51	2.78	7.86	4.51
<i>Schinus polygamus</i>	12	30.00	1.89	25.00	3.72	0.35	1.90	7.51	3.79
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	14	35.00	2.21	25.00	3.72	0.15	0.81	6.73	3.02
<i>Ocotea pulchella</i>	10	25.00	1.58	15.00	2.23	0.34	1.81	5.62	3.39
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	10	25.00	1.58	17.50	2.60	0.12	0.67	4.85	2.25
<i>Eugenia uniflora</i>	8	20.00	1.26	15.00	2.23	0.07	0.35	3.84	1.61
<i>Citronella paniculata</i>	5	12.50	0.79	10.00	1.49	0.22	1.19	3.47	1.98
<i>Allophylus edulis</i>	6	15.00	0.95	12.50	1.86	0.08	0.44	3.25	1.39
<i>Erythrina cristagalli</i>	1	2.50	0.16	2.50	0.37	0.36	1.95	2.48	2.1
<i>Celtis iguanaea</i>	4	10.00	0.63	10.00	1.49	0.03	0.18	2.30	0.81
<i>Citharexylum montevidense</i>	3	7.50	0.47	7.50	1.12	0.08	0.45	2.04	0.92
<i>Sapium haemospermum</i>	3	7.50	0.47	7.50	1.12	0.07	0.38	1.97	0.85
<i>Cupania vernalis</i>	3	7.50	0.47	7.50	1.12	0.05	0.25	1.83	0.72
<i>Prunus myrtifolia</i>	2	5.00	0.32	5.00	0.74	0.04	0.21	1.27	0.53
<i>Myrsine coriacea</i>	1	2.50	0.16	2.50	0.37	0.04	0.21	0.74	0.37
<i>Luehea divaricata</i>	1	2.50	0.16	2.50	0.37	0.03	0.15	0.68	0.31
<i>Erythroxylum myrsinites</i>	1	2.50	0.16	2.50	0.37	0.01	0.05	0.58	0.21
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	1	2.50	0.16	2.50	0.37	0.00	0.02	0.55	0.18
<b>TOTAL</b>	<b>634</b>	<b>1585</b>	<b>100</b>	<b>673</b>	<b>100</b>	<b>18.5</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>200</b>

Em que: DA (ind/ha) – densidade absoluta; DR (%) – densidade relativa; FA (%) – frequência absoluta; FR (%) – frequência relativa; DoA (m<sup>2</sup>/ha) – dominância absoluta; DoR (%) – dominância relativa; IVI (%) – índice de valor de importância e IVC (%) – índice de valor de cobertura.

Não há entre as áreas e entre os estratos diferenças significativas para diversidade de espécies. Os valores estimados pelo índice de Shannon para o estrato arbóreo de FFI e FFII foram de respectivamente, 2,41 e 2,40. No estrato regenerante de FFI e FFII o resultado foi 2,66 (Tabela 9). Os resultados indicam média diversidade em ambos os fragmentos.

Tabela 8 – Parâmetros fitossociológicos de espécies pertencentes ao estrato regenerante em FFI, no HFSO, São Gabriel, RS.

Estrato regenerante em Fragmento florestal I							
Espécies	Ind.	DA	DR	FA	FR	IVI	IVC
<i>Daphnopsis racemosa</i>	272	17000.00	23.01	97.50	10.08	33.09	23.01
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	141	8812.50	11.93	82.50	8.53	20.46	11.93
<i>Styrax leprosus</i>	135	8437.50	11.42	77.50	8.01	19.43	11.42
<i>Eugenia uniflora</i>	107	6687.50	9.05	95.00	9.82	18.87	9.05
<i>Myrrhimum atropurpureum</i>	66	4125.00	5.58	70.00	7.24	12.82	5.58
<i>Allophylus edulis</i>	56	3500.00	4.74	67.50	6.98	11.71	4.74
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	60	3750.00	5.08	52.50	5.43	10.50	5.08
<i>Gochnatia polymorpha</i>	64	4000.00	5.41	40.00	4.13	9.55	5.41
<i>Xylosma prockia</i>	34	2125.00	2.88	45.00	4.65	7.53	2.88
<i>Ocotea pulchella</i>	35	2187.50	2.96	40.00	4.13	7.10	2.96
<i>Gymnanthes klotzschiana</i>	37	2312.50	3.13	37.50	3.88	7.01	3.13
<i>Scutia buxifolia</i>	33	2062.50	2.79	37.50	3.88	6.67	2.79
<i>Guettarda uruguensis</i>	19	1187.50	1.61	27.50	2.84	4.45	1.61
<i>Cupania vernalis</i>	14	875.00	1.18	20.00	2.07	3.25	1.18
<i>Myrsine lorentziana</i>	17	1062.50	1.44	17.50	1.81	3.25	1.44
<i>Cestrum intermedium</i>	10	625.00	0.85	22.50	2.33	3.17	0.85
<i>Quillaja brasiliensis</i>	13	812.50	1.10	20.00	2.07	3.17	1.10
<i>Citharexylum montevidense</i>	16	1000.00	1.35	17.50	1.81	3.16	1.35
<i>Celtis iguanaea</i>	8	500.00	0.68	17.50	1.81	2.49	0.68
<i>Myrsine coriacea</i>	11	687.50	0.93	15.00	1.55	2.48	0.93
<i>Prunus myrtifolia</i>	5	312.50	0.42	12.50	1.29	1.72	0.42
<i>Erythroxylum myrsinites</i>	6	375.00	0.51	10.00	1.03	1.54	0.51
<i>Schinus polygamus</i>	5	312.50	0.42	10.00	1.03	1.46	0.42
<i>Solanum sp.</i>	5	312.50	0.42	7.50	0.78	1.20	0.42
<i>Lithraea molleoides</i>	3	187.50	0.25	5.00	0.52	0.77	0.25
<i>Citronella paniculata</i>	3	187.50	0.25	5.00	0.52	0.77	0.25
<i>Maytenus ilicifolia</i>	2	125.00	0.17	5.00	0.52	0.69	0.17
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	62.50	0.08	2.50	0.26	0.34	0.08
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	1	62.50	0.08	2.50	0.26	0.34	0.08
<i>Cestrum strigilatum</i>	1	62.50	0.08	2.50	0.26	0.34	0.08
<i>Myrcianthes pungens</i>	1	62.50	0.08	2.50	0.26	0.34	0.08
<i>Pouteria salicifolia</i>	1	62.50	0.08	2.50	0.26	0.34	0.08
<b>TOTAL</b>	<b>1182</b>	<b>73875.00</b>	<b>99.96</b>	<b>967.50</b>	<b>100.04</b>	<b>200.01</b>	<b>99.96</b>

Em que: DA (ind/ha) – densidade absoluta; DR (%) – densidade relativa; FA (%) – frequência absoluta; FR (%) – frequência relativa; DoA (m<sup>2</sup>/ha) – dominância absoluta; DoR (%) – dominância relativa; IVI (%) – índice de valor de importância e IVC (%) – índice de valor de cobertura.

Em floresta estacional na Serra do Sudeste, Jurinitz; Jarenkow (2003) encontraram para o mesmo índice valor de 3,20. Provavelmente o fragmento avaliado pelos autores estava em estágio mais avançado de sucessão do que os fragmentos avaliados no presente estudo. Os resultados para equabilidade, estimados pelo índice de Pielou, indicam dominância de poucas espécies sobre as demais em ambos os fragmentos e em ambos os estratos. No estrato arbóreo

em FFI e em FFII, os resultados foram de 0,73 e 0,76, enquanto que no estrato regenerante o resultado foi de 0,89. As duas espécies que predominaram foram *G. klotzschiana* e *L. molleoides*.

Tabela 9 – Atributos estruturais e fitossociológicos de diversidade, equabilidade e similaridade entre FFI e FFII, São Gabriel, RS.

ATRIBUTOS	Estrato arbóreo		Estrato regenerante	
	FEM	FEI	FEM	FEI
n° espécies	27	23	32	20
n° espécies exclusivas	10	6	15	3
espécies comuns	17		17	
área basal (m <sup>2</sup> /ha)	18,50	8,92	-	-
altura média (m)	5,80	4,39	0,89	0,61
diâmetro médio (m)	10,46	9,32	0,75	0,67
Índice de Similaridade (CS)	0,680		0,581	
Índice de Diversidade (H')	2,41	2,40	2,66	2,66
Índice de Equabilidade (J)	0,73	0,76	0,89	0,89

Em que: (CJ) – Índice de Similaridade de Jaccard; (CS) – Índice de Similaridade de Sorensen; (H') – Índice de Diversidade de Shannon; (J) – Índice de Equabilidade de Jaccard; D.P – Desvio padrão; T: comparação de médias pelo teste T de Student; p: significância estatística 5%; s: diferenças significativas; ns: diferenças não significativas.

Quanto à similaridade das áreas de estudo, obteve-se resultado de 0,68 para o índice de Similaridade de Sorensen, o qual indica média similaridade entre os dois fragmentos florestais avaliados. Diferenças existem na composição florística, evidenciada por meio de espécies exclusivas. No estrato arbóreo de FFI ocorreram dez espécies que não ocorreram em FFII, por outro lado, seis espécies ocorreram apenas em FFII. No estrato regenerante, os resultados não foram diferentes: em FFI ocorreram 15 espécies exclusivas, enquanto que três espécies ocorreram apenas em FFII.

As espécies *Chrysophyllum marginatum*, *Citronella paniculata*, *Erythrina cristagalli*, *Erythroxylum myrsinites*, *Gochnatia polymorpha*, *L. divaricata*, *Myrsine* sp., *Prunus myrtifolia*, *Quillaja brasiliensis* e *Sapium haematospermum* ocorreram apenas em área de FFI. Por outro lado, as espécies *Baccharis dracunculifolia*, *Escallonia bifida*, *Maytenus* sp., *Syagrus romanzoffiana*, *Zanthoxylum fagara* e *Zanthoxylum rhoifolium* ocorreram apenas em FFII.

As espécies heliófilas pioneiras *B. dracunculifolia* e *E. bifida* denotam fases iniciais do processo sucessional em vegetação florestal. Comumente, essas duas espécies dispersam-se pelos campos, não sendo comum encontrá-las em fragmentos florestais com regimes de sombra elevados. A ocorrência destas no fragmento demonstra o seu caráter mais recente de sucessão (ROVEDDER, 2013; FELKER, 2014).

Também foram constatadas diferenças entre a altura média, diâmetro médio e área basal total nos fragmentos, tanto para estrato arbóreo como para regenerante. Em FFI ocorreram os maiores resultados para estes parâmetros (Tabela 9). Geralmente, as características estruturais como diâmetro, altura e área basal tendem a ser maiores em estágios sucessionais mais avançados (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; ROMAGNOLO; SOUZA, 2000). Os afloramentos rochosos nas partes mais elevadas em FFII, sob Neossolo, podem ter sido fator limitante para o desenvolvimento de indivíduos com maior porte. Jurinitz e Jarenkow (2003) relataram a mesma característica limitante em fragmento de floresta estacional no município de Camaquã, RS.

A análise da estrutura diamétrica do estrato arbóreo, revelou que em ambos os fragmentos florestais, a curva segue o padrão “J invertido”, esperado para estrutura de florestas naturais (MEYER, 1952; ASSMANN, 1970). Há maior concentração de indivíduos arbóreos nas primeiras classes de diâmetro. Ocorreram 246 indivíduos na primeira classe em FFI, com diâmetro variando entre 0,022 até 0,075 m (Figura 9A). Em FFII ocorreram 86 indivíduos com diâmetro entre 0,048 até 0,071 m (Figura 9B).

Apesar de possuir a forma “J invertido”, a distribuição diamétrica não se mostra balanceada, ou seja, o fator de redução do número de indivíduos de uma classe para a seguinte não é constante (SCOLFORO et al., 1997; FELFILI et al., 1998). Em uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Jurinitz e Jarenkow (2003) relataram que 93% dos indivíduos apresentaram DAP entre 0,05 e 0,25 m. Em FFI foram registrados proximadamente 601 indivíduos com DAP entre 0,05 e 0,25 m e em FFII 206 indivíduos, o que representa respectivamente 94,79% e 97,63% dos espécimes inventariados.

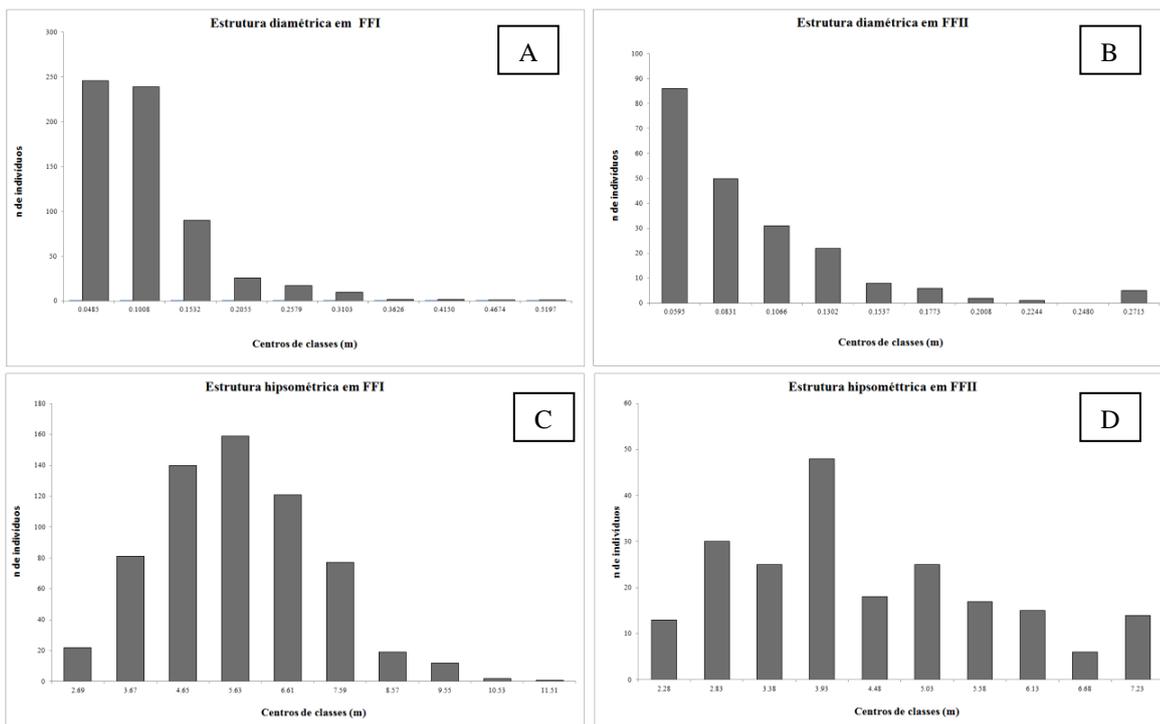
Em FFI há uma diminuição abrupta de indivíduos da segunda para a terceira classe de diâmetro, fato que remete a uma provável atividade perturbatória no ambiente avaliado. Acredita-se que o histórico da área aliado à pecuária influenciou a estrutura atual do fragmento florestal.

Analisando uma área de preservação anteriormente utilizada para pecuária e manejada pelo fogo, Barchuk e Díaz (1999) evidenciaram, na análise da estrutura diamétrica, eventos

passados marcados por alta mortalidade de indivíduos. A grande quantidade de indivíduos pequenos e finos pode indicar a ocorrência de severas perturbações no passado (NUNES et al., 2003).

Quanto à análise da estrutura hipsométrica, a vegetação em FFII (Figura 9D) não apresentou tendência à distribuição normal com assimetria negativa, indicando eventos passados de perturbação. FFI (Figura 9C) apresentou uma estrutura mais equilibrada, porém com diminuição abrupta de indivíduos da sexta para a sétima classe de altura. Assim como a estrutura diamétrica, a estrutura hipsométrica dos fragmentos florestais também refletiram impactos causados pelo antigo uso das áreas com pastoreio.

Figura 9 – Distribuição de indivíduos arbóreos em classes de diâmetro (m) (A e B) e em classes de altura (m) (C e D) em fragmentos florestais em estágio médio (FFI) e em estágio inicial de regeneração natural (FFII).



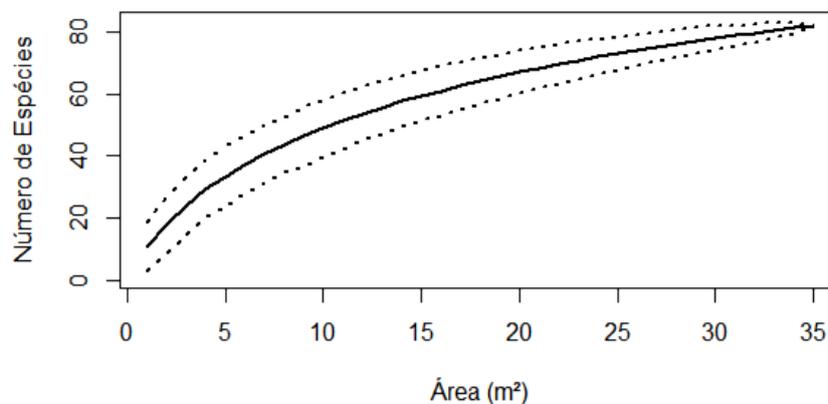
Fonte: A autora (2017).

#### 4.1.2 Caracterização da flora campestre em áreas de campo natural

A vegetação campestre encontrada em grande parte do HFSO e em toda a área estudada do HFCEB é vegetação típica do Bioma Pampa, ocorrente na Serra do Sudeste. O aspecto fisionômico desta vegetação é determinado pelas espécies campestres, especialmente de gramíneas, incidindo também significativa contribuição de espécies arbustivas e arbóreas (OVERBECK, 2007).

Visando avaliar a intensidade amostral, foi feita a curvas de acumulação de espécies (Figura 10). A curva foi obtida a partir do conjunto de 35 unidades amostrais coletadas em HFSO e HFCEB. Pode-se observar que há estabilização da curva nos 30 m<sup>2</sup>, o que indica que o número de unidades amostrais instaladas foi suficiente para indicar a diversidade de espécies campestres nos dois hortos.

Figura 10 – Curva de acumulação de espécies considerando a vegetação campestre em 35 unidades amostrais com 1 m<sup>2</sup> em HFSO e HFCEB



As espécies registradas na amostragem foram classificadas de acordo com sua respectiva ocorrência nas áreas de estudo, % média de cobertura e em posições do relevo. Ao todo foram encontradas 20 famílias botânicas e 98 espécies. Destas, 38 espécies apenas no HFCEB e 22 espécies apenas no HFSO (Tabela 10).

No município de Canguçu, em área amostral de quatro ha, foram encontradas 173 espécies distribuídas em 34 famílias botânicas (CAPORAL; BOLDRINI, 2007). No Morro

Santana em Porto Alegre, foram encontradas 170 espécies e 38 famílias botânicas em área de vegetação campestre localizada em ecótono campo-floresta (OVERBECK et al., 2006).

Esses resultados aproximam-se aos encontrados para número de espécies e famílias botânicas no presente estudo. A riqueza de espécies da vegetação dos Campos indica que o bioma de pastagens subtropical do sul do Brasil deve ser considerado como ponto de interesse para a biodiversidade (OVERBECK et al., 2006).

Houve um maior número de espécies ocorrentes na posição de meia encosta, onde 70,41% de todas as espécies ocorreram nesta posição, enquanto que 51,02% ocorreram em baixada e 45,92% ocorreram em topo de relevo. Este resultado deve-se, em parte, pelo maior número de unidades amostrais instaladas em meia encosta, contemplando terço superior e terço inferior do relevo.

Porém, pode-se observar que algumas famílias, como Cyperaceae, Equisetaceae, Isoetaceae, Juncaceae, Passifloraceae e Rubiaceae, apresentaram maior número de espécies representantes na baixada do relevo. A família Cyperaceae ocorre em áreas de baixada, aliada à maior profundidade do solo, maior umidade e considerável aporte de matéria orgânica, enquanto que Asteraceae e Rubiaceae ocorrem em áreas de encosta e topo (CAPORAL; BOLDRINI, 2007). Asteraceae ocorre preferencialmente em zonas mais altas e secas do relevo, com baixo acúmulo de matéria orgânica (GOULART, 2014). Vários autores citam como principal fator associado à distribuição das espécies o regime de água e umidade do solo (PILLAR et al., 1992; OLIVEIRA-FILHO et al., 2002).

Tabela 10 – Espécies e famílias botânicas encontradas em vegetação campestre no HFCB e no HFSO, com suas respectivas ocorrências nas diferentes posições no relevo e áreas de estudo, São Gabriel, RS.

N	FAMÍLIA / ESPÉCIE	OCORRÊNCIA			Área de estudo
		Posição no relevo			
		T	ME	B	
<b>AMARANTHACEAE</b>					
1	<i>Gomphrena celosioides</i> Mart.		x	x	HFCB/HFSO
2	<i>Pfaffia tuberosa</i> (Spreng.) Hicken	x	x	x	HFCB/HFSO
3	<i>Pfaffia</i> sp.	x			HFCB
<b>APIACEAE</b>					
4	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	x		x	HFCB/HFSO
5	<i>Eryngium elegans</i> Cham. Et Schlecht.	x	x		HFCB
6	<i>Eryngium horridum</i> Malme		x		HFCB/HFSO
7	<i>Eryngium nudicaule</i> Lam.		x	x	HFCB/HFSO
8	<i>Eryngium</i> sp.			x	HFCB
<b>ASTERACEAE</b>					
9	<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.		x		HFSO
10	<i>Austro eupatorium inulaefolium</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	x			HFSO
11	<i>Baccharis articulata</i> (Lam.) Pers.		x		HFCB
12	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.		x		HFSO
13	<i>Baccharis</i> sp. 1	x	x		HFSO
14	<i>Baccharis</i> sp. 2	x			HFCB
15	<i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC.		x		HFCB/HFSO
16	<i>Bidens laevis</i> (L.) Britton, Sterns & Poggenb.	x			HFCB
17	<i>Bidens pilosa</i> L.	x			HFCB
18	<i>Chaptalia exscapa</i> (Pers.) Baker		x	x	HFCB
19	<i>Chaptalia sinuata</i> (Less.) Baker		x	x	HFCB/HFSO
20	<i>Chaptalia</i> sp.		x	x	HFCB
21	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist		x	x	HFCB
22	<i>Eupatorium bupleurifolium</i> DC.	x			HFSO
23	<i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.	x	x		HFSO
24	<i>Facelis retusa</i> (Lam.) Sch. Bip.		x	x	HFCB
25	<i>Gamochaeta coarctata</i> (Willd.) Kerguelen		x	x	HFCB
26	<i>Gamochaeta pensylvanica</i> (Willd.) Cabrera	x	x	x	HFCB/HFSO
27	<i>Lucilia nitens</i> Less.	x	x	x	HFCB/HFSO
28	NI 1	x	x		HFSO
29	NI 3		x		HFCB
30	<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less.	x			HFCB/HFSO
31	<i>Senecio leptolobus</i> DC.		x		HFCB/HFSO
32	<i>Senecio</i> sp. 1	x			HFSO
33	<i>Senecio</i> sp. 2		x		HFCB
34	<i>Sida rhombifolia</i> L.	x	x		HFSO
<b>CONVOLVULACEAE</b>					
35	<i>Dichondra macrocalyx</i> Meisn.	x	x		HFCB
36	<i>Dichondra sericea</i> Sw		x	x	HFCB/HFSO
<b>CYPERACEAE</b>					
37	<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.		x	x	HFCB
38	<i>Cyperus laevigatus</i> L.		x	x	HFCB/HFSO
39	<i>Cyperus</i> sp.			x	HFSO
40	<i>Kyllinga odorata</i> Vahl		x		HFSO
41	<i>Scirpus atrovirens</i> Willd.	x	x	x	HFCB
42	<i>Scirpus cernuus</i> Vahl			x	HFCB
43	<i>Scirpus</i> sp.		x		HFCB
<b>DENNSTAEDTIACEAE</b>					
44	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	x	x	x	HFSO
<b>EQUISETACEAE</b>					
45	<i>Equisetum</i> sp.			x	HFSO
<b>FABACEAE</b>					
46	<i>Aeschynomene indica</i> L.		x	x	HFCB/HFSO
47	<i>Aeschynomene falcata</i> (Poir.) DC.		x	x	HFSO
48	<i>Desmanthus tathuyensis</i> Hoehne		x		HFSO

49	<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	x	x	x	HFCB/HFSO
50	<i>Desmodium affine</i> Schtdl.		x		HFCB
51	<i>Desmodium incanum</i> DC.	x			HFCB
52	<i>Trifolium polymorphum</i> Poir.	x	x		HFSO
53	<i>Trifolium</i> sp.	x	x		HFSO
	<b>IRIDACEAE</b>				
54	<i>Sisyrinchium micranthum</i> Cav.	x	x	x	HFCB/HFSO
55	<i>Sisyrinchium palmifolium</i> L.		x		HFSO
56	<i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spreng.	x	x		HFCB/HFSO
	<b>ISOETACEAE</b>				
57	<i>Isoetes</i> sp.			x	HFCB/HFSO
58	<i>Isoetes echinospora</i> Durieu			x	HFCB
	<b>JUNCACEAE</b>				
59	<i>Juncus</i> sp.			x	HFCB
	<b>MALVACEAE</b>				
60	<i>Sida rhombifolia</i> L.	x			HFCB
	<b>OXALIDACEAE</b>				
61	<i>Oxalis brasiliensis</i> Lodd.	x	x	x	HFCB/HFSO
62	<i>Oxalis perdicaria</i> (Molina) Bertero	x	x	x	HFCB/HFSO
	<b>PASSIFLORACEAE</b>				
63	<i>Passiflora caerulea</i> L.			x	HFSO
	<b>PLANTAGINACEAE</b>				
64	<i>Plantago tomentosa</i> Lam.	x	x		HFCB
	<b>POACEAE</b>				
65	<i>Andropogon bicornis</i> L.		x		HFCB/HFSO
66	<i>Andropogon lateralis</i> Nees	x	x	x	HFCB/HFSO
67	<i>Andropogon macrothrix</i> Trin.			x	HFCB/HFSO
68	<i>Aristida laevis</i> (Nees) Kunth	x			HFCB/HFSO
69	<i>Aristida</i> sp.	x			HFCB
70	<i>Axonopus affinis</i> Chase		x		HFCB/HFSO
71	<i>Axonopus obtusifolius</i> (Raddi) Chase				HFSO
72	<i>Axonopus</i> sp.		x		HFCB
73	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf			x	HFCB
74	<i>Briza lamarckiana</i> Nees (cf)		x	x	HFCB/HFSO
75	<i>Briza rufa</i> (J. Presl) Steud.		x		HFCB
76	<i>Briza uniolae</i> (Nees) Steud.		x	x	HFCB
77	<i>Chusquea</i> sp..		x	x	HFCB/HFSO
78	<i>Coelorachis selloana</i> (Hack.) Henr.		x		HFCB
79	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler				HFSO
80	<i>Eragrostis airoides</i> Nees.	x	x	x	HFCB/HFSO
81	NI 1	x			HFCB
82	NI 2	x			HFCB
83	<i>Paspalum ellipticum</i> Döll	x	x	x	HFCB/HFSO
84	<i>Paspalum notatum</i> Fluegge	x	x	x	HFCB/HFSO
85	<i>Paspalum plicatulum</i> Michx.	x	x	x	HFCB/HFSO
86	<i>Paspalum pumilum</i> Nees		x	x	HFCB/HFSO
87	<i>Paspalum</i> sp.		x		HFCB/HFSO
88	<i>Poa bonariensis</i> (Lam.) Kunth)		x	x	HFCB
89	<i>Saccharum angustifolium</i> (Nees) Trin.	x	x	x	HFCB/HFSO
90	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen	x	x	x	HFCB/HFSO
91	<i>Sorghastrum stipoides</i> (Kunth) Nash	x	x		HFCB/HFSO
92	<i>Steinchisma decipiens</i> (Nees ex Trin.) W.V. Br.	x	x	x	HFCB/HFSO
93	<i>Stipa</i> sp. I		x	x	HFCB
94	<i>Stipa</i> sp. II	x	x	x	HFCB
	<b>RUBIACEAE</b>				
95	<i>Galianthe brasiliensis</i> (Spreng.) E.L.Cabral & Bacigalupo			x	HFCB
	<b>SOLANACEAE</b>				
96	<i>Solanum</i> sp.		x		HFSO
	<b>TALINACEAE</b>				
97	<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	x			HFCB
	<b>VERBENACEAE</b>				
98	<i>Verbena</i> sp.		x	x	HFCB/HFSO

Em que: T – topo; ME – meia encosta; B – baixada.

Há predominância de espécies da família Poaceae na vegetação campestre em ambas as áreas de estudo (Figura 10). Essa família botânica detém 30,61 % do contingente florístico campestre avaliado. O componente florístico que caracteriza fisionomicamente as formações campestres são as gramíneas (Poaceae) (BOLDRINI, 2009; CAPORAL; EGGERS, 2005). A grande predominância de gramíneas no campo evidencia a adaptação dessa família às pressões geradas pela variação no regime hídrico, ações antrópicas e herbivoria (BOLDRINI et al., 2005).

Destacam-se também em número de espécies as famílias Fabaceae, Asteraceae e Cyperaceae (Figura 11). A relevância florística das famílias Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae e Fabaceae na composição da vegetação campestre do estado foi também observada em outros estudos sobre a composição florística dos campos (SILVEIRA; LONGHI-WAGNER, 2009). Nos campos do RS, as famílias Asteraceae e Poaceae são representadas por 450 espécies cada, Fabaceae por 200 espécies e Cyperaceae por 150 espécies (BOLDRINI, 2010).

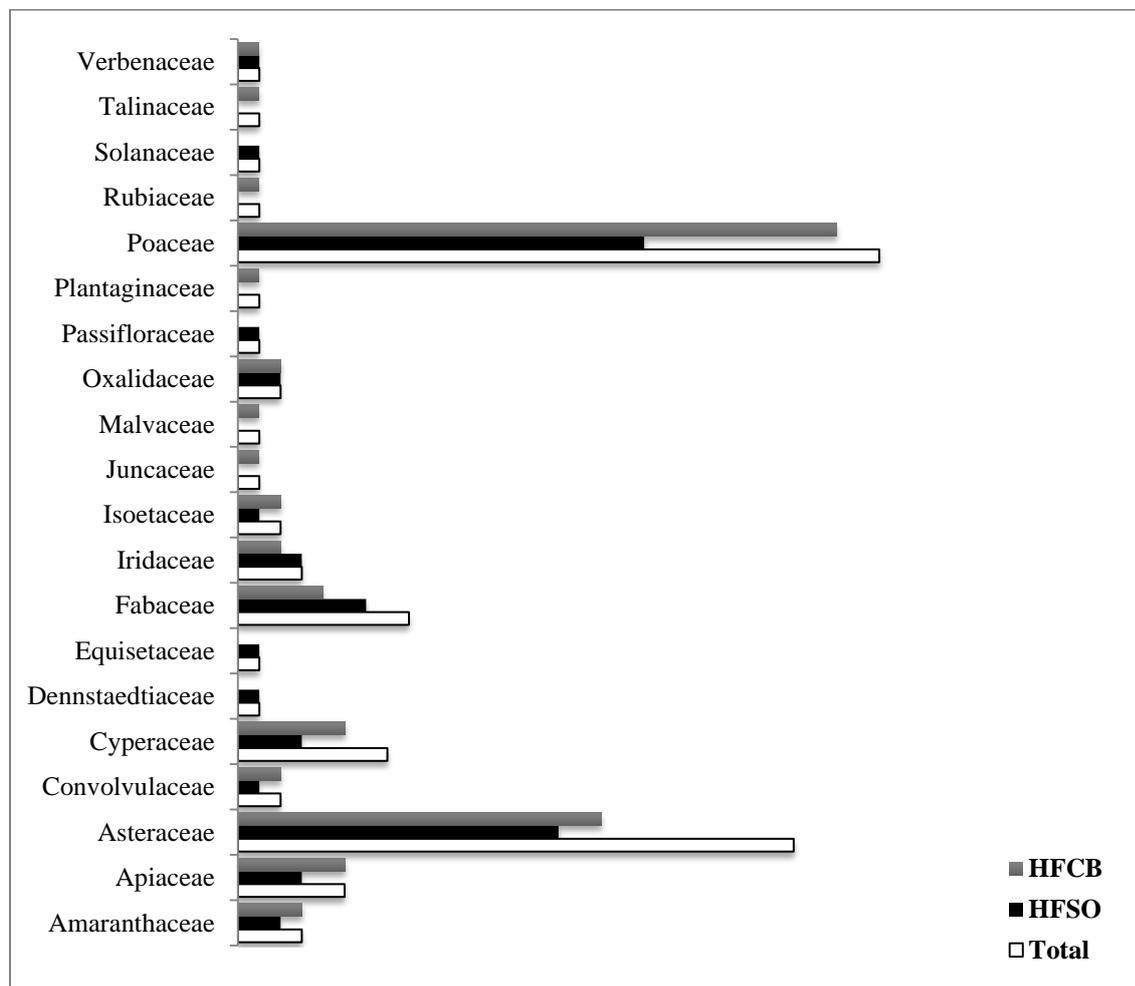
Nos campos de Canguçu as famílias com maior número de espécies registradas foram Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae e Fabaceae, as quais representaram juntas 58,96% do total de espécies encontradas (CAPORAL; BOLDRINI, 2007). Essas mesmas famílias destacaram-se em estudos realizados em campos da Serra do Sudeste por Girardi-Deiro (1999); Girardi-Deiro et al. (1994); Caporal (2006); Boavista (2012) e Goulart (2014).

Estudos realizados em campos nativos na região central do estado, por Quadros et al. (2003) e por Setubal; Boldrini (2012), também registraram Poaceae, Asteraceae, Apiaceae, Cyperaceae e Fabaceae entre as famílias mais representativas. No Morro Santana em Porto Alegre, Overbeck et al. (2006) destacam a predominância de Poaceae em área de ecótono campo-floresta, sendo *Elionurus muticus*, *Aristida flaccida*, *Aristida laevis*, *Andropogon lateralis* e *Leptochoryphium lanatum* as principais espécies.

Sabe-se que as áreas possuem histórico aliado à pecuária extensiva, atividade que acaba por selecionar algumas espécies menos palatáveis aos animais. Em longo prazo, o pastejo provoca modificações na composição botânica (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Tal fato interferiu na composição florística das áreas, devido principalmente à diferença temporal de exclusão das mesmas ao pastejo.

Outros fatores associados com a presença dos povoamentos florestais como maior sombreamento das áreas de campo, aumento da interceptação da chuva e deposição de mais material orgânico no solo provavelmente influíram no sítio e na vegetação campestre. Os povoamentos florestais também atuam como quebra-ventos nestas áreas, implicando diretamente na chegada de sementes e ou frutos alados em algumas áreas de campo.

Figura 11 – Número total de espécies de cada família botânica encontrada em vegetação campestre no HFCB e HFSO. São Gabriel, RS, 2017.



Fonte: A autora (2017).

No HFSO, área com maior tempo de exclusão e mais próxima aos fragmentos florestais, podem-se observar espécies cespitosas, pertencentes principalmente à família Asteraceae. A família Asteraceae tem valor fisionômico marcante, devido às espécies arbustivas dos gêneros *Eupatorium* e *Baccharis*, os quais caracterizam campos sujos e vassourais (SETUBAL, 2010). No presente estudo, *Eupatorium* e *Baccharis* ocorreram somente na flora do HFSO.

Pela menor distância do HFSO dos fragmentos florestais nativos, em meio à vegetação campestre registraram-se agrupamentos de espécies arbóreas. A proximidade com a floresta permite o estabelecimento de espécies pioneiras florestais e a presença de pequenos núcleos de arbustos, considerados núcleos de expansão florestal (MULLER; FORNECK, 2004). Em

campos do Planalto no RS, Machado (2004) encontrou maior densidade de “capões de mato” próximos às bordas de florestas contínuas.

Essas espécies ocorreram no HFSO isoladas ou em pequenos agrupamentos junto às nascentes em partes côncavas do relevo. São espécies encontradas nesses pequenos capões: *S. haematospermum*, *G. klotzschiana*, *Myrsine* sp., *G. uruguensis*, *A. edulis*, *L. molleoides*, *Z. rhoifolium*, *C. gongonha*, *S. polygamus*, *E. bifida* e *Xylosma* sp..

Quanto à diversidade e equabilidade da vegetação campestre, para o HFCB os valores encontrados foram de 3,93 para o índice de Shannon e 0,89 para o índice de Pielou. No HFSO os resultados foram semelhantes, sendo 3,89 para o índice de Shannon e 0,91 para o índice de Pielou. Em ambas as áreas de estudo considera-se uma média a alta diversidade de espécies e baixa dominância de poucas espécies sobre as demais.

As áreas com vegetação campestre no sul do Brasil são reconhecidas pela sua grande variedade botânica (SOZINSKI, 2000). Confirmando esta característica, altos valores expressos pelo índice de Shannon também foram encontrados em campos nativos do estado por Boldrini et al. (1998) e Garcia et al. (2005) – 3,53.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, QUÍMICA E FÍSICO-HÍDRICA DO SOLO EM GRADIENTE TOPOGRÁFICO EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO BIOMA PAMPA.

### 4.2.1 Classes de solo e granulometria

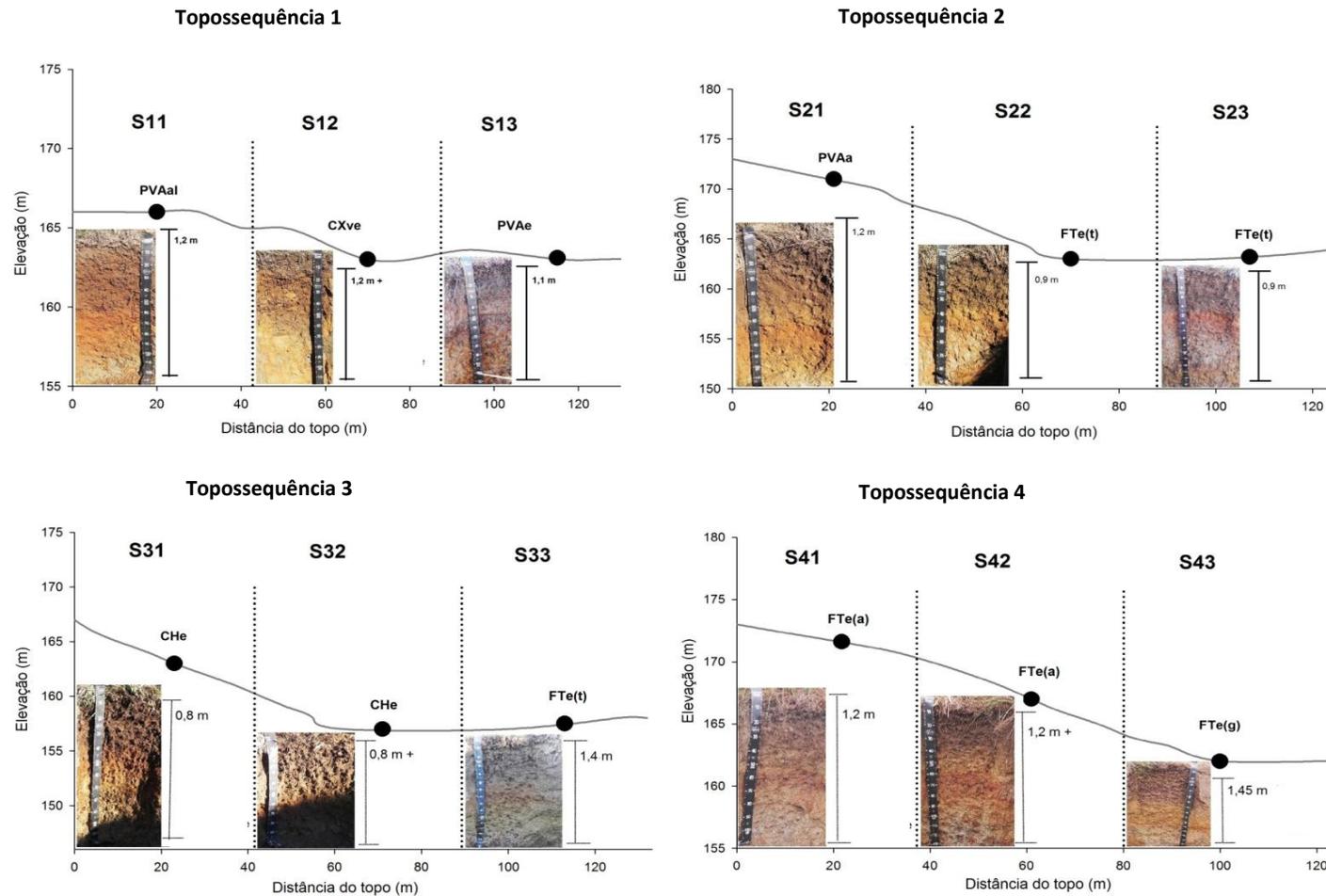
Ao todo foram encontradas três classes de solo no HFCB (Plintossolos, Argissolos e Cambissolos – Figura 12) e seis classes no HFSO em área de vegetação campestre (Argissolos, Neossolo, Gleissolo, Plintossolos, Planossolo e Chernossolos – Figura 13). Em área de vegetação florestal no HFSO foram encontradas três classes (Vertossolo, Neossolo e Gleissolo – Figura 14). Na Tabela 3, anteriormente inserida no texto, estão descritas todas as classes de solo com respectivas posições no relevo e siglas.

As classes de solo que ocorreram apenas na baixada do relevo, vinculadas ao ambiente de maior umidade no HFSO em área de campo, foram: GXbe, SXk, GMve e MTo. Na área de floresta neste mesmo horto foram: VEO e GXve. No HFCB apenas uma classe ocorreu exclusivamente na baixada do relevo: FTeg. Streck et al. (2008) afirmam que Planossolos são solos imperfeitamente ou mal drenados, encontrados geralmente em áreas de várzea e Chernossolos são típicos de áreas com relevo plano a suavemente ondulado. Os Vertissolos são geralmente encontrados em áreas planas nas partes mais baixas do relevo (BENEDETTI et al., 2010; KÄMPF et al., 1995), como também encontrado no presente estudo.

O relevo é um fator real de formação do solo, o qual influi significativamente no material de origem e tempo de mudanças erosivas e deposições (BUOL et al., 1997). Neste mesmo contexto, Braga (2011) cita que a participação do relevo aliado aos outros fatores de formação é muito importante para o processo evolutivo do solo. O autor dá ênfase na quantidade de água incorporada e transporte de sedimentos em função do relevo.

Em áreas mais planas, em baixada, o processo de intemperismo por erosão natural é quase inexistente e a infiltração de água é limitada, pois há acúmulo de água na paisagem (MEDEIROS, 2010). A acumulação de água na paisagem favorece processos como ferrólise, que conforme Medeiros (2010) condiciona a formação de Plintossolos e Planossolos. Em semelhança ao FTeg, ocorrente na baixada do relevo no HFCB e ao SXk no HFSO.

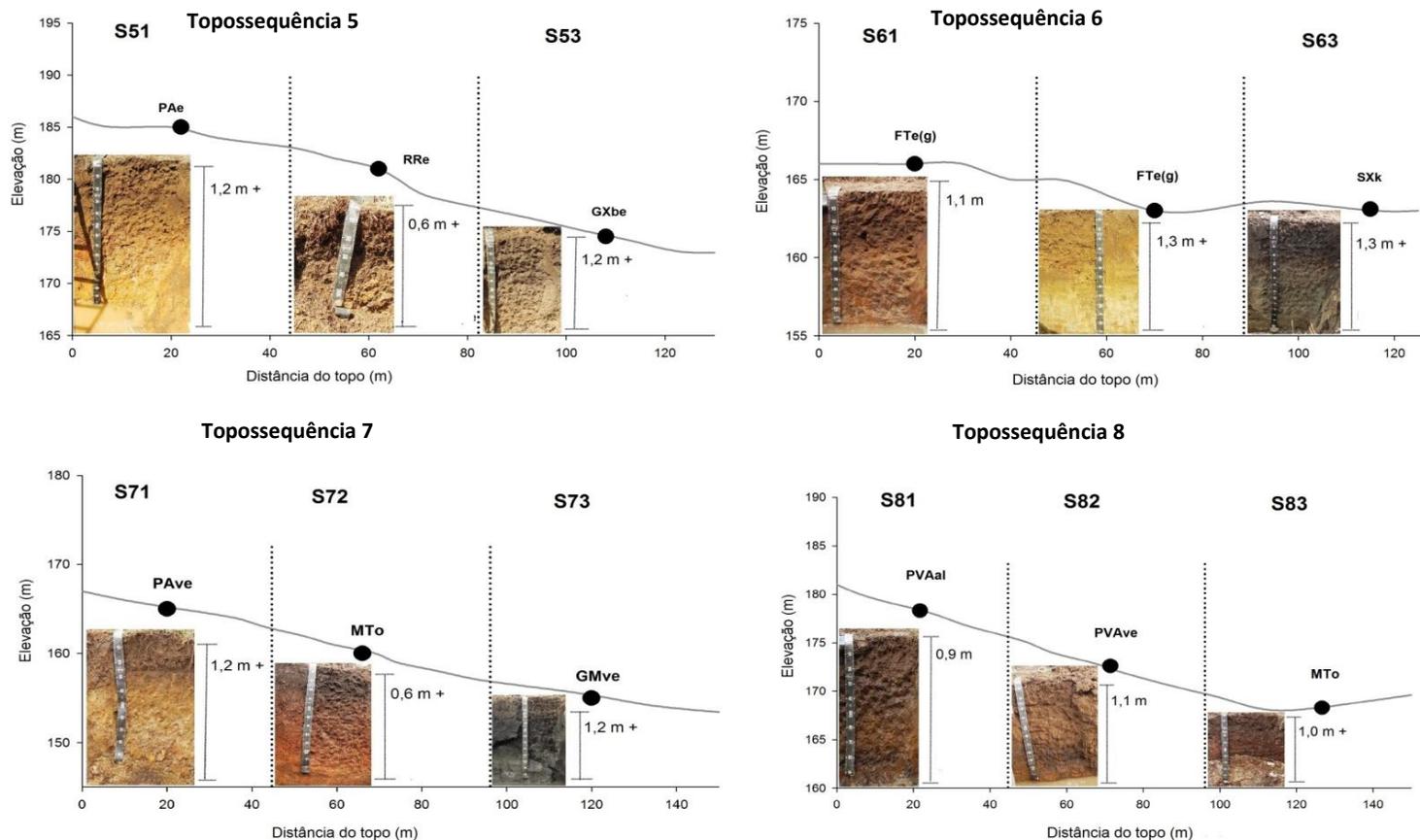
Figura 12 – Topossequências (1, 2, 3, 4) e respectivas classes de solo encontradas em 12 perfis (S11 até S43) avaliados em área de vegetação campestre no HFCB, São Gabriel, RS.



Sendo: PVAal - Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico endorredóxico CXve - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico léptico, PVAe - Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico plintossólico PVAa - Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico endorredóxico, FTe(t) - Plintossolo Argilúvico Eutrófico típico CHe - Cambissolo Húmico Eutrófico saprolítico, FTe(a) - Plintossolo Argilúvico Eutrófico abrupto FTe(g) - Plintossolo Argilúvico Eutrófico abrupto/gleissólico

Fonte: A autora (2017).

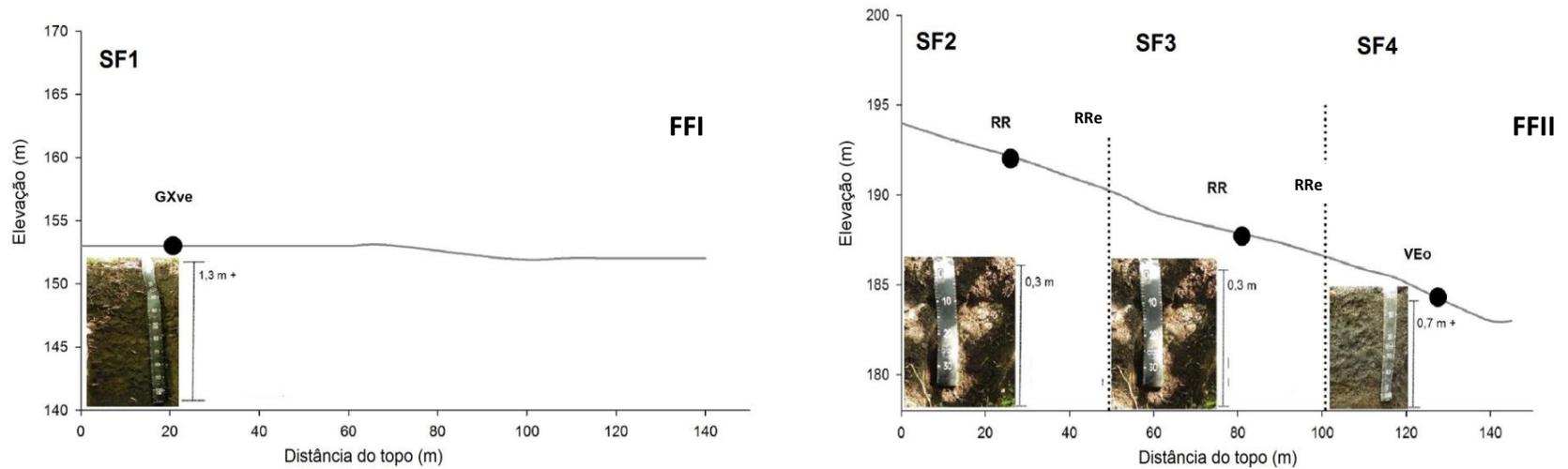
Figura 13 – Topossequências (5, 6, 7, 8) e respectivas classes de solo encontradas em 12 (S51 até S83) perfis avaliados em área de vegetação campestre no HFSO, São Gabriel, RS.



Sendo: PAe - Argissolo Amarelo Eutrófico plintossólico, RRe- Neossolo Regolítico Eutrófico típico, GXbe - Gleissolo Háplico Tb Eutrófico típico, FTe(g) - Plintossolo Argilúvico Eutrófico abrupto/gleissólico, SXk - Planossolo Háplico Carbonático vertissólico PAve- Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Eutrófico léptico, MTo - Chernossolo Argilúvico Órtico saprolítico, GMve - Gleissolo Melânico Ta Eutrófico vertissólico, PVAal - Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico endorredóxico, PVAve - Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Eutrófico léptico.

Fonte: A autora (2017).

Figura 14 – Classes de solo encontradas em 4 perfis (SF1 até SF4) em área de vegetação florestal (FFI e FFII) no HFSO, São Gabriel, RS.



Sendo: GXve - Gleissolo Háplico Ta Eutrófico típico, RRe - Neossolo Regolítico Eutrófico típico, VEo - Vertissolo Ebânico Órtico chernossólico.  
 Fonte: A autora (2017).

Ao contrário, as classes de Argissolos, Neossolos, Cambissolos e a maior parte das classes de Plintossolos não ocorreram na baixada do relevo. Neossolos foram encontradas por Setubal (2010) predominantemente em áreas de topo do relevo no Morro São Pedro, e Argissolos em meia encosta. Botrel et al. (2002) encontraram numa topossequência em Floresta Estacional Semidecidual gradiente topográfico formado por Neossolo-Cambissolo-Argissolo. Cambissolos foram encontrados por Schneider et al. (2008) nas encostas de morros graníticos na região de Porto Alegre. Todos esses autores fazem referência ao regime de drenagem em função do relevo, fato que infere nos processos pedológicos.

Os Plintossolos ocorrentes em posições superiores do relevo no HFCB e HFSO estão em áreas onde há oscilação do lençol freático, condição que lhes confere concreções ferruginosas (plintitas). Esses solos têm ocorrência relacionada com terrenos de várzea e em áreas com terreno plano a suavemente ondulado (CASSOL, 2014). Este mesmo autor encontrou Plintossolos em partes superiores do relevo, avaliando topossequência na região central do Brasil.

A profundidade média dos perfis de solo encontrados no HFCB é maior do que a média encontrada para os perfis do HFSO. Este fato deve-se em parte ao terreno mais côncavo, principalmente nas posições de encosta do HFCB. A declividade média do terreno permite controlar a relativa facilidade do escoamento e infiltração de água no solo, influenciando desta forma, no grau de desenvolvimento e profundidade do perfil.

A profundidade do perfil pode ser indicativa de intensidade de atuação dos processos pedogenéticos (MEDEIROS, 2010). A mesma autora encontrou solos com perfis mais desenvolvidos e profundos, em posições menos inclinadas do relevo na região de Porto Alegre. As classes de Argissolos e Plintossolos, mais frequentes no HFCB, ocorrem em topografia mais côncava, característica que oferece condições à infiltração da água ao longo do perfil, promovendo avanço nos aspectos pedológicos e por consequência perfis mais profundos.

No HFCB, as classes de solos encontradas na topossequência apresentam predominantemente textura média-siltosa, com média geral de 52,89% de silte na composição granulométrica. A composição granulométrica, posição no relevo e cota de altitude de cada classe de solo estão discriminados na Tabela 11.

Das classes encontradas no HFCB, as que apresentaram maiores teores de silte na composição granulométrica foram: CXve e PVAe, alocados respectivamente em meia encosta e baixada do terreno. As classes com maiores teores de argila ocorreram em topo PVAa e meia encosta FTa, essas classes possuem ao longo de seu perfil um horizonte iluvial, ricos

em argila devido ao processo de lessivagem. Os maiores teores de areia foram em FTeg, ocorrente em baixada do relevo e em CHe, em meia encosta e topo.

A relação silte/argila para as classes encontradas no HFCB variaram entre 0,92 e 4,75. O menor valor ocorreu no horizonte Bf em FTeg e o maior valor no horizonte Ac em CHe. A média geral desta variável foi de 2,76. Os valores dessa relação indicam o grau de intemperismo do solo, valores mais baixos apontam para graus mais elevados de intemperismo. Medeiros (2010) encontrou valores menores que 1 para relação silte/argila em horizontes superficiais e valores entre 0,35 e 0,65 nos horizontes iluviais (horizonte B), indicando expressivo grau de intemperismo. Os resultados do autor concordam com os encontrados no presente estudo, valores mais baixos para relação silte/argila em horizontes iluviais.

As diferenças na composição granulométrica decorrem, em parte, devido à variedade dos materiais de origem. As áreas de estudo encontram-se em região de transição entre duas províncias geomorfológicas distintas: a Depressão Periférica com rochas sedimentares e o Escudo Sul-rio-grandense, este formado por rochas de composição graníticas associadas a cinturões de rochas metamórficas como xistos, mármore, gnaisses e quartzitos (STRECK et al., 2008).

No HFSO, as classes texturais predominantes foram: média-argilosa e média-arenosa, apresentando média geral de argila igual a 30,77% e 25,35% de areia total. A composição granulométrica, posição no relevo e cota de altitude de cada classe de solo estão discriminados na Tabela 12.

Das classes encontradas no HFSO, apresentaram maiores teores de argila na composição granulométrica SXk e MTO, ocorrentes em baixada e meia encosta do terreno, respectivamente. Os maiores teores de areia foram encontrados em RRe, ocorrente em meia encosta e topo, GXbe em baixada e em FTeg em meia encosta (terço inferior) do relevo. Quanto aos teores de silte, foram encontrados os maiores resultados em GMve presente na baixada e em MToe em meia encosta do relevo.

Os valores correspondentes à relação silte/argila encontrados nas classes de solo do HFSO, variaram entre 0,32 e 5,69, sendo o resultado 5,69 encontrado somente no horizonte Cg2 em GMve, discrepante em relação aos outros resultados encontrados. A média desta variável foi de 0,99, inferior à média encontrada para as classes de solo do HFCB. Esse resultado indica de uma maneira geral, maior grau de intemperismo nos solos do HFSO.

Tabela 11 – Composição granulométrica, classe textural e respectivas ocorrências nas posições do relevo para cada classe de solo encontrada no Horto Florestal Batovi II, em área de vegetação campestre, São Gabriel, RS.

HFCB									
Classe	Hz	Prof. (cm)	Composição granulométrica (%)				silte/argila	Classe tx	Posição
			Areia g.	Areia f.	Silte	Argila			
(PVAa)	A1	0-13	7	19	60	14	4,29	Média-siltosa	Topo
	A2	13-40	5	20	57	18	3,17	Média-siltosa	
	AB	40-55	11	16	53	20	2,65	Média-siltosa	
	B	55-70/95	2	11	52	35	1,49	Argilosa	
	BC	95-120	6	20	50	24	2,08	Média-siltosa	
<b>média</b>			<b>6.20</b>	<b>17.20</b>	<b>54.40</b>	<b>22.20</b>	<b>2.74</b>		
(CXve)	A	00-18	13	10	61	16	3,81	Média-siltosa	Meia encosta
	Bi	18-35/70	2	10	62	26	2,38	Siltosa	
	CrR	70-120+	2	12	68	18	3,78	Siltosa	
<b>média</b>			<b>5.67</b>	<b>10.67</b>	<b>63.67</b>	<b>20.00</b>	<b>3.32</b>		
(PVAe)	A	00-35	7	13	62	18	3,44	Média-siltosa	Meia encosta (terço inferior)
	AB	35-50	8	17	55	20	2,75	Média-siltosa	
	Bt	50-85	2	4	56	38	1,47	Argilosa	
	C	85-110	1	1	86	12	7,17	Siltosa	
<b>média</b>			<b>4.50</b>	<b>8.75</b>	<b>64.75</b>	<b>22.00</b>	<b>3.71</b>		
(FTe) t	A	00-25	8	19	57	16	3,56	Média-siltosa	Meia encosta
	BA	25-45	8	10	56	26	2,15	Média-siltosa	
	Bf	45-90	1	5	61	33	1,85	Siltosa	
<b>média</b>			<b>5.67</b>	<b>11.33</b>	<b>58.00</b>	<b>25.00</b>	<b>2.52</b>		
(PVAa)	A	00-45	6	23	55	16	3,44	Média-siltosa	Topo
	AB	45-65	16	18	44	22	2,00	Média-siltosa	
	Bt	65-95	6	12	41	41	1,00	Argilosa	
	BC	95-120	3	27	42	28	1,50	Média-siltosa	
<b>média</b>			<b>7.75</b>	<b>20.00</b>	<b>45.5</b>	<b>26.75</b>	<b>1.98</b>		
(Che)	A1c	00-18	12	19	57	12	4,75	Média-siltosa	Meia encosta (terço superior)
	A2c	18-40	38	16	34	12	2,83	Média-arenosa	
	Bic	40-70	3	25	54	18	3,00	Média-siltosa	Topo
	BCc	70-80	10	20	52	18	2,89	Média-siltosa	
<b>média</b>			<b>15.75</b>	<b>20.00</b>	<b>49.25</b>	<b>15.00</b>	<b>3.37</b>		
(FTe) a	A	00-40	9	24	55	12	4,58	Média-siltosa	Meia encosta
	AB	40-55	6	25	53	16	3,31	Média-siltosa	
	Bf1	55-85	3	10	46	41	1,12	Argilosa	Meia encosta (terço superior)
	Bf2	85-120	4	10	53	33	1,61	Siltosa	
<b>média</b>			<b>5.50</b>	<b>17.25</b>	<b>51.75</b>	<b>25.50</b>	<b>2.65</b>		
(FTe) g	A1	00-25	11	41	36	12	3,00	Média-siltosa	Baixada
	A2	25-65	10	41	36	13	2,50	Média-siltosa	
	BA	65-85	10	31	35	24	1,46	Média-siltosa	
	Bf	85-115	4	21	36	39	0,92	Argilosa	
	BCf	115-145	6	29	36	29	1,24	Média-siltosa	
<b>média</b>			<b>8.20</b>	<b>32.60</b>	<b>35.80</b>	<b>23.40</b>	<b>1.82</b>		

Tabela 12 – Composição granulométrica, classe textural e respectivas ocorrências nas posições do relevo para cada classe de solo encontrada no HFSO, em áreas de vegetação campestre e florestal, São Gabriel, RS.

HFSO									
Classe	Hz	Prof. (cm)	Composição granulométrica (%)				silte/argila	Classe tx	Posição
			Areia g.	Areia f.	Silte	Argila			
(PAe)	A1	0-35	43	19	19	19	1,00	Média-arenosa	Topo
	A2	35-55	40	16	14	30	0,47	Média-argilosa	
	B	55-95	38	12	12	38	0,32	Argilosa	
	BC	95-120+	33	12	17	38	0,45	Argilosa	
<b>médias</b>			<b>38.5</b>	<b>14.75</b>	<b>15.5</b>	<b>31.25</b>	<b>0.56</b>		
(RRe)	A	0-20	53	14	20	13	1,54	Média-arenosa	Meia encosta
	AC	20-35	59	10	18	13	1,38	Média-arenosa	
	CR	35-60+	61	8	16	15	1,07	Média-arenosa	Topo
	<b>médias</b>			<b>57.67</b>	<b>10.67</b>	<b>18.00</b>	<b>13.67</b>	<b>1.33</b>	
(GXbe)	A	0-38	38	15	23	24	0,96	Média-argilosa	Baixada
	AC	38-58	46	12	19	23	0,83	Média-argilosa	
	Cg1	58-90	46	18	11	25	0,44	Média-argilosa	
	Cg2	90-120+	50	18	3	29	0,10	Média-argilosa	
<b>médias</b>			<b>45.00</b>	<b>15.75</b>	<b>14.00</b>	<b>25.25</b>	<b>0.58</b>		
(FTd)	A	0-20	45	31	15	9	1,67	Média-arenosa	Meia encosta (terço inferior)
	AB	20-40	34	33	16	17	0,94	Média-arenosa	
	BA	40-70	32	25	15	28	0,54	Média-argilosa	
	Bf	70-110+	21	25	18	36	0,50	Argilosa	
<b>médias</b>			<b>33.00</b>	<b>28.50</b>	<b>16.00</b>	<b>22.50</b>	<b>0.91</b>		
(SXk)	A	0-40	19	24	34	23	1,27	Média-siltosa	Baixada
	BA	40-60	12	16	34	38	1,00	Argilosa	
	Btgk	60-95	15	15	25	45	0,71	Argilosa	
	Btg	95-130+	21	11	24	44	0,55	Argilosa	
<b>médias</b>			<b>16.75</b>	<b>16.50</b>	<b>29.25</b>	<b>37.50</b>	<b>0.88</b>		
(PAve)	A	0-25	35	27	19	19	1,00	Média-arenosa	Topo
	Bt	25-45	29	16	19	36	0,53	Argilosa	
	BC	45-70	42	18	14	26	0,54	Média-argilosa	
<b>médias</b>			<b>35.33</b>	<b>20.33</b>	<b>17.33</b>	<b>27.00</b>	<b>0.69</b>		
(MTo) e	A	0-30	20	16	32	32	1,00	Média-siltosa	Meia encosta
	BA	30-60	20	12	28	40	0,70	Argilosa	
	Bt1	60-95	5	5	33	57	0,58	Argilosa	
	Bt2	95-120+	7	6	37	50	0,74	Argilosa	
<b>médias</b>			<b>13.00</b>	<b>9.75</b>	<b>32.50</b>	<b>44.75</b>	<b>0.75</b>		
(GMve)	A	0-30	9	8	52	31	1,68	Média-siltosa	Baixada
	Cg1	30-60	10	8	58	24	2,42	Média-siltosa	
	Cg2	60-100+	6	7	74	13	5,69	Siltosa	
<b>médias</b>			<b>8.33</b>	<b>7.67</b>	<b>61.33</b>	<b>22.67</b>	<b>3.26</b>		
(PVAve)	A1	0-25	31	26	21	22	0,95	Média-argilosa	Meia encosta
	A2	25-55	27	26	21	26	0,81	Média-argilosa	
	BA	55-70	26	22	20	32	0,63	Média-siltosa	
	B	70-85	22	14	22	42	0,52	Argilosa	
	BC	85-110	29	18	14	39	0,36	Argilosa	
<b>médias</b>			<b>27.00</b>	<b>21.20</b>	<b>19.60</b>	<b>32.20</b>	<b>0.65</b>		
(MTo) s	A	0-19	33	21	22	24	0,92	Média-argilosa	Baixada
	BAC	19-35	32	15	17	36	0,47	Argilosa	
	Bt	35-60	18	10	26	46	0,57	Argilosa	
	II CR	60-100+	62	8	15	15	1,00	Média-arenosa	
<b>médias</b>			<b>36.25</b>	<b>13.50</b>	<b>20.00</b>	<b>30.25</b>	<b>0.74</b>		
(GXve)	A1	0-25	33	32	22	13	1,69	Média-arenosa	Baixada
	A2	25-60	18	33	29	20	1,45	Média-siltosa	
	AC	60-80	15	32	32	21	1,52	Média-siltosa	
	Cg1	80-110	12	22	44	22	2,00	Média-siltosa	
	Cg2	110-130+	16	28	32	24	1,33	Média-siltosa	
<b>médias</b>			<b>18.80</b>	<b>29.40</b>	<b>31.80</b>	<b>20.00</b>	<b>1.60</b>		
(VEo)	A1	0-12	24	20	28	28	1,08	Média-siltosa	Baixada
	A2	12-25	22	18	30	30	1,00	Média-siltosa	
	Bv1	25-50	23	17	28	32	0,88	Média-siltosa	
	Bv2	50-70+	23	14	27	36	0,75	Argilosa	
<b>médias</b>			<b>23.00</b>	<b>17.25</b>	<b>28.25</b>	<b>31.50</b>	<b>0.93</b>		

#### 4.2.2 Atributos químicos do solo

Os resultados das propriedades químicas do solo representam a condição natural do solo, posto que não foram feitas adubações e ou correções nas áreas avaliadas. Os resultados de atributos químicos das classes de solo encontradas no HFCB e no HFSO estão discriminados nas Tabelas 13 e 14, respectivamente.

Os perfis avaliados, em ambas as áreas de estudo, apresentam, em geral, baixos teores de fósforo (P), fato comumente observado em solos de regiões subtropicais e tropicais. Os menores teores de potássio (K) e P, provavelmente estão associados a elevada mobilidade desses elementos no solo, o que é comum em solos brasileiros (RAIJ, 1991).

Os horizontes superficiais apresentaram os maiores teores de P, o que pode ser atribuído à maior quantidade de matéria orgânica nas camadas superficiais e decorrente mineralização. Nessa situação, devido à matéria orgânica estar na superfície do solo, os cátions ( $H^+$  e  $Al^{+3}$ ) não se encontram aderidos às cargas negativas do solo (SILVA et al., 2006).

A classe de solo com maior teor de P no horizonte superficial é VEO, encontrado em área de vegetação florestal, em local de baixada do relevo no HFSO. A cobertura florestal, conforme Solomon et al. (2002), influencia fortemente na disponibilidade de P no solo.

Os valores de pH dos solos no HFCB, variam entre 4,6 e 6,3, enquanto que os valores de pH para os solos ocorrentes no HFSO variam entre 4,1 e 7,5. Conforme Embrapa (2006), os solos com pH entre 6,6 e 7,3 são considerados praticamente neutros, solos moderadamente ácidos apresentam valores de pH entre 6,5 e 5,4, solos fortemente ácidos apresentam valores de pH entre 4,3 e 5,3 e solos extremamente ácidos têm valores menores que 4,3. Portanto, os solos do HFCB estão entre as classes de solos moderadamente ácidos e fortemente ácidos, e os solos do HFSO variam entre solos neutros à fortemente ácidos.

Os baixos valores de pH estão provavelmente vinculados à carência de alguns nutrientes nos solos. Solos ácidos com pH abaixo de 5,5 possuem teores de alumínio (Al), zinco (Zn) e manganês (Mn) tóxicos às plantas e deficiências de elementos como cálcio (Ca), magnésio (Mg), P, molibdênio (Mo) (BISSANI et al., 2004). Os macronutrientes, como nitrogênio (N), K, Ca, Mg e enxofre (S), por efeitos diretos ou indiretos, apresentam-se em maior disponibilidade para as plantas em pH na faixa de 6,0-6,5 (MORALES, 2013).

A acidez elevada vem acompanhada por altos teores de alumínio trocável do solo. Os valores médios de Al no HFCB variaram entre 0,53 cmolc/dm<sup>3</sup> em PVAe até 2,70 cmolc dm<sup>-3</sup> em PVAa (ocorrente em baixada), enquanto no HFSO entre 2,47 cmolc dm<sup>-3</sup> em PVAe

(ocorrente em meia encosta) até  $0,00 \text{ cmolc dm}^{-3}$  em VEO (ocorrente em baixada). Os maiores valores foram encontrados em horizontes mais profundos do solo.

De acordo com Tedesco e Bissani (2004), o Al, representado pelo cátion trivalente, encontra-se retido nas cargas negativas das partículas do solo. No presente estudo, o elevado teor de matéria orgânica em VEO influenciou positivamente os baixos teores de Al livre na solução do solo. Conforme Salet (1998), a complexação do Al por substâncias húmicas da matéria orgânica parece ser a reação mais importante sob ponto de vista da redução da fitotoxidez.

A distribuição do carbono orgânico total em todos os perfis avaliados apresenta como principal característica a diminuição em profundidade, independentemente da posição no relevo ou tipologia vegetal. Os maiores resultados encontrados para carbono orgânico no solo foram em VEO (2,40 %), sob vegetação florestal, e localizado em baixada de relevo no HFSO.

Em solos florestais, principalmente os das matas decíduas, sempre há deposição de resíduos orgânicos. Também ocorre menor perda de nutrientes do solo devido à alta diversidade e melhor cobertura do solo (MELLONI et al., 2001). Porém classes encontradas sob vegetação campestre também apresentaram valores expressivos de carbono orgânico: PAve (2,13%) e GMve (2,14%), localizados respectivamente em topo e baixada de relevo.

No HFCB, foram encontrados os menores resultados para esta variável, a classe com o maior valor de carbono orgânico foi CHE (1,55%), localizada em topo, meia encosta e baixada. Altos valores de carbono orgânico em camadas superficiais nas áreas de campo, provavelmente vinculam-se ao curto ciclo de vida de espécies anuais ou ecotonais. Nesse aspecto, considera-se que as raízes das gramíneas são anualmente renovadas e, assim, proporcionam maior incorporação da matéria orgânica no horizonte A dos solos (ABRÃO, 2011). Vale a pena destacar que a maior biomassa gerada por espécies cespitosas, mais frequentes no HFSO, contribuiu para os maiores resultados.

Ao longo das topossequências avaliadas nos dois hortos florestais, a vegetação predominante é a campestre. É característico desse tipo de vegetação a alta relação C/N, conteúdo elevado de ligninas, polifenóis e estruturas mais rígidas (HEAL et al., 1997). Durante a estação seca os restos vegetais permanecem pouco transformados no solo, e na estação úmida são rapidamente mineralizados e estabilizados na fração húmica (MANZATTO, 1990).

Os maiores valores de CTC e soma de bases (V), ocorrem nas classes CXve e PVAe, em meia encosta e baixada do relevo sob vegetação campestre no HFCB, e nas classes GMve

e VEO, em baixada do relevo, sob vegetação campestre e florestal, respectivamente, no HFSO. Associados aos maiores valores de CTC, encontraram-se elevados teores de matéria orgânica e pH.

Em relação aos nutrientes, provedores dos resultados de CTC, o teor total desses elementos varia com o material de origem e com o grau de intemperização do solo. Vinculam-se aos maiores resultados de CTC e V dos solos, os maiores teores de K, Ca, Mg, Na e Al. Em estudo realizado por Canellas et al. (2000), houve forte correlação entre a matéria orgânica do solo e valores de CTC. Medeiros (2010) encontrou correlação positiva entre maiores valores de CTC e V com teores de argila no solo. Nesse aspecto, CXve, PVAe, GMve e VEO apresentaram textura classificada como média-siltosa, porém todos apresentaram teores expressivos de argila, respectivamente 20%, 22%, 22,7% e 31,5%.

É comum que a fertilidade química dos solos em topossequência aumente do topo para a base da encosta, o que também coincide com o incremento do conteúdo de água (RESENDE et al., 1988). Esses solos também apresentam valores significativos de carbono orgânico total.

Tabela 13 – Atributos químicos das classes de solo encontradas em área de vegetação campestre no Horto Florestal Cerro do Batovi II, São Gabriel, RS.

PROPRIEDADE QUÍMICAS DO SOLO														
Classe	Hz	pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	C.org	P	S	K	Ca	Mg	Al	Na	H	CTC <sub>pH 7</sub>	N	V
			%	mg g <sup>-1</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>							%		
<b>HORTO FLORESTAL CERRO DO BATOVI II</b>														
(PVAal)	A1	4,8	2,40	3,2	4,0	0,18	2,4	1,4	0,5	0,02	3,9	8,4	0,13	48
	A2	4,9	1,10	1,8	2,5	0,07	1,7	0,7	1,2	0,02	2,7	6,4	0,06	39
	AB	4,9	0,52	1,6	2,6	0,08	1,6	0,9	1,6	0,03	2,1	6,3	0,04	41
	B	4,9	0,43	1,2	5,6	0,17	2,9	2,5	4,2	0,05	2,1	11,9	0,04	47
	BC	5,0	0,26	1,0	2,4	0,08	1,5	0,7	3,0	0,15	1,3	6,7	0,03	36
	<b>média</b>	<b>4.9</b>	<b>0.942</b>	<b>1.76</b>	<b>3.42</b>	<b>0.12</b>	<b>2.02</b>	<b>1.24</b>	<b>2.1</b>	<b>0.05</b>	<b>2.42</b>	<b>7.94</b>	<b>0.06</b>	<b>42.2</b>
(CXve)	A	4,9	2,30	3,5	4,4	0,26	2,4	1,7	0,9	0,03	6,3	11,6	0,14	38
	Bi	5,1	0,66	1,9	5,1	0,15	2,8	2,1	3,0	0,06	2,1	10,2	0,06	50
	CrR	5,3	0,29	0,9	5,0	0,14	2,6	2,1	2,9	0,13	1,3	9,2	0,03	54
	<b>média</b>	<b>5.10</b>	<b>1.08</b>	<b>2.10</b>	<b>4.83</b>	<b>0.18</b>	<b>2.60</b>	<b>1.97</b>	<b>2.27</b>	<b>0.07</b>	<b>3.23</b>	<b>10.33</b>	<b>0.08</b>	<b>47.33</b>
(PVAe)	A	4,7	2,20	3,9	3,9	0,15	2,6	1,1	1,2	0,07	4,5	9,6	0,14	41
	AB	5,2	1,10	1,5	3,5	0,06	2,3	1,0	0,9	0,09	2,2	6,6	0,07	53
	Bt	5,9	0,75	3,2	19,6	0,36	12,1	6,7	0,0	0,40	2,5	22,1	0,06	89
	C	6,3	0,14	2,3	20,2	0,35	12,4	7,1	0,0	0,33	1,3	21,5	0,02	94
	<b>média</b>	<b>5.53</b>	<b>1.05</b>	<b>2.73</b>	<b>11.80</b>	<b>0.23</b>	<b>7.35</b>	<b>3.98</b>	<b>0.53</b>	<b>0.22</b>	<b>2.63</b>	<b>14.95</b>	<b>0.07</b>	<b>69.25</b>
(FTe) t	A	4,9	1,60	1,5	2,8	0,15	1,7	0,9	0,9	0,03	3,0	6,7	0,09	42
	BA	5,1	0,78	1,1	2,5	0,11	1,3	1,0	2,5	0,06	2,2	7,2	0,05	35
	Bf	4,9	0,33	1,4	6,5	0,22	3,2	2,9	3,2	0,16	2,0	11,7	0,03	56
	<b>média</b>	<b>4.97</b>	<b>0.90</b>	<b>1.33</b>	<b>3.93</b>	<b>0.16</b>	<b>2.07</b>	<b>1.60</b>	<b>2.20</b>	<b>0.08</b>	<b>2.40</b>	<b>8.53</b>	<b>0.06</b>	<b>44.33</b>
(PVAa)	A	4,8	1,60	2,9	3,7	0,13	2,3	1,2	0,8	0,03	3,1	7,6	0,11	49
	AB	4,8	0,96	1,3	2,3	0,07	1,4	0,8	1,8	0,06	2,0	6,1	0,07	38
	Bt	5,0	0,50	1,1	3,3	0,13	1,6	1,4	4,4	0,15	1,6	9,3	0,05	35
	BC	5,1	0,38	1,0	3,6	0,13	1,6	1,7	3,8	0,16	1,0	8,4	0,04	43
	<b>média</b>	<b>4.93</b>	<b>0.86</b>	<b>1.58</b>	<b>3.23</b>	<b>0.12</b>	<b>1.73</b>	<b>1.28</b>	<b>2.70</b>	<b>0.10</b>	<b>1.93</b>	<b>7.85</b>	<b>0.07</b>	<b>41.25</b>
(CHe)	A1c	5,1	3,30	6,3	6,6	0,53	3,9	2,1	0,3	0,03	5,1	12,0	0,27	55
	A2c	5,3	1,84	2,7	5,2	0,41	2,9	1,9	0,2	0,02	3,0	8,4	0,15	62
	Bic	5,0	0,78	1,0	5,5	0,18	2,7	2,6	1,5	0,05	1,7	8,7	0,08	63
	BCc	5,2	0,26	1,2	5,3	0,10	2,5	2,6	1,6	0,06	1,6	8,5	0,03	62
	<b>média</b>	<b>5.15</b>	<b>1.55</b>	<b>2.80</b>	<b>5.65</b>	<b>0.31</b>	<b>3.00</b>	<b>2.30</b>	<b>0.90</b>	<b>0.04</b>	<b>2.85</b>	<b>9.40</b>	<b>0.13</b>	<b>60.50</b>
(FTe) a	A	4,9	1,90	4,0	4,6	0,22	2,6	1,7	1,1	0,04	3,7	9,4	0,13	49
	AB	5,0	1,30	1,1	3,7	0,13	1,1	0,9	2,2	0,05	3,1	7,6	0,09	49
	Bf1	5,1	0,67	1,6	7,2	0,26	3,4	3,2	2,0	0,31	5,3	14,1	0,05	51
	Bf2	5,2	0,38	1,5	11,2	0,30	4,8	5,5	1,8	0,60	1,6	14,6	0,03	77
	<b>média</b>	<b>5.05</b>	<b>1.06</b>	<b>2.05</b>	<b>6.68</b>	<b>0.23</b>	<b>2.98</b>	<b>2.83</b>	<b>1.78</b>	<b>0.25</b>	<b>3.43</b>	<b>11.43</b>	<b>0.08</b>	<b>56.50</b>
(FTe) g	A1	4,6	1,70	3,4	36	0,11	1,5	0,6	1,3	0,04	3,6	7,2	0,11	32
	A2	5,0	0,96	1,8	57	0,05	1,1	0,4	2,1	0,05	2,7	6,4	0,09	25
	BA	5,1	0,57	1,5	35	0,09	1,8	1,5	1,9	0,09	1,8	7,2	0,06	49
	Bf	5,1	0,45	1,7	26	0,17	3,6	3,5	2,6	0,17	1,7	11,7	0,04	63
	BCf	5,3	0,19	1,2	12	0,14	3,1	3,1	0,9	0,11	1,7	9,1	0,02	71
	<b>média</b>	<b>5.02</b>	<b>0.77</b>	<b>1.92</b>	<b>33.20</b>	<b>0.11</b>	<b>2.22</b>	<b>1.82</b>	<b>1.76</b>	<b>0.09</b>	<b>2.30</b>	<b>8.32</b>	<b>0.06</b>	<b>48</b>

Em que: pH (H<sub>2</sub>O) – Valor de pH em água; C. org % - Teores de carbono orgânico; P – Teores de fósforo; S – Teores de enxofre; K – Teores de potássio; Ca – Teores de cálcio; Mg – Teores de magnésio; Al – Teores de alumínio trocável; Na – Teores de sódio; H – Teores de hidrogênio; CTC pH 7 – Capacidade de troca de cátions medida a pH = 7,0; N – Teores de nitrogênio; V – Valores de saturação por bases.

Tabela 14 – Atributos químicos das classes de solo encontradas em áreas de vegetação campestre e florestal no HFSO. São Gabriel, RS, 2017.

PROPRIEDADE QUÍMICAS DO SOLO														
Classe	Hz	pH <sub>(H2O)</sub>	C.org	P	S	K	Ca	Mg	Al	Na	H	CTC <sub>pH 7</sub>	N	V
			%	mg g <sup>-1</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>								%	
<b>HORTO FLORESTAL SANTA OLGA</b>														
(PAe)	A	4,9	1,40	0,6	2,2	0,05	1,4	0,7	0,7	0,02	3,3	6,2	0,12	35
	BA	4,9	0,78	0,7	3,5	0,06	1,6	1,7	1,6	0,17	2,6	7,7	0,08	45
	Bt1	5,4	0,34	0,6	6,5	0,09	2,7	3,4	0,9	0,26	1,2	8,6	0,05	76
	Bt2	5,3	0,19	0,4	6,6	0,10	2,8	3,4	0,7	0,26	1,6	8,9	0,03	74
	<b>média</b>	<b>5.13</b>	<b>0.68</b>	<b>0.58</b>	<b>4.70</b>	<b>0.08</b>	<b>2.13</b>	<b>2.30</b>	<b>0.98</b>	<b>0.18</b>	<b>2.18</b>	<b>7.85</b>	<b>0.07</b>	<b>57.50</b>
(RRe)	A	4,9	1,70	3,1	5,0	0,27	3,1	1,6	0,5	0,03	2,6	8,1	0,13	62
	AC	5,2	0,82	1,5	5,3	0,08	3,8	1,4	0,7	0,06	2,0	8,0	0,08	66
	CR	5,3	0,57	1,2	5,7	0,06	3,9	1,7	0,9	0,06	2,0	8,6	0,05	66
	<b>média</b>	<b>5.13</b>	<b>1.03</b>	<b>1.93</b>	<b>5.33</b>	<b>0.14</b>	<b>3.60</b>	<b>1.57</b>	<b>0.70</b>	<b>0.05</b>	<b>2.20</b>	<b>8.23</b>	<b>0.09</b>	<b>64.67</b>
(GXbe)	A	5,0	1,60	1,3	6,3	0,09	4,4	1,8	0,8	0,03	2,3	9,4	0,12	67
	AC	5,3	0,78	0,7	4,2	0,05	3,1	1,0	0,8	0,05	2,3	7,3	0,06	58
	Cg1	5,1	0,38	0,4	3,6	0,04	2,5	1,0	0,6	0,05	1,9	6,1	0,04	59
	Cg2	5,1	0,28	0,4	3,7	0,04	2,5	1,1	0,6	0,06	3,2	7,2	0,03	51
	<b>média</b>	<b>5.13</b>	<b>0.76</b>	<b>0.70</b>	<b>4.45</b>	<b>0.06</b>	<b>3.13</b>	<b>1.23</b>	<b>0.70</b>	<b>0.05</b>	<b>2.43</b>	<b>7.50</b>	<b>0.06</b>	<b>58.75</b>
(FTd)	A	4,1	1,10	1,4	0,6	0,06	0,3	0,2	1,0	0,01	3,5	5,1	0,08	12
	AB	4,4	0,75	0,7	0,9	0,04	0,6	0,2	1,8	0,01	2,8	5,5	0,07	16
	BA	4,8	0,51	0,5	1,6	0,05	0,9	0,6	2,5	0,02	1,7	5,8	0,05	28
	Bf	4,7	0,40	0,4	3,5	0,07	1,8	1,6	2,1	0,07	2,5	8,1	0,05	43
	<b>média</b>	<b>4.50</b>	<b>0.69</b>	<b>0.75</b>	<b>1.65</b>	<b>0.06</b>	<b>0.90</b>	<b>0.65</b>	<b>1.85</b>	<b>0.03</b>	<b>2.63</b>	<b>6.13</b>	<b>0.06</b>	<b>24.75</b>
(SXk)	A	5,1	1,80	1,6	9,4	0,12	6,7	2,5	0,3	0,07	0,9	10,6	0,16	89
	BA	5,7	0,75	0,9	12,1	0,18	8,6	3,1	0,0	0,20	0,6	12,7	0,08	95
	Btgk	6,8	0,22	1,1	18,0	0,10	14,1	3,6	0,0	0,22	0,1	18,1	0,03	99
	Btg	7,7	0,05	0,9	17,3	0,10	13,3	3,7	0,0	0,24	0,2	17,5	0,01	99
	<b>média</b>	<b>6.33</b>	<b>0.71</b>	<b>1.13</b>	<b>14.20</b>	<b>0.13</b>	<b>10.68</b>	<b>3.23</b>	<b>0.08</b>	<b>0.18</b>	<b>0.45</b>	<b>14.73</b>	<b>0.07</b>	<b>95.50</b>
(PAve)	A	4,9	2,60	1,7	3,6	0,17	2,0	1,4	0,7	0,04	2,5	6,8	0,15	53
	Bt	4,7	2,10	0,7	5,3	0,10	2,1	2,9	3,4	0,20	1,0	9,9	0,13	54
	BC	4,7	1,70	0,4	8,2	0,14	2,7	5,0	3,3	0,38	1,5	13,0	0,11	63
	<b>média</b>	<b>4.77</b>	<b>2.13</b>	<b>0.93</b>	<b>5.70</b>	<b>0.14</b>	<b>2.27</b>	<b>3.10</b>	<b>2.47</b>	<b>0.21</b>	<b>1.67</b>	<b>9.90</b>	<b>0.13</b>	<b>56.67</b>
(MTo) e	A	5,1	2,80	1,9	10,9	0,10	8,1	2,6	0,7	0,05	3,8	15,4	0,18	71
	BA	5,0	1,50	1,4	11,8	0,08	8,8	2,8	1,1	0,07	3,5	16,4	0,10	72
	Bt1	4,9	1,30	0,8	13,5	0,12	8,9	4,3	2,3	0,14	2,6	18,4	0,11	73
	Bt2	5,1	0,80	0,6	15,7	0,16	10,3	5,1	1,5	0,12	2,8	20,0	0,07	79
	<b>média</b>	<b>5.03</b>	<b>1.60</b>	<b>1.18</b>	<b>12.98</b>	<b>0.12</b>	<b>9.03</b>	<b>3.70</b>	<b>1.40</b>	<b>0.10</b>	<b>3.18</b>	<b>17.55</b>	<b>0.12</b>	<b>73.75</b>
(GMve)	A	5,4	3,40	3,7	19,2	0,20	13,3	5,6	0,3	0,11	3,6	23,1	0,20	83
	Cg1	5,7	2,10	1,6	27,5	0,09	19,6	7,6	0,0	0,19	2,8	30,3	0,16	91
	Cg2	5,9	0,91	1,5	21,7	0,11	14,4	7,0	0,0	0,16	2,0	23,7	0,07	92
	<b>média</b>	<b>5.67</b>	<b>2.14</b>	<b>2.27</b>	<b>22.80</b>	<b>0.13</b>	<b>15.77</b>	<b>6.73</b>	<b>0.10</b>	<b>0.15</b>	<b>2.80</b>	<b>25.70</b>	<b>0.14</b>	<b>88.67</b>
(PVAve)	A1	5,1	1,90	1,4	4,2	0,06	2,8	1,3	1,0	0,03	2,2	7,4	0,12	57
	A2	4,8	1,30	1,1	2,9	0,03	2,1	0,7	2,3	0,08	2,1	7,3	0,09	40
	BA	5,0	1,10	0,6	4,6	0,04	2,5	1,7	1,8	0,34	2,3	8,7	0,08	53
	B	5,1	1,00	0,5	8,4	0,06	4,2	3,4	1,5	0,74	1,7	11,6	0,07	72
	BC	5,4	0,54	0,5	9,7	0,06	4,7	4,1	1,1	0,79	0,2	11,0	0,04	88

	<b>média</b>	<b>5.08</b>	<b>1.17</b>	<b>0.82</b>	<b>5.96</b>	<b>0.05</b>	<b>3.26</b>	<b>2.24</b>	<b>1.54</b>	<b>0.40</b>	<b>1.70</b>	<b>9.20</b>	<b>0.08</b>	<b>62.00</b>
(MTo) s	A	5,6	2,60	1,8	9,1	0,13	5,8	3,1	0,0	0,04	1,5	10,6	0,17	86
	BAC	5,7	2,30	1,9	16,3	0,13	10,1	6,0	0,0	0,07	1,7	18,0	0,17	91
	Bt	5,4	1,60	1,8	20,0	0,17	11,4	8,3	0,2	0,11	2,4	22,6	0,12	88
	II CR	7,4	0,55	24,9	26,2	0,04	16,1	10,0	0,0	0,04	0,8	27,0	0,07	97
	<b>média</b>	<b>6.03</b>	<b>1.76</b>	<b>7.60</b>	<b>17.90</b>	<b>0.12</b>	<b>10.85</b>	<b>6.85</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>	<b>1.60</b>	<b>19.55</b>	<b>0.13</b>	<b>90.50</b>
(GXve)	A1	5,4	1,30	4,6	7,6	0,11	5,5	2,0	0,2	0,02	2,8	10,6	0,08	72
	A2	5,4	0,75	1,4	7,7	0,10	5,1	2,5	0,4	0,04	1,9	10,0	0,05	77
	AC	5,4	0,59	2,3	3,5	0,04	2,2	1,2	0,5	0,02	1,6	5,6	0,04	63
	Cg1	5,3	0,53	1,3	10,6	0,09	7,3	3,1	0,4	0,06	1,9	12,9	0,04	82
	Cg2	5,4	0,48	1,1	10,4	0,08	7,4	2,8	0,5	0,07	1,5	12,4	0,04	84
	<b>média</b>	<b>5.38</b>	<b>0.73</b>	<b>2.14</b>	<b>7.96</b>	<b>0.08</b>	<b>5.50</b>	<b>2.32</b>	<b>0.40</b>	<b>0.04</b>	<b>1.94</b>	<b>10.30</b>	<b>0.05</b>	<b>75.60</b>
(VEo)	A1	5,6	4,00	14,1	18,6	0,24	14,4	3,9	0,0	0,04	2,0	20,6	0,22	90
	A2	6,9	3,20	2,4	25,3	0,14	21,0	4,1	0,0	0,07	1,3	26,6	0,18	95
	Bv1	7,2	1,50	1,6	18,8	0,09	15,4	3,2	0,0	0,07	0,9	19,7	0,09	95
	Bv2	7,5	0,89	1,0	15,3	0,09	12,1	3,0	0,0	0,07	0,5	15,8	0,08	97
	<b>média</b>	<b>6.80</b>	<b>2.40</b>	<b>4.78</b>	<b>19.50</b>	<b>0.14</b>	<b>15.73</b>	<b>3.55</b>	<b>0.00</b>	<b>0.06</b>	<b>1.18</b>	<b>20.68</b>	<b>0.14</b>	<b>94.25</b>

Em que: pH (H<sub>2</sub>O) – Valor de pH em água; C. org % - Teores de carbono orgânico; P – Teores de fósforo; S – Teores de enxofre; K – Teores de potássio; Ca – Teores de cálcio; Mg – Teores de magnésio; Al – Teores de alumínio trocável; Na – Teores de sódio; H – Teores de hidrogênio; CTC pH 7 – Capacidade de troca de cátions medida a pH = 7,0; N – Teores de nitrogênio; V – Valores de saturação por bases.

### 4.2.3 Propriedades físico-hídricas do solo

A associação da variabilidade espacial dos atributos de solos às formas da paisagem tem sido estudada por vários autores (MONTANARI et al., 2005; KRAVCHENKO et al., 2005; SOUZA et al., 2006). As propriedades físicas do solo são importantes componentes na avaliação das condições da qualidade do solo (BOGNOLA et al., 2010). Desse modo, o solo que é mantido em seu estado natural, sob vegetação nativa, apresenta características físicas, como densidade, porosidades, agregação e permeabilidade consideradas adequadas (ANDREOLA et al., 2000).

Os resultados das propriedades físico-hídricas para cada horizonte e classe de solo, encontradas no HFCB e no HFSO estão discriminados nas Tabelas 15 e 16, respectivamente. De maneira geral, há aumentos proporcionais da densidade do solo com a profundidade no perfil. Vinculam-se a esse aumento, a diminuição do teor da matéria orgânica e o adensamento natural proporcionado pelas camadas subjacentes (CAVENAGE et al., 1999; BRUN, 2008; MORALES et al., 2010).

Os valores médios de densidade nos solos do HFCB variaram de 1,296 até 1,560 g cm<sup>-3</sup>, mas não foram encontradas diferenças expressivas entre as diferentes classes de solo. A classe PVAa apresentou o maior resultado médio para esta variável, 1,477 g cm<sup>-3</sup>, enquanto que a menor densidade média foi da classe CXve, 1,384 g cm<sup>-3</sup>. No HFSO, os resultados variam entre 1,210 g cm<sup>-3</sup> e 1,780 g cm<sup>-3</sup>. As classes com maior e menor resultado médio para densidade do solo, respectivamente foram GMve, 1,26 g cm<sup>-3</sup> e PAe, 1,58 g cm<sup>-3</sup>. Assim como no HFCB, no HFSO não foram encontradas diferenças expressivas dos valores dessa variável entre as diferentes classes de solo e nem interferência da posição no relevo.

A condutividade hidráulica do solo saturado (Ks) tem sido amplamente utilizada em pesquisas, sendo um dos principais atributos considerados na avaliação das características físicas do solo. A Ks pode controlar diretamente a infiltração de água, bem como as redistribuições e trocas gasosas no perfil (HILLEL, 1998). Dessa forma, a condutividade hidráulica é influenciada fortemente pela textura e estrutura do solo (BRANDÃO et al., 2006).

A Ks no HFCB teve variação de 0,001 mm h<sup>-1</sup> até 1528 mm h<sup>-1</sup> e no HFSO variou de 0,001 mm h<sup>-1</sup> a 2527 mm h<sup>-1</sup>. Os maiores valores foram encontrados no HFCB na classe CHE (403,082 mm h<sup>-1</sup>) e no HFSO na classe RRe (1333,919 mm h<sup>-1</sup>) ocorrentes em meia encosta e meia encosta e topo, respectivamente. De uma maneira geral, os maiores resultados foram

encontrados nos primeiros horizontes do solo. Dalbianco (2013) também destaca maiores resultados para Ks em camadas superficiais.

Os resultados estão vinculados à granulometria grosseira observada para estas duas classes de solo. Frações mais grosseiras não foram identificadas na granulometria por utilizar-se para tal análise TFSA (selecionada em peneira de 2,0 mm). Entretanto, RRe destacou-se com altos teores de areia na composição granulométrica, enquanto CHe apresentou teores médios de areia. Valores acima de  $130 \text{ mm h}^{-1}$  foram encontrados em solos estudados por Medeiros (2010), a autora justifica os altos resultados pela presença expressiva da fração cascalho, principalmente nos horizontes superficiais.

Os menores valores encontrados para Ks, respectivamente no HFCB e HFSO, foram encontrados nas classes FTet ( $1,936 \text{ mm h}^{-1}$ ) e em PVAve ( $0,507 \text{ mm h}^{-1}$ ), localizados em meia encosta e baixada do relevo. Nessas classes foram encontrados altos teores de silte e argila, quando comparadas às demais classes avaliadas. Outras classes que apresentaram teores consideráveis de argila foram GXbe e SXk, ambas em baixada do relevo.

Conforme os resultados encontrados a partir das médias para cada posição no relevo no HFSO e no HFCB (Tabela 13), a Ks foi a única variável que apresentou diferenças contrastantes entre as posições do relevo. Os maiores valores foram encontrados em topo e meia encosta, enquanto os menores resultados foram verificados em baixada do relevo, fato que provavelmente reflete o maior teor de argila e silte em solos de baixada, bem como presença de frações mais grosseiras nas partes superiores do relevo. O gradiente textural gera comportamento hidrológico diferenciado até dentro de um mesmo perfil (DALBIANCO, 2013).

Quanto aos resultados de macro, microporosidade e porosidade total, observou-se que há diminuição da macroporosidade e aumento da microporosidade com o aprofundamento no perfil de solo. Em camadas mais profundas a porosidade é representada preferencialmente por microporos do solo ( $< 0,06 \text{ mm}$  de diâmetro). Os resultados para estas três variáveis parecem não ter influência da posição no relevo, mas sim da constituição granulométrica.

Os maiores valores de macroporosidade foram observados nos primeiros horizontes dos solos. Outros autores também verificaram maiores valores de macroporosidade em horizontes próximos à superfície (MEDEIROS, 2010; JUHÁZS et al., 2006). Os solos com maiores resultados médios para macroporosidade no HFCB e no HFSO foram respectivamente PVAa ( $0,260 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) em posição de topo, e RRe ( $0,240 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) em

posição de topo e meia encosta. A classe RRe também apresentou os maiores resultados para Ks no HFSO.

Tabela 15 – Valores médios das propriedades físico-hídricas do solo para cada posição no relevo no Horto Florestal Cerro do Batovi e Horto Florestal Santa Olga.

<b>HFCB</b>	TO	ME	BA	<b>HFSO</b>	TO	ME	BA
<b>Ds</b> ( $\text{g cm}^{-3}$ )	1.4390	1.4204	1.4325	<b>Ds</b>	1.5213	1.4740	1.4282
<b>Mac</b> ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	0.1575	0.0580	0.0510	<b>Mac</b>	0.1200	0.1033	0.0725
<b>Mic</b> ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	0.3485	0.3884	0.4115	<b>Mic</b>	0.3247	0.3365	0.3878
<b>Pt</b> ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	0.4035	0.4468	0.4625	<b>Pt</b>	0.4470	0.4403	0.4603
<b><math>\theta_{cc}</math></b> ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ )	0.4190	0.4298	0.4205	<b><math>\theta_{cc}</math></b>	0.3857	0.3908	0.3905
<b><math>\theta_{PMP}</math></b> ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ )	0.1730	0.1954	0.2035	<b><math>\theta_{PMP}</math></b>	0.1641	0.1763	0.1735
<b><math>\theta_{AD}</math></b> ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ )	0.2465	0.2344	0.2170	<b><math>\theta_{AD}</math></b>	0.2213	0.2145	0.2172
<b>Ks</b> ( $\text{mm h}^{-1}$ )	35.1190	96.0012	2.5720	<b>Ks</b>	455.9813	342.6910	23.3748

Sendo: TO – topo; ME – meia encosta; BA – baixada; Ds – densidade do solo; Mac – macroporosidade; Mic – microporosidade; Pt – porosidade total;  $\theta_{cc}$  – capacidade de campo;  $\theta_{PMP}$  – ponto de murça permanente;  $\theta_{AD}$  – conteúdo de água disponível; KS – condutividade hidráulica em solo saturado.

Na macroporosidade do solo houve pequenas diferenças entre os hortos. Os maiores valores foram encontrados em solos do HFSO, provavelmente esta característica seja reflexo do maior tempo de exclusão deste horto ao pastejo. O efeito do pisoteio animal sobre as propriedades físicas do solo é limitado às suas camadas mais superficiais (TREIN et al., 1991; BASSANI, 1996). Camadas onde também há o maior número de macroporos. Em trabalho realizado por Lanzanova et al. (2007), os autores verificaram influência do pisoteio bovino sobre macroporosidade e porosidade total, ao contrário da microporosidade que não foi alterada pela atividade de distúrbio.

Os valores de microporosidade aumentam com a profundidade no perfil, ao passo que a macroporosidade diminui (MEDEIROS, 2010). Os maiores valores encontrados no HFCB foram para a classe PVAe ( $0,441 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) e no HFSO para a classe GMve ( $0,487 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ). Essas mesmas classes de solo também apresentaram os maiores resultados para porosidade total do solo nos dois hortos, PVAe ( $0,478 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) e GMve ( $0,526 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ).

O aumento do teor de argila no solo apresenta relação positiva com o aumento de microporosidade (JUHÁZS et al., 2006). As classes PVAe e GMve apresentaram elevados teores de silte e médio teor de argila na composição, 22% e 22,67%, respectivamente.

Os resultados da umidade do solo nos pontos de  $\theta_{cc}$ ,  $\theta_{PMP}$  e  $\theta_{AD}$  não apresentaram grandes diferenças entre as classes de solo e entre os hortos, principalmente devido à semelhança das classes texturais observadas e não variação significativa dos valores de densidade do solo. Há estreita dependência da umidade no  $\theta_{cc}$  e  $\theta_{PMP}$  com a textura do solo, densidade e teores de carbono orgânico (GIAROLA et al., 2002).

No HFCB os maiores resultados para umidade na  $\theta_{cc}$  foram encontrados nas classes CXve e PVAe ( $0,467 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), presentes em meia encosta do relevo. Nessas mesmas classes também foram encontrados os maiores resultados para a umidade no  $\theta_{PMP}$  (PVAe –  $0,242 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e para o  $\theta_{AD}$  (CXve –  $0,306 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Resultados semelhantes foram encontrados no HFSO, onde a classe MTOe apresentou os maiores resultados para a umidade na  $\theta_{cc}$  e no  $\theta_{PMP}$  ( $0,456$  e  $0,273 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), enquanto que na classe RRe ocorreu o maior resultado para o  $\theta_{AD}$  ( $0,263 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). MTOe foi encontrada em meia encosta e RRe em topo e meia encosta do relevo.

O comportamento físico-hídrico e a retenção de água nos solos são influenciados tanto pela textura e estrutura dos solos quanto pela intensidade dos eventos pluviométricos (JUHÁZS et al., 2006). O conteúdo de água na  $\theta_{cc}$  e no  $\theta_{PMP}$  correlaciona-se positivamente com os teores de silte e argila no solo (GIAROLA et al., 2002). Nesse contexto, MTOe apresentou em sua composição elevado teor de argila em sua composição (44,75%), enquanto que CXve e PVAe destacaram-se pelos teores de silte. Aquele autor faz referência à relação existente entre a matéria orgânica do solo e o  $\theta_{AD}$ . As classes CXve e RRe, apresentaram teores médios de carbono orgânico, 1,08 e 1,03%, respectivamente.

Tabela 16 – Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), porosidade total (Pt), condutividade hidráulica do solo saturado (Ks), capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ), conteúdo de água disponível ( $\theta_{AD}$ ) e ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ) para cada horizonte de cada classe de solo encontrada no HFCB em área de vegetação campestre, São Gabriel, RS.

Hz	Ds	Mac	Mic	Pt	KS	$\theta_{CC}$	$\theta_{PMP}$	$\theta_{AD}$
	$g\ cm^{-3}$		$cm^3\ cm^{-3}$		$mm\ h^{-1}$		$m^3.m^{-3}$	
<b>(PVAal)</b>								
A1	1.402	0.025	0.415	0.441	2.266	0.433	0.1	0.333
A2	1.301	0.049	0.365	0.415	16.918	0.406	0.13	0.277
AB	1.431	0.093	0.345	0.438	27.301	0.402	0.141	0.261
B	1.47	0.051	0.357	0.408	216.781	0.392	0.203	0.188
<b>média</b>	<b>1.401</b>	<b>0.055</b>	<b>0.371</b>	<b>0.426</b>	<b>65.817</b>	<b>0.408</b>	<b>0.143</b>	<b>0.265</b>
<b>(CXve)</b>								
A	1.367	0.042	0.371	0.414	1.112	0.407	0.145	0.262
Bi	1.362	0.05	0.374	0.424	2.919	0.414	0.159	0.255
CrR	1.424	0.052	0.392	0.445	80.739	0.566	0.164	0.402
<b>média</b>	<b>1.384</b>	<b>0.048</b>	<b>0.379</b>	<b>0.428</b>	<b>28.257</b>	<b>0.462</b>	<b>0.156</b>	<b>0.306</b>
<b>(PVAe)</b>								
A	1.296	0.0466	0.435	0.481	23.677	0.470	0.163	0.307
AB	1.472	0.0477	0.418	0.465	0.015	0.439	0.238	0.201
Bt	1.351	0.0298	0.478	0.508	0.429	0.492	0.274	0.218
C	1.435	0.0249	0.432	0.457	0.001	0.447	0.296	0.152
<b>média</b>	<b>1.389</b>	<b>0.037</b>	<b>0.441</b>	<b>0.478</b>	<b>6.031</b>	<b>0.462</b>	<b>0.242</b>	<b>0.220</b>
<b>(Fte)t</b>								
A	1.43	0.0568	0.383	0.44	0.541	0.367	0.142	0.225
BA	1.4	0.0556	0.415	0.47	4.871	0.394	0.181	0.213
Bf	1.47	0.0486	0.469	0.518	0.395	0.43	0.257	0.173
<b>média</b>	<b>1.433</b>	<b>0.054</b>	<b>0.422</b>	<b>0.476</b>	<b>1.936</b>	<b>0.397</b>	<b>0.193</b>	<b>0.204</b>
<b>(PVAa)</b>								
A	1.53	0.682	0.231	0.299	4.413	0.452	0.146	0.306
AB	1.49	0.0524	0.338	0.391	3.348	0.4334	0.214	0.219
Bt	1.41	0.045	0.409	0.454	5.502	0.406	0.248	0.158
<b>média</b>	<b>1.477</b>	<b>0.260</b>	<b>0.326</b>	<b>0.381</b>	<b>4.421</b>	<b>0.430</b>	<b>0.203</b>	<b>0.228</b>
<b>(CHe)</b>								
A1c	1.41	0.158	0.298	0.456	1528.359	0.41	0.102	0.307
A2c	1.5	0.123	0.298	0.421	41.176	0.379	0.161	0.218
B1c	1.37	0.085	0.261	0.346	37.554	0.412	0.281	0.131
BCc	1.43	0.063	0.443	0.507	5.237	0.463	0.201	0.261
<b>média</b>	<b>1.428</b>	<b>0.107</b>	<b>0.325</b>	<b>0.433</b>	<b>403.082</b>	<b>0.416</b>	<b>0.187</b>	<b>0.229</b>
<b>(FTe)a</b>								
A	1.36	0.062	0.345	0.407	130.642	0.376	0.143	0.233
BA	1.45	0.066	0.361	0.428	4.923	0.407	0.148	0.259
Bf1	1.52	0.027	0.394	0.421	26.836	0.42	0.231	0.189
Bf2	1.54	0.021	0.398	0.419	0.398	0.447	0.276	0.171
<b>média</b>	<b>1.468</b>	<b>0.044</b>	<b>0.375</b>	<b>0.419</b>	<b>40.7</b>	<b>0.412</b>	<b>0.199</b>	<b>0.213</b>
<b>(FTe)g</b>								
A	1.36	0.055	0.377	0.432	8.736	0.391	0.118	0.273
A2	1.44	0.05	0.372	0.423	5.168	0.388	0.148	0.24
AB	1.38	0.052	0.413	0.465	1.076	0.493	0.257	0.236
Bf1	1.42	0.047	0.452	0.497	0.6713	0.483	0.276	0.207
Bf2	1.56	0.036	0.392	0.428	0.3908	0.466	0.272	0.194
<b>média</b>	<b>1.432</b>	<b>0.048</b>	<b>0.401</b>	<b>0.449</b>	<b>3.208</b>	<b>0.444</b>	<b>0.214</b>	<b>0.230</b>

Tabela 17 – Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), porosidade total (Pt), condutividade hidráulica do solo saturado (Ks), capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ), conteúdo de água disponível ( $\theta_{AD}$ ) e ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ) para cada horizonte de cada classe de solo encontrada no HFSO em áreas de vegetação campestre e florestal, São Gabriel, RS.

Hz	Ds	Mac	Mic	Pt	KS	$\theta_{CC}$	$\theta_{PMP}$	$\theta_{AD}$
	$g\ cm^{-3}$		$cm^3\ cm^{-3}$		$mm\ h^{-1}$		$m^3.m^{-3}$	
<b>(PAe)</b>								
A1	1.602	0.099	0.3	0.415	65.083	0.371	0.101	0.27
BA	1.458	0.075	0.389	0.465	1.027	0.43	0.133	0.296
Bt1	1.481	0.065	0.401	0.465	9.953	0.433	0.251	0.182
Bt2	1.778	0.056	0.347	0.409	58.01	0.379	0.224	0.154
<b>média</b>	<b>1.580</b>	<b>0.074</b>	<b>0.359</b>	<b>0.439</b>	<b>33.518</b>	<b>0.403</b>	<b>0.177</b>	<b>0.226</b>
<b>(RRe)</b>								
A	1.345	0.289	0.238	0.525	2527.082	0.386	0.101	0.285
AC	1.472	0.19	0.279	0.474	140.755	0.372	0.129	0.242
<b>média</b>	<b>1.409</b>	<b>0.240</b>	<b>0.259</b>	<b>0.500</b>	<b>1333.919</b>	<b>0.379</b>	<b>0.115</b>	<b>0.263</b>
<b>(GXbe)</b>								
A	1.434	0.126	0.308	0.439	55.097	0.404	0.136	0.268
AC	1.557	0.144	0.281	0.425	38.725	0.352	0.123	0.229
Cg1	1.59	0.117	0.295	0.406	69.607	0.348	0.096	0.253
<b>média</b>	<b>1.527</b>	<b>0.129</b>	<b>0.295</b>	<b>0.423</b>	<b>54.476</b>	<b>0.368</b>	<b>0.118</b>	<b>0.250</b>
<b>(FTd)</b>								
A	1.502	0.149	0.265	0.385	80.793	0.356	0.068	0.288
AB	1.524	0.081	0.255	0.341	18.6	0.315	0.076	0.239
BA	1.54	0.054	0.312	0.392	38.363	0.368	0.11	0.257
Bf	1.541	0.037	0.359	0.4	0.045	0.373	0.215	0.157
<b>média</b>	<b>1.527</b>	<b>0.080</b>	<b>0.298</b>	<b>0.38</b>	<b>34.45</b>	<b>0.353</b>	<b>0.117</b>	<b>0.236</b>
<b>(SXk)</b>								
A	1.507	0.06	0.357	0.417	3.353	0.417	0.152	0.265
BA	1.335	0.071	0.413	0.484	84.989	0.429	0.184	0.245
BTgk	1.604	0.045	0.378	0.423	6.533	0.416	0.217	0.198
BTg	1.452	0.044	0.443	0.486	0.013	0.387	0.173	0.214
<b>média</b>	<b>1.475</b>	<b>0.055</b>	<b>0.398</b>	<b>0.453</b>	<b>23.722</b>	<b>0.412</b>	<b>0.182</b>	<b>0.231</b>
<b>(PAve)</b>								
A	1.362	0.104	0.353	0.458	91.784	0.369	0.126	0.243
Bt	1.283	0.081	0.426	0.506	3.442	0.445	0.253	0.192
BC	1.453	0.086	0.361	0.447	3.572	0.439	0.239	0.201
Cr	1.573	0.087	0.335	0.422	0.614	0.37	0.205	0.165
<b>média</b>	<b>1.418</b>	<b>0.090</b>	<b>0.369</b>	<b>0.458</b>	<b>24.853</b>	<b>0.406</b>	<b>0.206</b>	<b>0.200</b>
<b>(MTo) e</b>								
A	1.374	0.055	0.405	0.461	6.263	0.445	0.187	0.258
BA	1.503	0.041	0.397	0.432	0.933	0.41	0.238	0.172
Bt1	1.221	0.051	0.482	0.533	0.001	0.507	0.316	0.192
Bt2	1.443	0.042	0.449	0.491	0.353	0.463	0.35	0.113
<b>média</b>	<b>1.385</b>	<b>0.047</b>	<b>0.433</b>	<b>0.479</b>	<b>1.888</b>	<b>0.456</b>	<b>0.273</b>	<b>0.184</b>
<b>(GMve)</b>								
A	1.263	0.049	0.46	0.509	12.843	0.322	0.169	0.153
Cg1	1.214	0.032	0.501	0.533	4.757	0.294	0.098	0.196
Cg2	1.291	0.036	0.499	0.535	1.125	0.311	0.116	0.195
<b>média</b>	<b>1.256</b>	<b>0.039</b>	<b>0.487</b>	<b>0.526</b>	<b>6.242</b>	<b>0.309</b>	<b>0.128</b>	<b>0.181</b>
<b>(PVAal)</b>								
A1	1.496	0.043	0.365	0.407	0.298	0.386	0.134	0.252
A2	1.566	0.047	0.323	0.37	0.656	0.345	0.162	0.183
BA	1.625	0.058	0.347	0.405	1.072	0.366	0.281	0.086
Bt	1.614	0.036	0.39	0.425	0.001	0.401	0.221	0.18

<b>média</b>	<b>1.575</b>	<b>0.046</b>	<b>0.356</b>	<b>0.402</b>	<b>0.507</b>	<b>0.375</b>	<b>0.200</b>	<b>0.175</b>
<b>(MTo) s</b>								
A	1.421	0.069	0.366	0.435	25.238	0.411	0.193	0.218
BAc	1.3	0.039	0.462	0.501	0.689	0.479	0.301	0.178
<b>média</b>	<b>1.361</b>	<b>0.054</b>	<b>0.414</b>	<b>0.468</b>	<b>12.964</b>	<b>0.445</b>	<b>0.247</b>	<b>0.198</b>
<b>(GXve)</b>								
A1	1.544	0.083	0.327	0.41	64.546	0.429	0.164	0.266
A2	1.548	0.078	0.343	0.421	85.703	0.379	0.119	0.259
AC	1.525	0.225	0.163	0.388	30.792	0.365	0.184	0.18
Cg1	1.476	0.082	0.397	0.484	28.948	0.381	0.09	0.291
Cg2	1.435	0.11	0.36	0.47	56.828	0.336	0.111	0.225
<b>média</b>	<b>1.506</b>	<b>0.116</b>	<b>0.318</b>	<b>0.435</b>	<b>53.363</b>	<b>0.378</b>	<b>0.134</b>	<b>0.244</b>
<b>(VEo)</b>								
A1	1.339	0.049	0.418	0.467	0.304	0.444	0.18	0.264
A2	1.449	0.053	0.379	0.433	0.001	0.404	0.198	0.206
Bv	1.473	0.046	0.392	0.439	1.368	0.411	0.241	0.17
<b>média</b>	<b>1.420</b>	<b>0.049</b>	<b>0.396</b>	<b>0.446</b>	<b>0.558</b>	<b>0.420</b>	<b>0.206</b>	<b>0.213</b>

### 4.3 RELAÇÃO FLORA-SOLO-RELEVO EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO BIOMA PAMPA

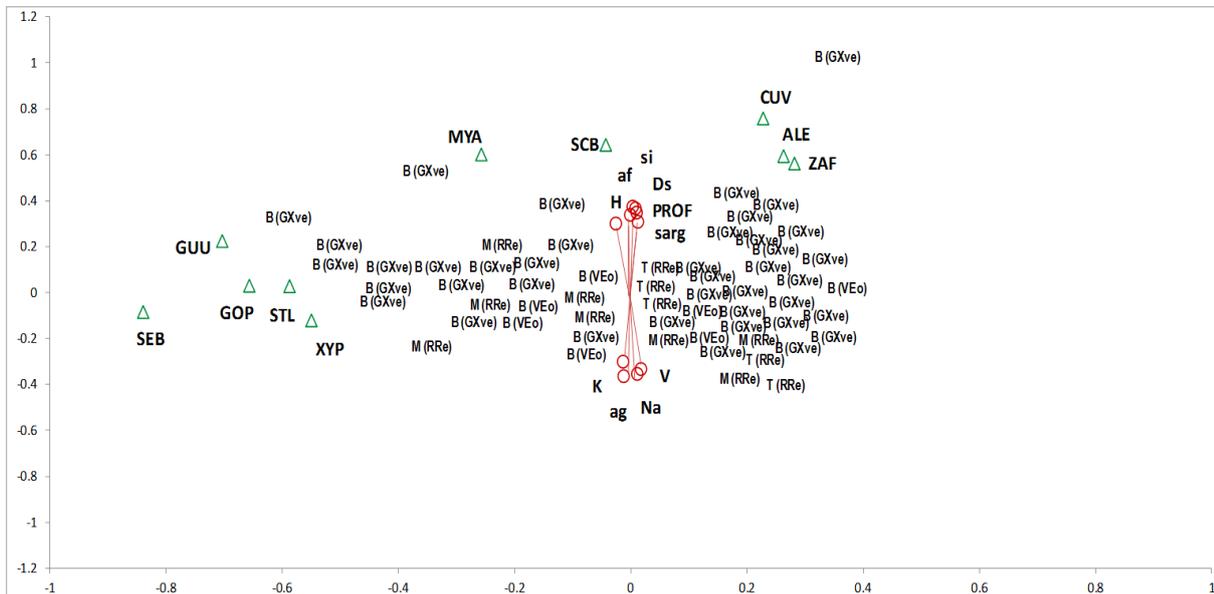
#### 4.3.1 Vegetação florestal arbórea e regenerante

Constatou-se na PCA realizada com dados de solo e vegetação arbórea de áreas florestais (PCAarb) que 16,99 % das variações existentes estão explicadas pelo primeiro componente de ordenação e apenas 14,03 % estão explicadas pelo segundo componente de ordenação. Apresentaram respectivamente autovalores de 3,23 e 2,66 (Figura 15). A partir da PCAarb foram selecionadas 10 espécies arbóreas e 10 variáveis de solo com maiores coeficientes de correlação com os dois primeiros componentes (Tabela 18).

Tabela 18 – Variáveis selecionadas, rótulos e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros componentes da Análise de Componentes Principais (PCAarb), realizada com dados de áreas de vegetação florestal.

ESPÉCIES/ VARIÁVEIS	RÓTULOS	EIXO I	EIXO II
<i>Zanthoxylum fagara</i>	ZAF	0.28221	0.56038
<i>Allophylus edulis</i>	ALE	0.26345	0.59260
<i>Scutia buxifolia</i>	SCB	-0.042468	<b>0.64143</b>
<i>Xylosma prockia</i>	XYP	-0.54910	-0.12242
<i>Cupania vernalis</i>	CUV	0.22836	<b>0.75644</b>
<i>Guettarda uruguensis</i>	GUU	<b>-0.70262</b>	0.22296
<i>Myrrhimum atropurpureum</i>	MYA	-0.25672	0.59973
<i>Styrax leprosus</i>	STL	-0.58673	0.026549
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	SEB	<b>-0.83867</b>	-0.085862
<i>Gochmatia polymorpha</i>	GOP	<b>-0.65598</b>	0.028431
Teor de areia grossa	ag	-0.012910	-0.301867
Teor de areia fina	af	0.010528	0.347061
Teor de silte	si	0.012721	0.306968
Relação silte/argila	sarg	-0.000503	0.337163
Densidade do solo	Ds	0.003697	<b>0.372744</b>
Teor de potássio	K	-0.011885	-0.364982
Teor de sódio	Na	0.011545	-0.355089
Teor de hidrogênio	H	-0.025287	0.299302
Saturação de bases	V	0.018059	-0.334104
Profundidade do perfil de solo	PROF	0.008467	<b>0.365294</b>

Figura 15 – Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais (PCAarb) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 60 unidades amostrais e de 12 espécies arbóreas de acordo com 11 variáveis de solo.



Fonte: A autora (2017).

O primeiro componente teve maior correlação positiva com *Zanthoxylum fagara* e *Allophylus edulis*, e maior correlação negativa com *Guettarda uruguensis* e *Sebastiania brasiliensis*. O segundo componente apresentou maior correlação positiva com *Scutia buxifolia* e *Cupania vernalis*, e maior correlação negativa com Teores de K e Na. As variáveis de solo não apresentaram coeficientes de correlação com resultados positivos superiores a 0,372744 e negativos inferiores a -0,334104.

Em contrapartida, a análise PCA realizada com dados de solo e do estrato regenerante arbóreo (PCAreg) dos fragmentos florestais avaliados, mostrou claramente dois grupos distintos. Um grupo é composto por unidades amostrais instaladas em FFI, sobre a classe de solo GXve em terraço fluvial e o outro grupo é composto por unidades amostrais instaladas em FFII, localizado em gradiente topográfico sobre as classes RRe e VEo (Figura 16). A exemplo do presente estudo, Rovedder (2013) cita que as florestas estacionais do Bioma Pampa acompanham os rios e arroios, principalmente nas toposequências de Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Planossolos.

Constatou-se na PCAreg que 18,50 % das variações existentes estão explicadas pelo primeiro componente de ordenação e apenas 11,09 % estão explicadas pelo segundo componente de ordenação. Apresentaram respectivamente autovalores de 4,07 e 2,44. A partir

da análise foram selecionadas onze espécies regenerantes e 5 variáveis de solo com maiores coeficientes de correlação com os dois primeiros componentes (Tabela 19)..

Destacaram-se: *Daphnopsis racemosa* e *Cestrum intermedium* com alta correlação positiva com o primeiro componente, e teores de areia fina e de silte com alta correlação negativa com este mesmo componente. Com o segundo componente apresentaram alta correlação negativa *Xylosma prockia* e *Gochnatia polymorpha*, nenhuma variável ou espécie apresentou alta correlação positiva com este componente.

Pode-se observar na Figura 15 que vinculam-se à classe de solo GXve ocorrente em FFI, maiores teores de silte e areia fina, bem como maior profundidade dos perfis avaliados. Relacionam-se às classes RRe e VEO, ocorrentes em FFII, maiores teores de argila e potássio (K), ambos aliados principalmente à classe VEO, à qual também apresentou altos valores de saturação por bases e CTC.

Tabela 19 – Variáveis selecionadas, rótulos e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros componentes da Análise de Componentes Principais (PCAreg), realizada com dados de áreas de vegetação florestal.

ESPÉCIES/ VARIÁVEIS	RÓTULOS	EIXO I	EIXO II
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	BLS	0.60988	0.31267
<i>Daphnopsis racemosa</i>	DAR	<b>0.78185</b>	0.3766
<i>Allophylus edulis</i>	ALE	0.66276	-0.019607
<i>Styrax leprosus</i>	STL	0.57217	-0.058411
<i>Xylosma prockia</i>	XYP	0.2240	<b>-0.54626</b>
<i>Cestrum intermedium</i>	CEI	<b>0.67486</b>	-0.15291
<i>Ocotea pulchella</i>	OCP	0.38469	0.54213
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	SEB	0.56395	-0.06499
<i>Myrsine coriacea</i>	MYC	0.57227	-0.35949
<i>Citharexylum montevidense</i>	CIM	0.64647	0.28874
<i>Gochnatia polymorpha</i>	GOP	0.54695	<b>-0.64809</b>
Teor de argila	ag	0.529529	-0.254994
Teor de areia fina	af	<b>-0.537540</b>	0.282359
Teor de silte	si	<b>-0.531753</b>	0.258283
Teor de potássio	K	0.514662	-0.269015
Profundidade do perfil de solo	PROF	-0.522604	0.290643



Nenhuma variável apresentou coeficiente de correlação  $< - 0,5$  com o primeiro eixo de ordenação. Com o segundo eixo de ordenação apenas *Gochnatia polymorpha* apresentou coeficiente de correlação  $> 0,5$ . O padrão de distribuição de unidades amostrais, variáveis e espécies no diagrama da CCArb, também não mostrou grupos distintos, bem como o diagrama produzido pela PCArb (Figura 17).

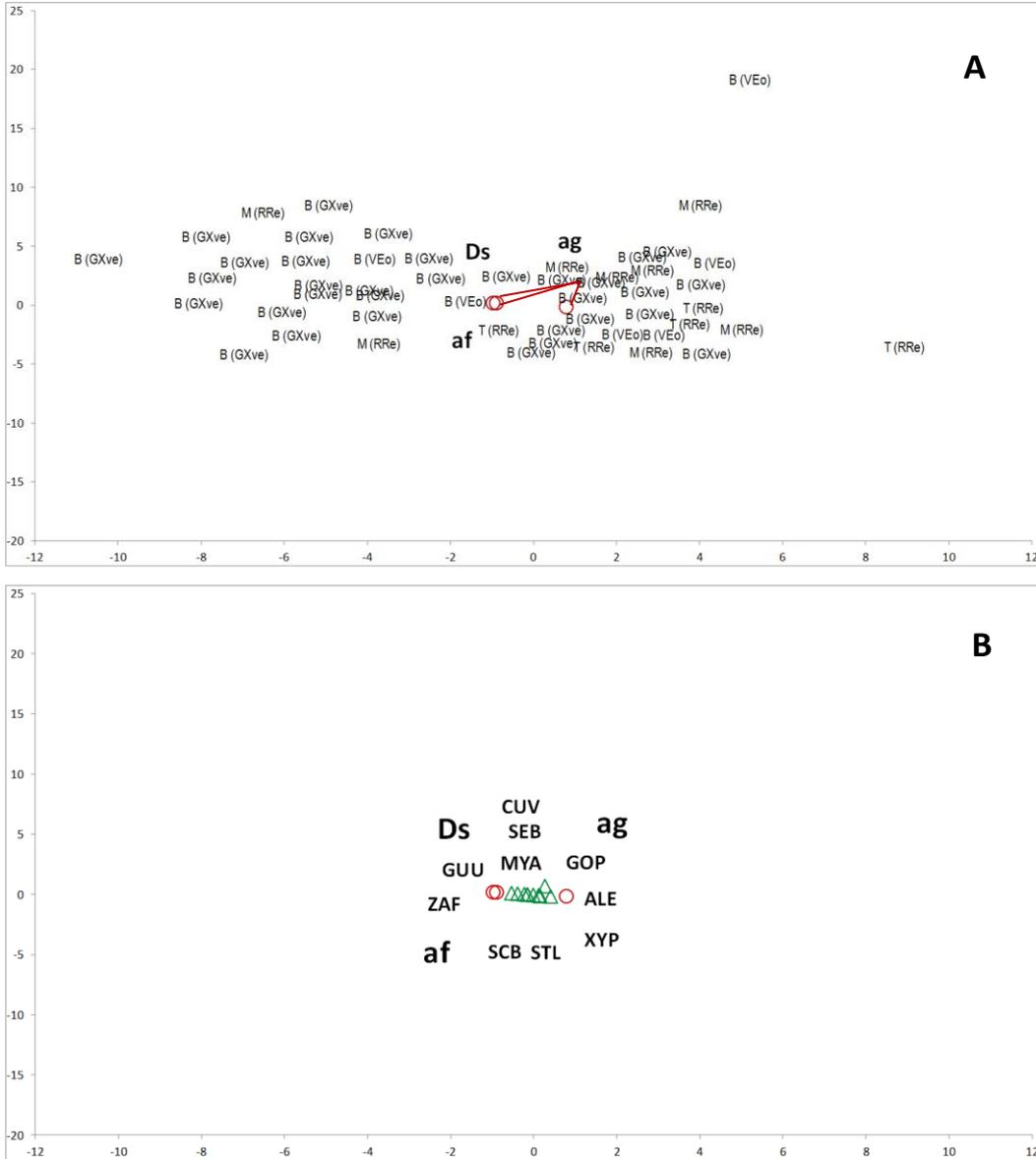
Tabela 20 – Variáveis e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros eixos da Análise de Correspondência canônica (CCArb), realizada com dados de áreas de vegetação florestal.

ESPÉCIES/ VARIÁVEIS	RÓTULOS	EIXO I	EIXO II
<i>Zanthoxylum fagara</i>	ZAF	<b>-0.54011</b>	0.103936
<i>Allophylus edulis</i>	ALE	-0.01522	-0.04818
<i>Scutia buxifolia</i>	SCB	-0.16102	-0.00592
<i>Xylosma prockya</i>	XYP	0.14869	-0.132140
<i>Cupania vernalis</i>	CUV	-0.39251	0.053348
<i>Guettarda uruguensis</i>	GUU	-0.15335	-0.01697
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	MYA	-0.22995	0.014052
<i>Styrax leprosus</i>	STL	0.40257	-0.16604
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	SEB	0.11473	-0.08155
<i>Gochnatia polymorpha</i>	GOP	0.26600	<b>0.689028</b>
Teor de areia grossa	ag	<b>0.78060</b>	-0.15160
Teor de areia fina	af	<b>-0.90130</b>	0.17850
Densidade do solo	Ds	<b>-0.98210</b>	0.18320

As espécies *Zanthoxylum fagara*, *Guettarda uruguensis* e *Myrrhinium atropurpureum* apresentaram maior abundância de indivíduos em FFI, enquanto que *Gochnatia polymorpha*, *Xylosma prockya* e *Allophylus edulis* apresentaram maior abundância de indivíduos em FFII. Para Aguiar et al. (1981), as florestas estão relacionadas a solos com maior profundidade em áreas com mais sombra e umidade. Porém, apesar de em FFI e em parte de FFII (sobre VEO) as florestas ocorrerem de acordo com esta afirmação, há espécies florestais presentes em posições superiores do relevo, vinculadas à RRe com afloramentos rochosos em FFII.

Unidades amostrais instaladas em área com ocorrência de GXve, em FFI, relacionaram-se aos maiores teores de areia fina e maiores valores de densidade do solo, enquanto que maiores teores de areia grossa ocorreram nas classes de solo em FFII, especialmente em RRe

Figura 17 – Diagramas de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica (CCAarb) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 52 unidades amostrais (16A); e de 10 espécies arbóreas (16B), correlacionadas com 3 variáveis de solo.



Fonte: A autora (2017).

Sítios com afloramentos rochosos, geralmente em partes superiores do relevo, apresentam condições para abrigar sementes, umidade e material orgânico, além de dificultar atividades perturbatórias como pastejo e queimadas. Espécies com dispersão anemocóricas ou mesmo zoocórica prevalecem nestas áreas, posto que sementes dispersas pelo vento estabilizam junto às rochas, e sementes dispersas por animais são depositadas enquanto os mesmos repousam sobre os afloramentos. Como exemplo, podemos citar *E. bifida*

(anemocórica) e *Zanthoxylum rhoifolium* (zoocórica), ambas ocorreram quase que exclusivamente sobre RRe, apesar de não terem apresentado altos coeficientes de correlação .

No Bioma Pampa, formações florestais se desenvolvem naturalmente em locais que não favorecem a tipologia campestre, tais como afloramentos rochosos e em enclaves no campo nativo (ROVEDDER, 2013). Nos campos do Planalto do RS, Machado (2004) encontrou capões de mato vinculados a solos rasos com afloramentos rochosos. Esses afloramentos rochosos são intitulados como “rochas enfermeiras” (OLIVEIRA; PILLAR, 2004; CARLUCCI et al., 2011).

O avanço da floresta ocorre não somente a partir da borda, mas também por meio de “saltos”; os capões de mato em meio ao campo são parte fundamental do processo expansivo (MACHADO, 2004). Provavelmente, o fragmento FFII iniciou com capões de mato sobre RRe, expandindo-se posteriormente para áreas mais baixas sobre VEo. Outros capões também foram observados no mesmo horto (HFSO), especialmente em encosta de relevo.

A análise de correspondência canônica realizada com 58 unidades amostrais para o componente regenerante e variáveis de solo (CCAreg) apresentou significância igual a 13,00 % e 5,11 %, e autovalores iguais a 16,41 e 6,45 respectivamente com os eixos I e II. Os resultados dos autovalores foram baixos, bem como da CCA arb. O teste de permutação de Monte Carlo indicou baixa correlação entre a abundância de espécies e variáveis ambientais nos eixos de ordenação.

Nenhuma espécie ou variável apresentou coeficientes de correlação  $> 0,5$  com o primeiro eixo de ordenação, no entanto as espécies *Xylosma prockya* e *Gochnatia polymorpha* e as variáveis teor de areia grossa, teor de areia fina e teor de potássio apresentaram coeficientes de correlação  $< -0,5$ . Com o segundo eixo de ordenação apenas *Xylosma prockya* apresentou coeficiente de correlação  $> 0,5$  (Tabela 21)

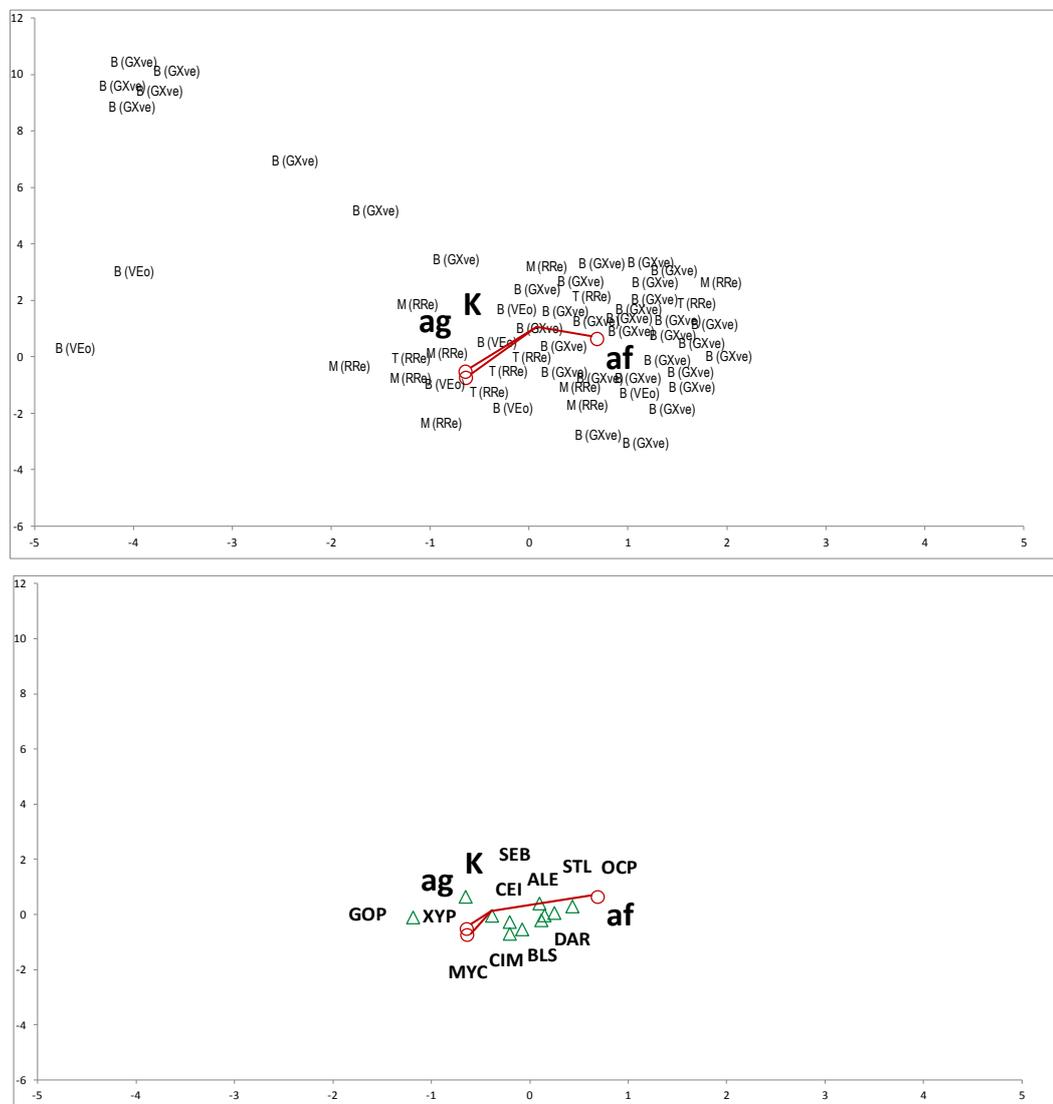
Tabela 21 – Variáveis e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros eixos da Análise de Correspondência canônica (CCAreg), realizada com dados de áreas de vegetação florestal.

ESPÉCIES/ VARIÁVEIS	RÓTULOS	EIXO I	EIXO II
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	BLS	0.11453	-0.21022
<i>Daphnopsis racemosa</i>	DAR	0.24674	0.05342
<i>Allophylus edulis</i>	ALE	0.09555	0.39749
<i>Styrax leprosus</i>	STL	0.14663	-0.03389
<i>Xylosma prockia</i>	XYP	<b>-0.65516</b>	<b>0.64154</b>
<i>Cestrum intermedium</i>	CEI	-0.3864	-0.04854
<i>Ocotea pulchella</i>	OCP	0.43013	0.29036
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	SEB	-0.20711	-0.27318
<i>Myrsine coriacea</i>	MYC	-0.20644	<b>-0.70284</b>
<i>Citharexylum montevidense</i>	CIM	-0.08046	-0.54048
<i>Gochnatia polymorpha</i>	GOP	<b>-1.18873</b>	-0.10822
Teor de areia grossa	ag	<b>-0.6439</b>	-0.52600
Teor de areia fina	af	<b>0.6872</b>	<b>0.63350</b>
Teor de potássio	K	<b>-0.6391</b>	<b>-0.74420</b>

O padrão de distribuição de unidades amostrais, variáveis e espécies no diagrama da CCAreg, não mostrou dois grupos distintos como no diagrama produzido pela PCAreg (Figura 18), porém pode-se constatar a relação entre maiores teores de areia grossa e K com posições superiores do relevo e com a classe RRe em FFII, bem como maiores teores de areia fina com GXve em FFI. As espécies que ocorreram preferencialmente no estrato regenerante em FFI foram *Ocotea pulchella* e *Styrax leprosus*, enquanto que *Xylosma prockya*, *Myrsine coriacea* e *Gochnatia polymorpha* ocorreram preferencialmente em FFII.

As espécies: *Sebastiania brasiliensis* e *Allophylus edulis* ocorreram especialmente em FFI, região mais próxima ao curso de água em baixada plana. Essas condições ambientais, preferenciais do comportamento ecológico dessas espécies, foram relatadas por alguns autores, priorizando ambientes úmidos e locais de luz difusa (REITZ, 1980; SMITH et al., 1988).

Figura 18 – Diagramas de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica (CCAreg) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 58 unidades amostrais (17A); e de 11 espécies arbóreas regenerantes (17B), correlacionadas com 3 variáveis de solo.



Fonte: A autora (2017).

### 4.3.2 Vegetação campestre

Foram selecionadas 13 espécies campestres e 6 variáveis de solo com maiores coeficientes de correlação com os dois primeiros componentes da PCA, neste caso denominada como PCAcampo. O primeiro componente teve maior correlação negativa com *Centella asiatica*, *Eryngium elegans* e *Dichondra sericea*, e maior correlação positiva com condutividade hidráulica e teor de argila (Tabela 22). Com o segundo componente as espécies *Gomphrena celosioides*, *Chaptalia sinuata* e *Cyperus laevigatus*, e a porosidade total correlacionam-se mais positivamente, enquanto que *Desmodium adscendens*, *Eragrostis airoides* e *Stipa* sp. II correlacionam-se mais negativamente com o mesmo componente.

Tabela 22 – Variáveis selecionadas, rótulos e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros componentes da Análise de Componentes Principais (PCAcampo), realizada com dados de áreas de vegetação campestre.

ESPÉCIES/ VARIÁVEIS	RÓTULOS	EIXO I	EIXO II
<i>Gomphrena celosioides</i>	GO	0.051897	<b>0.549020</b>
<i>Pfaffia tuberosa</i>	PFT	-0.600790	-0.175990
<i>Centella asiatica</i>	CEA	<b>-0.706670</b>	0.003927
<i>Eryngium elegans</i>	ERE	<b>-0.768240</b>	-0.032812
<i>Eryngium nudicaule</i>	ERN	-0.514960	-0.054461
<i>Chaptalia sinuata</i>	CHS	0.026115	<b>0.572750</b>
<i>Dichondra sericea</i>	DIC	<b>-0.832520</b>	-0.143880
<i>Cyperus eragrostis</i>	CYE	-0.520370	0.231860
<i>Cyperus laevigatus</i>	CYL	-0.065109	<b>0.499930</b>
<i>Desmodium adscendens</i>	DES	0.126440	<b>-0.551780</b>
<i>Chusquea nutans</i>	CHN	-0.587730	0.216200
<i>Eragrostis airoides</i>	ERA	0.010558	<b>-0.593410</b>
<i>Stipa</i> sp. II	ST	-0.085703	<b>-0.596760</b>
Argila	ag	<b>0.422728</b>	0.087727
Silte	si	-0.393860	-0.043660
Microporosidade	Mic	-0.404879	0.015688
Porosidade total	Pt	-0.336205	0.336136
Condutividade hidráulica	KSAT	<b>0.336623</b>	0.152739
Teor de N	N	-0.412155	-0.067136

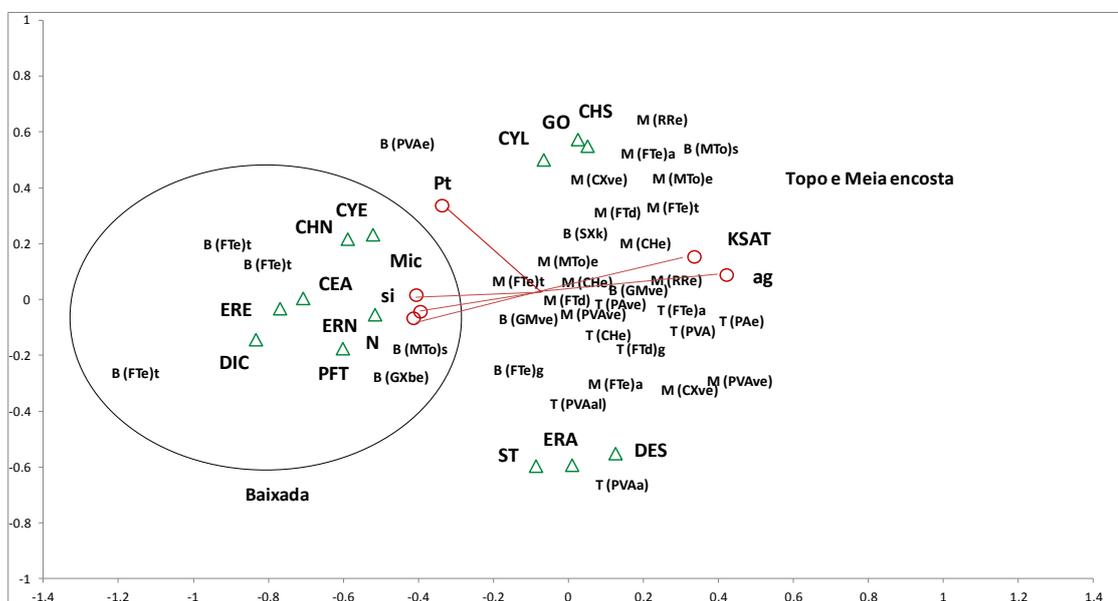
Na PCAcampo, constatou-se que 13,45 % das variações existentes estão explicadas pelo primeiro componente de ordenação e 9,12 % estão explicadas pelo segundo componente de ordenação. Apresentaram respectivamente autovalores de 4,31 e 2,92. Os autovalores foram baixos, devido principalmente ao grande número de variáveis testadas. Há alta

proporção de variância não explicada na análise, o que é muito comum em dados de vegetação (TER BRAAK, 1987).

No diagrama de ordenação (Figura 19) observa-se que a maior parte das unidades amostrais localizadas em baixada de relevo diferem das localizadas em topo e meia encosta, formando dois grupos distintos. Neste contexto, Cardoso e Schiavini (2002) afirmam que as variações microtopográficas contribuem na formação de diferentes microambientes, fator que influi na florística.

Aliadas à posição de baixada do relevo, ocorreram quase que exclusivamente espécies das famílias Cyperaceae e Apiaceae, adaptadas às condições de maior umidade no solo. A família Cyperaceae ocorre preferencialmente em baixada do relevo, associada a solos mais profundos, com maior acúmulo de matéria orgânica e em ambientes mais úmidos (CAPORAL; BOLDRINI, 2007).

Figura 19 – Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais (PCAcampo) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 35 unidades amostrais e de 13 espécies campestres, de acordo com 6 variáveis de solo.



Fonte: A autora (2017).

As formações campestres estão distribuídas em posição de topo e terço superior do relevo, devido à ocupação florestal nas partes baixas (SETUBAL; BOLDRINI, 2010). Apesar de comumente ocorrer vegetação florestal em baixada do relevo, em áreas de mosaico campo-

floresta no Bioma Pampa, o campo pode ocorrer naturalmente nestes ambientes, assim como no presente caso. A ocorrência natural de campos em baixada também foi relatada em outros estudos (SETUBAL, 2010; BOLDRINI, 2009).

Classes de solo presentes em posições de meia encosta e topo, principalmente pertencentes ao HFSO, vinculam-se aos maiores valores de condutividade hidráulica e teor de areia grossa: PVave, RRe, CHe, PVA e FTd. As classes FTet, FTeg, PVAe e MTos ocorreram preferencialmente em baixada do relevo, associadas a maiores valores de microporosidade, teor de silte e teor de N.

Para análise de CCA com dados de vegetação campestre foram selecionadas 33 unidades amostrais. Os dois primeiros eixos da CCAcampo apresentaram respectivamente significância igual à 10,51 % e 5,18 %, e autovalores iguais a 37,09 e 18,29. A significância acumulada resultou em 15,69 % nos dois primeiros eixos da análise. O teste de permutação de Monte Carlo indicou baixa correlação entre a abundância de espécies e variáveis ambientais nos eixos de ordenação.

Os resultados dos autovalores foram baixos, assim como das duas CCA feitas com os dados de vegetação florestal, indicando que as espécies utilizadas para a análise contêm muito ruído, ou seja, alta proporção de variância não explicada, apesar de terem sido previamente selecionadas. A variação restante, não explicada, pode estar associada à variáveis não registradas, como por exemplo, sombreamento proporcionado pelos povoamentos florestais próximos, forma do relevo, pedregosidade do solo, entre outros, os quais devem ser considerados em estudos futuros.

Apresentaram coeficientes de correlação  $> 0,5$  com o primeiro eixo de ordenação as espécies *Eryngium elegans*, *Cyperus eragrostis*, e as variáveis microporosidade, porosidade total e teor de silte. Coeficientes  $< -0,5$  com o primeiro eixo foram encontrados com *Desmodium adscendens*, *Gomphrena celosioides*, *Eragrostis airoides*, teor de argila e condutividade hidráulica (Tabela 23). Os diagramas encontrados para vegetação campestre a partir da CCAcampo são semelhantes aos diagramas encontrados a partir da PCAcampo porém com algumas alterações quanto às posições das variáveis e espécies no espaço do gráfico (Figura 20).

Tabela 23 – Variáveis selecionadas, rótulos e respectivos coeficientes de correlação com os dois primeiros eixos da Análise de correspondência canônica (CCA vegetação campestre), realizada com dados de áreas de vegetação campestre.

ESPÉCIES/ VARIÁVEIS	RÓTULOS	EIXO I	EIXO II
<i>Gomphrena celosioides</i>	GO	-0.52446	<b>-0.87412</b>
<i>Pfaffia tuberosa</i>	PFT	0.04379	0.15918
<i>Centella asiatica</i>	CEA	0.46628	-0.15288
<i>Eryngium elegans</i>	ERE	<b>0.74361</b>	0.28915
<i>Eryngium nudicaule</i>	ERN	-0.08346	-0.08259
<i>Chaptalia sinuata</i>	CHS	0.28405	-0.04084
<i>Dichondra sericea</i>	DIC	0.12907	0.23457
<i>Cyperus eragrostis</i>	CYE	<b>0.71599</b>	0.11202
<i>Cyperus laevigatus</i>	CYL	-1.12735	<b>-0.63339</b>
<i>Desmodium adscendens</i>	DES	<b>-0.76734</b>	0.30940
<i>Chusquea nutans</i>	CHN	-0.01024	-0.24700
<i>Eragrostis airoides</i>	ERA	<b>-1.1210</b>	<b>0.79053</b>
<i>Stipa</i> sp. II	ST	-0.39992	0.58558
Argila	ag	<b>-0.64230</b>	-0.54707
Silte	si	<b>0.59040</b>	0.47240
Microporosidade	Mic	<b>0.75802</b>	0.44240
Porosidade total	Pt	0.57940	-0.27960
Condutividade hidráulica	KSAT	<b>-0.67530</b>	<b>-0.62750</b>
Teor de N	N	0.45230	<b>0.60210</b>

As maior parte das classes de solo, em baixada do relevo mostraram-se relacionadas às variáveis microporosidade, teor de N e teor de silte. Por outro lado, a maior parte das classes de topo e meia encosta, relacionaram-se com maiores teores de areia grossa e porosidade total do solo.

Todas as classes de solo em baixada ocorreram em sítios úmidos. Um dos principais fatores que influenciam a distribuição das espécies em comunidades do Bioma Pampa são os níveis de hidromorfia do solo (SETUBAL, 2010). Em estudo realizado por Focht e Pillar (2003), a umidade do solo relacionada à posição do relevo foi o fator mais importante para explicar a composição de espécies em pastagens.

Associadas às posições de topo e meia encosta do relevo, encontram-se as espécies *Eragrostis airoides* (Poaceae), *Desmodium adscendens* (Fabaceae), *Cyperus laevigatus* (Cyperaceae) e *Stipa* sp II.. Em semelhança ao presente estudo, Boldrini (1997) afirma que em ambientes mais secos são encontradas espécies de baixo valor forrageiro e hábito cespitoso ereto como várias espécies do gênero *Aristida*.

Figura 20 – Diagramas de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica (CCA vegetação regenerante) mostrando a distribuição nos dois primeiros eixos das 33 unidades amostrais (19 A); e de 13 espécies arbóreas (19 B), correlacionadas com 5 variáveis de solo.



Fonte: A autora (2017).

As espécies *Eryngium elegans* (Apiaceae), *Cyperus eragrostis* (Cyperaceae), *Chaptalia sinuata* (Asteraceae) e *Centella asiática* (Apiaceae) correlacionaram-se com classes de solo encontradas em posição de baixada do relevo. Diversos estudos indicam predomínio da família Cyperaceae em baixadas úmidas e banhados (LONGHI-WAGNER, 2003). Frizzo e Porto (2004) encontraram o gênero *Eryngium* vinculado às planícies úmidas da baixada do

terreno. Boldrini (2009) cita a espécie *Eryngium pandanifolium* em áreas úmidas e *E. horridum* em campos secos e alterados.

A vegetação campestre ocorre geralmente em posições de topo e meia encosta do relevo, aliada à menor aporte de umidade e matéria orgânica, posto que as baixadas comumente abrigam florestas. Porém, pode-se observar por meio deste estudo que, em ambientes com ausência de vegetação florestal, espécies campestres adaptadas às características de baixada do relevo cumprem naturalmente a função de vegetação ripária.

#### 4.4 IDENTIFICAÇÃO DE MUDANÇAS VEGETACIONAIS EM ECÓTONO CAMPO-FLORESTA NO BIOMA PAMPA, A PARTIR DE SÉRIE TEMPORAL E ISÓTOPOS DE CARBONO

De acordo com os resultados encontrados para valores de  $\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$  em material vegetal do estrato herbáceo-arbustivo dos dois hortos, pode-se afirmar que no HFCB, de maneira geral, há predomínio de espécies C4, apenas em meia encosta do segundo transecto avaliado, o resultado indicou predomínio de espécies C3. Já no HFSO, o predomínio foi de espécies C3 (Figura 21).

A vegetação atual no HFSO demonstra processos de transição para vegetação arbustiva (vegetação C4 para C3). Além do maior tempo de exclusão do pastejo, essa área é mais próxima dos fragmentos florestais, característica facilitadora para possível colonização florestal. De acordo com Muller; Forneck (2004), a proximidade com a floresta permite o estabelecimento de espécies pioneiras florestais e a presença de pequenos núcleos de arbustos, considerados como núcleos de expansão florestal.

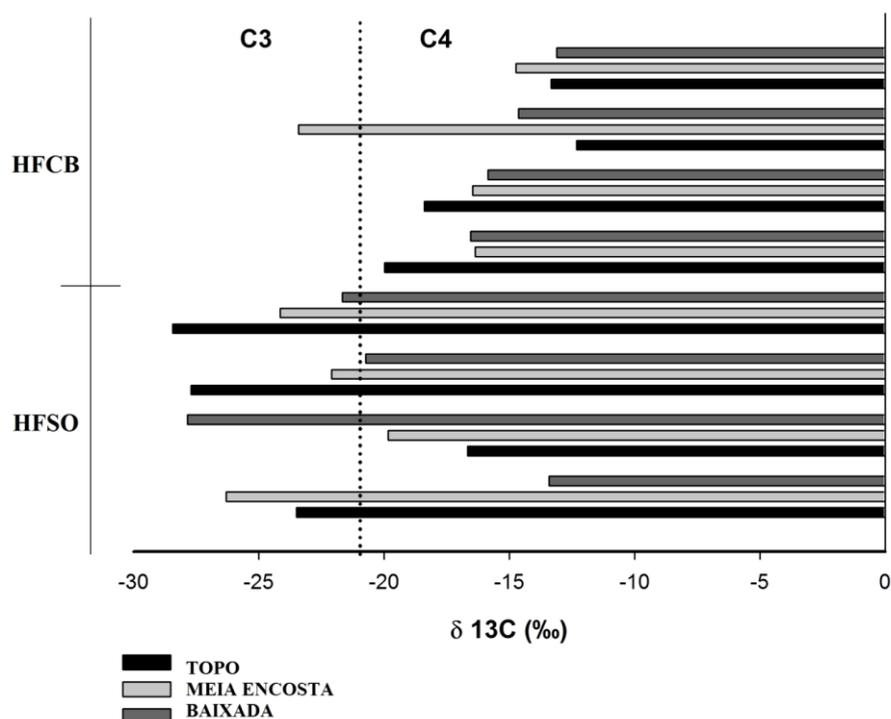
No HFSO foram observadas espécies cespitosas e arbustivas, provavelmente C3, bem como pequenos capões com indivíduos arbóreos em meio ao campo nativo. Nesse contexto, Oliveira (2003) afirma que o processo de expansão florestal ocorreria de forma direcional por meio da gradativa substituição da vegetação campestre por elementos arbóreos e arbustivos.

Os resultados verificados para o material vegetal concordam com os resultados de abundância natural de  $\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$  nos solos ocorrentes no HFCB e no HFSO, encontrados por Andriollo (2015). A autora descreveu a predominância de espécies C4 no HFCB em profundidade no solo, ou seja, na vegetação pretérita, enquanto que no HFSO os resultados apontaram para uma provável mistura de espécies C3 e C4. A partir destas informações pode-se presumir que provavelmente, não ocorreu substituição de fitofisionomia nesta área, a

vegetação campestre esteve sempre presente, mesmo em áreas de baixada, propícia a abrigar vegetação florestal (plantas C3).

Esses campos naturais cumprem a função de vegetação ripária, protegendo os afluentes hídricos e o solo. Portanto, para planos de manejo, conservação ou restauração, deve-se manter a vegetação natural, pois implantar uma vegetação florestal, a qual parece nunca ter ocorrido no local estaria alterando e comprometendo o equilíbrio do ambiente (ROVEDDER, 2014).

Figura 21 – Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ encontrado em material herbáceo coletado nas três posições do relevo ao longo dos oito transectos avaliados no HFCB e no HFSO e respectivas classificações quanto ao predomínio de espécies C3 ou C4. São Gabriel, RS.



Fonte: A autora (2017).

O material vegetal das nove principais espécies florestais encontradas nos fragmentos (FEI e FEM) apresentou valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ‰, variando entre -30,89 e -28,48 (ANDRIOLLO, 2015). Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ no solo das áreas florestais, de acordo com os resultados encontrados pela mesma autora, são mais enriquecidos do que os encontrados para as espécies florestais coletadas. Fato que indica perda preferencial de átomos de  $^{12}\text{C}$ , o que ocorre também entre a serapilheira e a matéria orgânica do solo (MARTINELLI et al., 1994; 2009).

Com o intuito de verificar possíveis mudanças vegetacionais recentes na paisagem, foram elaboradas séries temporais com classificação do uso e cobertura do solo durante 15 anos. O estudo da paisagem possibilita compreender sua dinâmica, considerando principalmente a influência antrópica (MEZZOMO, 2008). A análise temporal da vegetação por meio de imagens de satélite permite explorar mudanças decorridas na área (BENEDETTI, 2011).

No HFCB, durante os 15 anos avaliados não há registros significativos de vegetação florestal. No ano de 2000 foi mensurada uma área total de 0,45 ha de floresta nativa (0,06% da área total), em 2005 - 0,36 ha, em 2010 - 0,33 ha e em 2015 - 0,36 ha. Além da pequena porcentagem de cobertura, a vegetação florestal mostrou diminutas modificações em termos territoriais ao longo do tempo (Figura 22 e Tabela 24).

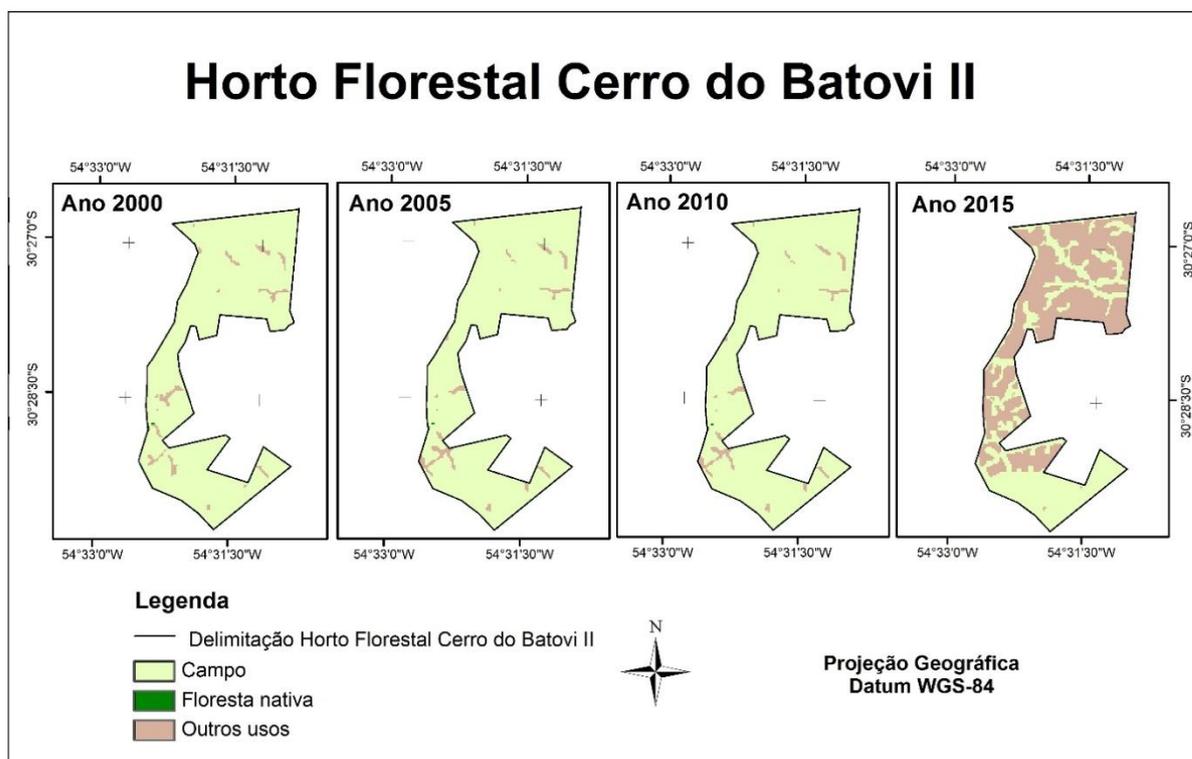
Por outro lado, a vegetação campestre, desde pelo menos 15 anos atrás, recobre a maior parte desta área, ocorrendo em topo, meia encosta e baixada do relevo, o que está de acordo com os resultados encontrados por Andriollo (2015). Em 2000 com área de campo igual a 687,42 ha (96,68% da área total), em 2005 com 685,89 há, em 2010 com 680,47 e em 2015 com 306,18 ha.

A diminuição da área de campo nativo entre os anos 2010 a 2015 deve-se ao início dos plantios de *Eucalyptus* sp. pela empresa Celulose Riograndense (CMPC), a qual também resguardou áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL) com cobertura natural de campo.

A área mensurada para vegetação florestal no HFSO foi de 62,28 ha no ano 2000; 60,62 ha em 2005, 37,17 ha em 2010 e de 43,11ha em 2015. Observou-se diminuição da área florestal em 59,68% entre os anos de 2000 até 2010. Após este período houve aumento em 15,98% entre os anos de 2010 até 2015. Paralelo ao aumento da área florestal foram realizados os plantios de *Eucalyptus* sp., bem como a correta delimitação e preservação das áreas de APP e RL (Figura 23. e Tabela 25). A partir desta informação pode-se inferir que a proteção e isolamento das áreas proporcionaram expansão dos fragmentos florestais no HFSO.

Pode-se notar a ampliação dos fragmentos florestais no HFSO, expandindo-se ao encontro uns aos outros, de forma a ser possível prever a existência de um grande fragmento no futuro. Avaliando a vegetação da Serra do Sudeste por meio de classificação de imagens, Benedetti et al. (2011) também verificaram processos de expansão da cobertura florestal.

Figura 22 – Mapeamento do uso e cobertura da terra para o HFCB para os anos 2000, 2005, 2010 e 2015, São Gabriel, RS.

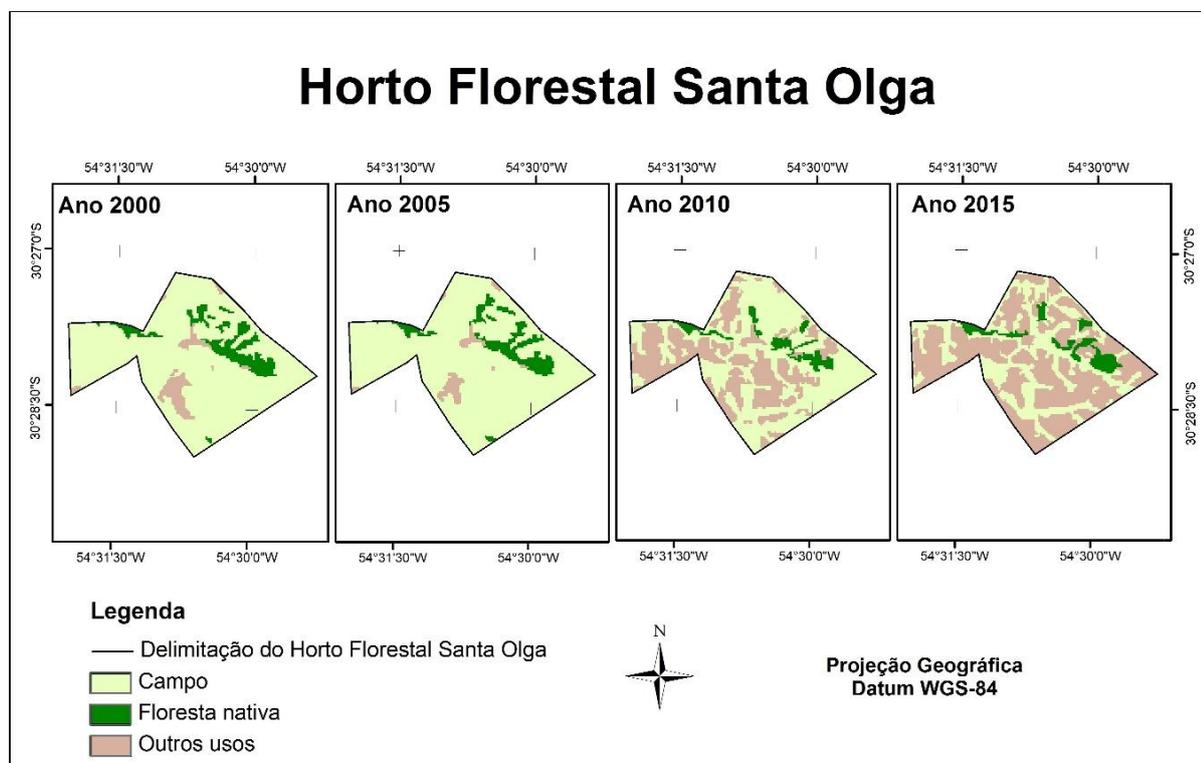


Fonte: A autora (2017).

Tabela 24 – Quantificação da área (ha) ocupada pelas classes temáticas (campo, floresta nativa e outros usos) para o HFCB para os anos 2000, 2005, 2010 e 2015, São Gabriel, RS.

Classes temáticas	Ano 2000		Ano 2005		Ano 2010		Ano 2015	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<b>Campo</b>	687,42	96,68	685,89	96,47	680,97	95,78	306,18	43,07
<b>Floresta nativa</b>	0,45	0,06	0,36	0,05	0,33	0,05	0,36	0,05
<b>Outros usos</b>	23,13	3,25	24,75	3,48	29,7	4,17	404,36	56,88
<b>Total</b>	<b>711,00</b>	<b>100,00</b>	<b>711,00</b>	<b>100,00</b>	<b>711,00</b>	<b>100,00</b>	<b>711,00</b>	<b>100,00</b>

Figura 23 – Mapeamento do uso e cobertura da terra para o HFSO para os anos 2000, 2005, 2010 e 2015, São Gabriel, RS.



Fonte: A autora (2017).

Tabela 25 – Quantificação da área (ha) ocupada pelas classes temáticas (campo, floresta nativa e outros usos) para o HFSO para os anos 2000, 2005, 2010 e 2015, São Gabriel, RS.

Classes temáticas	Ano 2000		Ano 2005		Ano 2010		Ano 2015	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<b>Campo</b>	586,98	85,24	601,83	87,40	395,10	57,38	237,60	34,51
<b>Floresta nativa</b>	62,28	9,05	60,66	8,81	37,17	5,40	43,11	6,26
<b>Outros usos</b>	39,33	5,72	26,1	3,79	256,32	37,22	407,88	59,23
<b>Total</b>	<b>688,41</b>	<b>100,00</b>	<b>688,41</b>	<b>100,00</b>	<b>688,41</b>	<b>100,00</b>	<b>688,41</b>	<b>100,00</b>

Por meio das imagens é possível notar a maior extensão de FEM em relação à FEI, como também prolongamento do FEI em direção à baixada do relevo. O fragmento FEI, provavelmente originou-se de propágulos dispersos por espécies já existentes em FEM. Novamente ressalta-se a característica facilitadora à expansão florestal, proximidade de fontes

de propágulos (PILLAR, 2003; CARLUCCI et al., 2011). Conforme os resultados encontrados por Andriollo (2015), os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ em RRe, são mais empobrecidos do que os encontrados em VEo. A mesma autora afirma que a vegetação florestal no FEI, inicou sobre RRe em posições superiores do relevo.

Nesse contexto, pode-se afirmar que os afloramentos rochosos em RRe facilitaram o processo de estabelecimento dos propágulos florestais, já que nessas áreas há uma proteção maior contra fogo e pastejo, além de menor competição por luz com o estrato gramináceo (ANDRIOLLO, 2015). Assim, os afloramentos de rochas agem como “rochas enfermeiras”, dando condição ao desenvolvimento da vegetação florestal (OLIVEIRA; PILLAR, 2004; CARLUCCI et al., 2011).

A área mensurada com vegetação campestre no HFSo apresentou área igual a 586,98 ha no ano 2000; 601,83 ha no ano 2005; 395,10 ha em 2010 e 237,60 ha em 2015. Como no HFcb, a maior área coberta por vegetação nativa é a de campo. Houve uma diminuição das áreas de vegetação campestre em 65,65% entre os anos de 2000 e 2010. No ano de 2015 houve novamente expansão do campo, devido provavelmente à exclusão do pastejo e proteção de áreas de APP e RL, também constituídas por campo nativo.



## CONCLUSÕES

Em virtude dos resultados encontrados, deve-se considerar a existência de vegetação ripária composta por campo nativo em mosaico campo-floresta no Bioma Pampa.

As florestas ocorrem especialmente nas partes baixas do relevo associadas com solos hidromórficos, no entanto podem ocorrer em topo e meia encosta do relevo quando na presença de barreiras físicas (rochas), as quais proporcionam estabilização das sementes florestais, umidade e matéria orgânica em meio ao campo nativo. Outro fator influente na presença ou ausência de vegetação florestal é a distância de fontes de propágulo (fragmentos florestais mais antigos).

A vegetação campestre está presente em todas as posições do relevo (topo, meia encosta e baixada), associada com grande parte das classes de solo encontradas na área de estudo. Observou-se diferenças na composição florística de campo, ao longo do gradiente topográfico, famílias como: Isoetaceae, Cyperaceae, Apiaceae, Juncaceae e Equisetaceae apresentaram maior número de espécies em baixada do relevo associadas às condições de maior umidade do solo.

Na ausência de atividades perturbatórias, tais como pastejo, plantios florestais ou agrícolas, extração de madeira e outros, os fragmentos florestais tendem a expandir-se em meio ao campo, principalmente nas zonas ripárias em baixada de relevo próximas à fontes de propágulos florestais.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das respostas encontradas no presente estudo, as características de solo, relevo, proximidade com afluentes hídricos e fontes de propágulos, influem na composição florística em áreas de mosaico campo-floresta no Bioma Pampa. Ambas as fitofisionomias, campo e floresta, ocorreram em ambientes de baixada do relevo, demonstrando adaptação de espécies herbáceo-arbustivas e florestais às condições de ambientes ripários. As matas ciliares ocorreram majoritariamente no HFSO, associadas à maior proximidade com fontes de propágulos florestais e ao maior teor de umidade e fertilidade no solo, enquanto que no HFCB ocorreu somente campo.

Constatou-se que ao longo do tempo ocorreu a expansão da floresta sobre áreas de campo nativo no HFSO, em especial nos ambientes ripários. Ao contrário, no HFCB o campo sempre foi a vegetação predominante. Os fragmentos presentes no HFSO em áreas de APP e RL tendem a unir-se e colonizar principalmente áreas de baixada com proximidade de afluentes hídricos.

Apesar da alta frequência de espécies florestais na baixada do relevo, estas espécies também mostraram capacidade de ocorrência nas outras posições (meia encosta e topo), auxiliadas pela presença de afloramentos rochosos em Neossolo. Contudo, fragmentos florestais não ocorreram em baixadas do relevo no HFCB, onde o campo cumpre com excelência a função de vegetação ripária. Espécies pertencentes às famílias Cyperaceae, Equisetaceae, Apiaceae, Isoetaceae e Juncaceae são adaptadas a ambientes mais úmidos.

O fragmento FFI encontra-se na área há mais tempo, sendo este provável fonte de propágulos de FFII, posto que há nítidas semelhanças na florística e diversidade de ambos. A vegetação campestre refletiu o maior tempo de exclusão do HFSO ao pastejo, principalmente devido à presença de espécies cespitosas, características de estágios mais avançados de sucessão no campo. Agrupamentos de indivíduos arbóreos também foram encontrados em áreas campestres no HFSO, fato decorrente da maior proximidade destas áreas com os fragmentos florestais.

As classes de solo apresentaram diferenças ao longo do gradiente topográfico nos dois hortos. A caracterização morfológica evidenciou o domínio de classes com características hidromórficas e com drenagem imperfeita na baixada do relevo, enquanto que solos mais rasos como Neossolos e Cambissolos ocorreram preferencialmente em partes de encosta.

O comportamento das propriedades químicas dos solos mostrou maior fertilidade natural em baixada do relevo, associada ao maior teor de umidade e menor teor de alumínio.

O carbono orgânico apresentou valores expressivos no HFSO em solos de baixada sobre vegetação campestre, devido ao curto ciclo de vida dos táxons e à presença de espécies cespitosas, características que conferem maior aporte de biomassa.

Das propriedades físico-hídricas, Ks demonstrou maiores resultados em solos de topo e meia encosta do relevo, influenciados por frações mais grosseiras na granulometria (cascalho). Por outro lado, propriedades como densidade do solo, porosidade total, microporosidade, macroporosidade, conteúdo de água nos pontos de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e conteúdo de água disponível, influenciados por teores de areia, silte e argila, não apresentaram grandes diferenças entre as classes de solo e nem entre as posições no relevo.

Os resultados encontrados apontam para existência de zonas ripárias compostas por campos ou florestas no Bioma Pampa. Planos de manejo, conservação, recuperação e restauração, feitos principalmente em zonas ripárias, carecem de análises temporais da vegetação, com base em imagens históricas da área, histórico de atividades no local, e estudos de paleobotânica. Avaliações prévias com base nestes estudos evitariam a introdução errônea de espécies florestais em ambientes tipicamente campestres.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, S.F. **Alterações físicas e químicas de um cambissolo húmico em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes rotações.** 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- AGUIAR, L.W.; CITADINI-ZANETTE, V.; MARTAU, L.; BACKES, A. Composição florística de epífitos vasculares numa área localizada nos municípios de Montenegro e Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia** (Série Botânica), v.28, p.55-93, 1981.
- ALENCAR, A. A. C.; VIEIRA, I. C. G.; NEPSTAD, D. C.; LEFEBVRE, P. (1996). Análise multitemporal do uso do solo e mudança da cobertura vegetal em antiga área agrícola da Amazônia Oriental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, VIII., 1996, Salvador/BA. **Anais...** Salvador/BA: INPE, 1996, p.475-478.
- ALVES, B.J.R.; OLIVEIRA, O.C.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. Métodos isotópicos. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2.ed. Porto Alegre, Metropole, p.229-241, 2008.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.867-874, 2000.
- ANDRIOLLO, D.D. **Florística, solos e abundância isotópica de <sup>13</sup>C em áreas de floresta e campo no bioma Pampa.** 2014, 96p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. 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, p. 1 – 20, 2016.
- ARAÚJO, M. M. **Vegetação e banco de sementes do solo de florestas sucessionais na Região do Baixo Rio Guamá, Benevides, Pará, Brasil.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 86 f, 1998.
- ASSMANN, E. **The Principles of Forest Yield Studies: Studies in the Organic Production, Structure, Increment and Yield of Forest Stands.** 1970, 506p.
- BARCHUK, A. H.; DEL PILAR DÍAZ, M. Regeneration and structure of *Aspidosperma quebracho-blanco* Schl. in the Arid Chaco (Córdoba, Argentina). **Forest ecology and management**, v.118, n.1, p.31-36, 1999.
- BASSANI, H. J. **Propriedades físicas induzidas pelo plantio direto e convencional em área pastejada e não-pastejada.** 1996. 90 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1996.
- BATJES, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.47, n.2, p. 151-163, 1996.

BAUERMANN, S.G., et al. Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no Quaternário tardio do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 87-96, 2008.

BAUERMANN, S. G.; BEHLING, H.; PILLAR, V. D. Paleoambientes do cone sul da América do Sul. **Ciência & Ambiente**. v. 42, p. 5-14, 2011.

BEHLING, H. 2002. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **Review of Palaeobotany and Palynology**. v. 177, p. 19-27, 2002.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v.133, n.3-4, p. 235-248, 2005.

BEHLING, H.; PIERUSCHKA, V.J.; SCHULER, L; PILLAR, V.P. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário tardio. In: **Pillar, V.P. (Ed.). Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, p. 13-25, 2009.

BENEDETTI, A. C. P. **Modelagem Dinâmica para Simulação de Mudanças na Cobertura Florestal das Serras do Sudeste e Campanha Meridional do Rio Grande do Sul**. 2010, 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

BENEDETTI, A. C. P.; PEREIRA, R. S.; ALMEIDA, C. M.; CARDOSO, C. D. V. ; HENDGES, E. R.; LIPPERT, D. B. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do sensor Modis: aplicações para estudos de uso e cobertura da terra na Metade Sul do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV., 2011, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 6144-6151.

BISSANI, C. A.; MEURER, E. J.; BOHNEN, H. Solos ácidos e solos afetados por sais. **Fundamentos de Química do Solo**. 2ª Ed. Porto Alegre: Gênese, 2004.

BLANCO, C. C. **Reconstrução da dinâmica de curta duração em vegetação campestre sob pastejo, com base em tipos funcionais**. 2004, 96 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2004.

BRANDÃO, V. et al. **Infiltração de água no solo**. Viçosa: UFV, 2006. 120 p.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia** - Base para el estudio de las comunidades vegetales. Trat. Da 3ed. rev. aum. Madrid: Blume, 1979, 819p.

BRAGA, F. V. A. **Propriedades físicas de uma topossequência Argissolos-Gleissolos**. 2011. 65f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.

BRUN, E. J. **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *P. elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul**. 2008. 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

BOAVISTA, L. R. **Estudo de comunidades vegetais campestres na região do Alto Camaquã, Rio Grande do Sul**. 2012, 84 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

BOCQUIER, G. **Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad: interprétation byogéodynamique**. Paris, ORSTOM, 1973. 350p. (Memoires ORSTOM, 62).

BOGNOLA, I. A.; DEDECEK, R. A.; LAVORANTI, O. J.; HIGA, A. R. Influência de propriedades físico-hídricas do solo no crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 61, p. 37-49, 2010.

BOLDRINI, I. I.; MIOTTO, S. T. S. ; LONGHI-WAGNER ; M, H. ; PILLAR, V. P. ; MARZALL, K. . Vegetação campestre do morro da policia, Porto Alegre, RS. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 12, n.1, p. 95-106, 1998.

BOLDRINI, I. I.; EGGERS, L. Vegetação campestre do sul do Brasil: Dinâmica de espécies à exclusão do gado. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 10, n.1, p. 37-50, 1996.

BOLDRINI, I. I.; LONGHI WAGNER, H, M ; BOECHAT, S. C. . **Morfologia e Taxonomia de Gramíneas Sul-rio-grandenses**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 96p .

BOLDRINI, I. I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In Pillar, V.P. (Ed.). **Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério de Meio Ambiente, Brasil, p. 63-77, 2009.

BOLDRINI, I. I. et al. **Bioma Pampa – diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre, Ed.: Palloti. 64 p. 2010.

BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, Pedro ; ANDRADE, B. O. ; SCHNEIDER, Â. A. ; SETUBAL, R. B. ; TREVISAN, R. ; FREITAS, Elisete Maria de . **Bioma Pampa diversidade florística e fisionômica**. 1. ed. Porto Alegre: Pallotto, 2010. v. 1. 64p .

BOLZON, R.T.; MARCHIORI, J.N.C. A vegetação no Sul da América: Perspectiva Paleoflorística. **Ciência & Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, v.1, n. 24, p. 5-24, 2002.

BOTREL, R. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A.; CURI, N. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG, e a influência de variáveis ambientais na distribuição das espécies. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.2, p.195-213, 2002.

BUDKE, J. C., GIEHL, E. L. H., ATHAYDE, E. A., EISINGER, S. M., ZÁCHIA, R. A. Florística e fitossociologia do componente arbóreo de uma floresta ribeirinha, arroio Passo das Tropas, Santa Maria, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, n. 18, v.3, p.581-589, 2004 .

BUDKE, J. C.; JARENKOW, J.A. ; OLIVEIRA-FILHO, A.T. . Tree richness and diversity in riverine forest fragments in the Botucaraí river, southern Brazil. In: ATBC Annual meeting, 2005, **Uberlândia. Handbook**. Uberlândia: ATBC/UFU, 2005. p. 128-128.

BUOL, S.W. et al. **Soil genesis and classification**. 4.ed. Ames: Iowa State University, 1997. 527p.

BURKART, A. Evolution of grasses and grasslands in South America. **Taxon**, v.24, n.1, p.53-66, 1975.

CAPORAL, F. J. M. **Ecologia de um campo manejado na serra do sudeste, Canguçu, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2006. 138p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2006.

CAPORAL, F. J. M., EGGERS, L. (2005). Poaceae na área do centro de pesquisas e conservação da natureza pró-mata, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia Sér Bot**, v.60, n.2, p.141-150.

CAPORAL, F.; BOLDRINI, I. I. Florística e fitossociologia de um campo manejado na Serra do Sudeste, Rio Grande do sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, n. 2-3, p. 37-44, 2007.

CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.3, p.277-289, 2002.

CARLUCCI, M. B.; DUARTE, L. S.; PILLAR, V. D. Nurse rock influence forest expansion over native grassland in southern Brazil. **Journal of Vegetation Science**, v. 22, n. 1, p. 111-119, 2011.

CARVALHO, D.A.C. et al. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 28, p. 329-345. 2005

CARVALHO, P.C. F; POLI, C.H.E.C. ; JACQUES, A. V. Á.; MONTEIRO, A. L. G. . **Pastejo misto para potencializar a produção animal em campo nativo**. Sustentabilidade Produtiva do Bioma Pampa. Porto Alegre: Gráfica Metrópole Ltda.v. p. 61-82. 2007

CASSOL, LUIZ FELIPE MOREIRA. **Caracterização pedomorfogeológica de uma topossequência na microbacia do ribeirão Alto Rio Jardim, Distrito Federal**. 2014.58 f. Monografia (Bacharelado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

CAVENAGE, A. et al. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 997-1003, 1999.

CLARK, D.B. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. In Guariguata, M.R.; Kattan, G.H. (Ed.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Ediciones LUR, Cartago, p.193-221, 2002.

COLWELL, R. K. 2005 EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. **Version 7.5**. User's guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu>.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transaction of the Royal Society London series**, p.101–118, 1994.

CÓRDOVA, U. de A.; PRESTES, N.E.; SANTOS, O.V. dos; ZARDO, V.F. **Melhoramento e manejo de pastagens naturais no planalto catarinense**. Empresa de pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Florianópolis, 27p, 2004.

CRAWSHAW, D.; DALL'AGNOL, M.; CORDEIRO, J.L.P.; HASENACK, H. Caracterização dos campos Sul-Riograndenses: Uma perspectiva da Ecologia da Paisagem. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v.33, p. 233-252, 2007.

CUNHA, P. **Superfícies geomorfológicas e variabilidade de latossolos em uma vertente sobre arenito-basalto em Jaboticabal (SP)**. 2000. 149 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

DALBIANCO, L. **Simulação hidrossedimentológica com o modelo Lisem em uma pequena bacia hidrográfica rural**. 2013. 92p. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013.

De AQUINO, A. **Datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) e por <sup>14</sup>C, de materiais de uma topossequência de solos na serra do espinhaço meridional – MG: Abordagem Paleoambiental**. 2013. 124f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2013.

DECAGON DEVICES, INC. **Operator's manual version 5 WP4 Dewpoint PotentiaMeter**. Pulmann: Decagon Devices, 2007. 66p.

DRESCHER, M., et al. **Avaliação da fertilidade dos solos do Estado do Rio Grande do Sul e necessidade de adubos e corretivos**. Série: Boletim técnico de Solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 35p.

DUARTE, T.G. **Florística, fitossociologia e relações solo-vegetação em floresta estacional em Barão de Melgaço, Pantanal de Mato-Grosso**. 2007. 163p. Tese de Doutorado (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

DUARTE, W. D. O.; BRITO, J. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal do alto curso do rio Uberabinha utilizando imagens do satélite CBERS 2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, 2005, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia/GO, 2005, p. 2965-2972.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Solos, 2006. 306p.

FARQUHAR, G.D.; EHLERINGER, J.R.; HUBICK, K.T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Ann. Review of Plant Phys. and Plant Mol. Biology**, v. 40, p. 503-537, 1989.

FAURE, G. AND MENSING, T.M. **Isotopes: Principles and Applications**. John Wiley & Sons. 2005. 897p.

FERNANDES, A. G. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf, 339 p. 1998.

FELFILI, J. M., SILVA JÚNIOR, M. C., NOGUEIRA, P. E. (1998). Levantamento da vegetação arbórea na região de Nova Xavantina, MT. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, n.3, p.63-81.

FELFILI, J. M. e SILVA JÚNIOR, M. C. A comparative study of cerrado (sensu stricto) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 9, n. 3, p. 277-289, 1993.

FELFILI, J.M. et al. **Análise multivariada em estudos de vegetação**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2007. 60p.

FELKER, R.M. **Potencial da Escallonia bifida Link & Otto (Escalloniaceae) para uso em restauração ecológica no Rio Grande do Sul, Brasil**. 2014. 157p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

FIDELIS, A. et al. Fire intensity and severity in Brazilian *campos* grasslands. **Interciencia**. Caracas, v.35, n.10, p.739-745, 2010.

FREITAS, H. A., PESSENDA, L. C. R., ARAVENA, R., GOUVEIA, S. E. M., RIBEIRO, A. S., BOULET, R. Florestas x Savanas no passado da Amazônia. **Ciência Hoje**, 32, p. 40-46, 2002.

FRIZZO, T. C. E., & PORTO, M. L. Zoneamento da vegetação e sua relação com a ocorrência de estruturas mineralizadas na mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS, Brasil. **Iheringia. Série Botânica.**, v.59, n.1, p.5-12, 2004.

FOCHT, T., & PILLAR, V. D. Spatial patterns and relations with site factors in a campos grassland under grazing. **Brazilian Journal of Biology**, v.63, n.3, p.423-436, 2003.

GIAROLA, N. F. B., SILVA, A. P., & IMHOFF, S. Relações entre propriedades físicas e características de solos da região Sul do Brasil. **Bras. Ci. Solo**, 26, 885-893, 2002.

GIEHL, E. L. H.; et al.. Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.21n.1, p 137-145, 2007

GIRARDI-DEIRO, A. M.; MOTA, A. F. da; GONÇALVES, J. O. N. Efeito do corte de plantas lenhosas sobre o estrato herbáceo da vegetação da Serra do Sudeste, RS, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 29, n. 12, p. 1823-1832, 1994.

GIRARDI-DEIRO, A.M. **Influência de manejo, profundidade do solo, inclinação do terreno e metais pesados sobre a estrutura e a dinâmica da vegetação herbácea da Serra do Sudeste, RS.** 1999. 196 p. Tese (Doutorado em Botânica), Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 1999.

GOMES, K.E. **Dinâmica e produtividade de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul após seis anos de aplicação de adubos, diferimentos e níveis de oferta de forragem.** 1996. 225 f. Tese de Dotorado (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1996.

GOULART, C. G. **Dinâmica vegetacional e diversidade florística em áreas de vegetação campestre, Rio Grande do Sul, Brasil.** 2014, 87p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

GOUVEIA, S, E, M.; PESSENDA. L, C, R.; ARAVENA. R.; BOULET. R.; SCHEEL-YBERT. R.; BENDASSOLI, J.A.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H.A. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. **Global and Planetary Change**, v.33, n. 1-2, p.95-106, 2002.

GRIME, J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, Chicago, v. 111, n. 982, p. 1169-1194, 1977.

GRINGS, M., BRACK, P. Árvores na vegetação nativa de Nova Petrópolis, Rio Grande do Sul. **Iheringia. Série Botânica.**, v.64, n.1, p.5-22, 2009.

GUARIGUATA, M. R., OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest ecology and management**, v.148, n.1, p.185-206, 2001.

HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.T. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: GADISH, G.; GILLER, K.E. (Eds). **Driven by nature**. Wallingfor : CAB International, p.3-32., 1997.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego: Academic Press, 1998. 771 p.

HUGGETT, R .J. Soil landscape systems: a model of soil Genesis. **Geoderma**, v. 13,p.1-22, 1975.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1 ed **Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>, ultimo acesso em: 08 de janeiro de 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1.ed. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Sistema fitogeográfico, Inventários das formações florestais e campestres, Técnicas e manejo de coleções botânicas, Procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: 1992. 92p

IBGE. **Levantamento de recursos naturais do projeto Radam Brasil**. Folha SH.21- Z- B - II - 4 - MI - 2980/4 Estância do Meio e parte da folha SH. 21 Z - B - V - 2 MI - 2993/2. Estância da Barra, Rio Grande do Sul, 1975.

JARENKOW, J. A., WAECHTER, J. L. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista brasileira de Botânica**, v.24, n.3, p. 263-272, 2001.

JUHÁSZ, C.E.P. et al. Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob Savana florestada (Cerradão) em Assis, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n.3, 2006.

JÚNIOR, O. A.C.; GUIMARÃES, R.F.; CARVALHO, A.P.F.; GOMES, R.A.T.; MELLO, A. F. ; SILVA, P. A. . Processamento e análise de imagens multitemporais para o perímetro de irrigação de Gortuba (MG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, Goiânia/GO. **Anais... XII SBSR**. Goiânia: INPE, p. 473-480, 2005 .

JURINITZ, C.F., JARENKOW, J.A. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica [da] Sociedade Botânica de São Paulo**. v.26, n.4, p.475-487, 2003.

KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P.; MELLO, P. F. Alterações mineralógicas em sequência Vertissolo-Litossolo na região da Campanha no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 349-357, 1995.

KILCA, R. V. et al. Cambios florísticos y estructurales entre dos comunidades arbóreas de un bosque ripario bajo condiciones ambientales contrastantes en la Pampa sur brasileña. **Iheringia**. Serie botanica, v. 67, p. 165-175, 2012.

KLEIN, R.M., **Southern Brazilian phytogeographic features and the probable influence of upper Quaternary climatic changes in the floristic distribution**. Boletim Paranaense Geociências, v. 33, p. 67-88, 1975

KLEIN, R.M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil, **Revista Sellowia**, v.36, p. 5-54, 1984.

KLEINPAUL, J. J.; PEREIRA, R. S.; HENDGES, E. R.; BENEDETTI, A. C. P.; ZORZI, C.; FERRARL, R. Análise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, MS. **Boletim de pesquisa**, n. 51, p. 171-184, 2005.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: BLACK, C. A. (Org.) **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, p. 635-662, 1986.

KRAVCHENKO, A. N., ROBERTSON, G. P., THELEN, K. D., HARWOOD, R. R. Management, topographical, and weather effects on spatial variability of crop grain yields. **Agronomy Journal**, n.97, v.2, p.514-523, 2005.

KUPLICH, T.M.; MOREIRA, A.; FONTANA, D.C. Série temporal de índice de vegetação sobre diferentes tipologias vegetais no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1116-1123, 2013.

LANZANOVA, M. E., NICOLOSO, R. D. S., LOVATO, T., ELTZ, F. L. F., AMADO, T. J. C., REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.31, v.5, p.1131-1140, 2007.

LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. In: **IBGE Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro, p.113-150, 1990.

LEITE, P.F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n.1, p. 51-74, 2002.

LEYSER, G.; ZANIN, E. M.; BUDKE, J. C.; MÉLO, M. A. de; HENKE-OLIVEIRA, C. Regeneração de espécies arbóreas e relações com componente adulto em uma Floresta Estacional no vale do rio Uruguai, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 74-83, 2012.

LEMAIRE, G., CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: **THE ECOLOGY AND MANAGEMENT OF GRAZING SYSTEMS**. Walingford, UK CAB International, p.3-36, 1996.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2nd edition. Amsterdam: Elsevier Science BV, 1998. 853p.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 335p.

LINDENMAIER, D. ; BUDKE, J. C. Florística, diversidade e distribuição espacial das espécies arbóreas em uma floresta estacional na bacia do rio Jacuí, Sul do Brasil. **Pesquisas Botânica**, v. 57, p. 193-216, 2006.

LINDMAN, C.A.M. **A vegetação no Rio Grande do Sul**. EDUSP/Itatiaia, São Paulo/ Belo Horizonte, Brasil, 1906. 377p.

LONGHI, S. J.; NASCIMENTO, A. R. T.; FLEIG, F. D.; DELLA-FLORA, J. B.; FREITAS, R. A. de; CHARÃO, L. W. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria-Brasil. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 1, p. 115-33, 1999.

LONGHI WAGNER, H. M. **Diversidade florística dos campos sul-brasileiros: Poaceae**. Desafios da botânica brasileira no novo milênio: Inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal, v.54, p. 117-120, 2003.

MACHADO, R.E. **Padrões vegetacionais em capões de floresta com araucária no planalto nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2004. 164f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2004.

MARCHIORI, J. N. C. Elementos de Dendrologia. 2ª edição. **Editora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria**, 2004, 176 p.

MARTINELLI, L. A. et al. Isotopic composition of major carbon reservoirs in the Amazon floodplain. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v. 20, n. 1, p. 31-46, 1994.

MARTINELLI, L. A. et al. **Desvendando Questões Ambientais com Isótopos Estáveis**. Oficina de Textos, São Paulo, 144 p. 2009.

MANZATTO, H.H.R. **Dinâmica da matéria orgânica em solo glei pouco húmico cultivado com arroz inundado no vale do São João (RJ)**. 1990. 143 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ), Itaguaí. 1990.

MEDEIROS, P. S. C. D. **Processos pedogenéticos, caracterização e classificação de solos em toposequência granítica na região Sudeste de Porto Alegre**. 2010. 79 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

MELLONI, R., PEREIRA, E. G., TRANNIN, I. C., SANTOS, D. D., MOREIRA, F. M., SIQUEIRA, J. O. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.1, p.7-13, 2001.

MELO, A.W De. F. **Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre**. 2003. 73 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agricultura) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2003.

MENDONÇA, L.A.R. et al. Identificação de mudanças florestais por  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$  dos solos da Chapada do Araripe, Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n.3, p. 314-119, 2010.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. 5ª Ed. Porto Alegre: Gênese, 2012.

MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of forestry**, v.50, n.2, p.85-92, 1952.

MEZZOMO, M. D. M. Dinâmica da paisagem e a organização das pequenas propriedades rurais em Marechal Cândido Rondon-Pr. **Geoambiente On-line**, v. 11, p. 61-91, 2008.

MONTANARI, R., MARQUES JÚNIOR, J., PEREIRA, G. T., SOUZA, Z. D. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.1, p. 69-77, 2005.

MORALES, C. A. S. et al. Qualidade do solo e produtividade de *Pinus taeda* no planalto catarinense. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 629-640, 2010.

MORALES, B.P. **Atributos do solo e produtividade de *Eucalyptus* spp. Na metade sul do Rio Grande do Sul**. 2013. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013.

MORELLATO, P. C., LEITÃO FILHO, H. F., MORELLATO, P. C. **A flora arbórea da Serra do Japi. História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma Área Florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas, São Paulo, Editora da Unicamp/Fapesp, 1992, p.112-141.

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

- MÜLLER, S. C., FORNECK, E. D. Forest-grassland mosaics in the hills of Porto Alegre: a study case of forest expansion patterns in Santana hill, Rio Grande do Sul, Brazil. In **Workshop proteção e manejo da vegetação natural da região de Porto Alegre com base em pesquisas de padrões e dinâmica da vegetação**. PPG-ECO/UFRGS, Porto Alegre, RS, 2004, p. 29-37).
- NABINGER, C.. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropical Brasileiro. In: I Simpósio de Forrageiras e Produção Animal, 2006, Porto Alegre. In: SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO ANIMAL, I, Canoas/RS, 2006. **Anais...** I Simpósio de forrageiras e produção animal, Canoas/RS, 2006, p. 25-76.
- NUNES, Y. R. F., MENDONÇA, A. V. R., BOTEZELLI, L., MACHADO, E. L. M., OLIVEIRA-FILHO, A. D. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica**, v.17, n.2, p. 213-229, 2003.
- OKSANEN, J., F. G. et al. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version: 1.17-7, 2011.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Revista Cerne**, (UFL), Lavras, v. 1, n.1, p. 64-72, 1994.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.; MELLO, J.M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, n.17, p.159-174. 1994.
- OLIVEIRA, C. V.; BAHIA, V. G.; PAULA, M. B. de. Compactação do solo devido à mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle. **Informe Agropecuário - EPAMIG**, Belo Horizonte, v. 19, n. 191, p. 46-48, 1998.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; CURI, N., VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A. 2001. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semideciduous forest in southeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** v.58, p.139-158, 2001.
- OLIVEIRA, J. M.; PILLAR, V. D. .Vegetation dynamics on mosaics of Campos and Araucaria forest between 1974 and 1999 in Southern Brazil. **Community Ecology**, Akadémiai, v.5, n.2, p. 197-202, 2004.
- OVERBECK, G.E; MÜLLER, S. C; FIDELIS, A; PFADENHAUER, J; PILLAR, V. D; BLANCO, C.C; BOLDRINI, I. I; BOTH, R; FORNECK, E. D. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**. v. 9, p. 101–116, 2007.
- OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C. ; PILLAR, V. D. ; PFADENHAUER, J. Floristic composition, environmental variation and species distribution patterns in burned grassland in southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. v. 66, p. 1073-1090, 2006.

OVERBECK et al. Os campos sulinos: um bioma negligenciado. In: **Pillar, V.P. (Ed.). Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA. p. 26-41, 2009.

PEGORARO, R.F.; SILVA, I.R. da; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; FONSECA, S.; DAMBROZ, C. Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em Argissolo sob eucalipto e pastagem. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 261-273, 2011.

PEREIRA, A.L, BENEDITO, E. Isótopos estáveis em estudos ecológicos: métodos, aplicações e perspectivas. **Revista de Biociências**, Taubaté, v.13, n. 1-2, p. 16-27, 2007.

PESSENDA, L.C.R.; LEDRU, M.P.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A.S.; BENDASSOLI, J.A.; BOULET, R. Holocene palaeoenvironmental reconstruction in northeastern Brazil inferred from pollen, charcoal and carbon isotopes records. **The Holocene**, v.15, n. 6, p.814-822, 2005.

PILLAR, V.D.; JACQUES, A.V.; BOLDRINI, I. I. Fatores ambientais relacionados à variação de um campo natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.8, p. 1089-1101, 1992.

PILLAR, V. D. P. **Estratégias adaptativas e padrões de variação da vegetação**. UFRGS, Departamento de Botânica, 1994.

PILLAR, V.; CADENAZZI-PASCUAL, M. ; BOGGIANO-OTON, P. . Probabilistic recognition of homogeneity, edges and patch structure in grassland. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE, 38. Houston, Texas, 1995. **Anais...** Abstracts of the 38 Symposium of the International Association for Vegetation Science, Texas, 1995, p. 64-64.

PILLAR, V.D.P. Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. **Coenoses**, v.12, n.2-3, p.145- 148, 1997.

PILLAR, V. D; QUADROS, F.L.F. Grassland-forest boundaries in Southern Brazil. **Coenoses**. v.12, n. 2-3, p. 119-126, 1997.

PILLAR, V.. Dinâmica da expansão florestal em mosaicos de floresta e campos no sul do Brasil. In: Claudino-Sales, V.(Org.). **Ecosistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica, p. 209-216. 2003.

PILLAR, V. P.; MULLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. In: **Pillar, V.P. (Ed.). Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA. 2009, 408p.

PORTO , M. L. Os campos sulinos – sustentabilidade e manejo. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 119 -137, 2002.

QUADROS, F. L. F.; BICA, G. S.; DAMÉ, P. R. V.; DOROW, R.; KERSTING, C.; PÖTTER, L. Levantamento das pastagens naturais da região de Santa Maria—RS, Brasil. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.921-927, 2003.

QUADROS, F. L. F. de; PILLAR, V. D. Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamentos de queima e pastejo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p. 863-868, 2001.

QUADROS, F. L. F.; PILLAR, V. D. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n.5, p. 109-118, 2002.

R Development Core Team (2012). R: a language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>. Acesso em 20 dez. 2014.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. 2ed. Editora Selbach, Porto Alegre, RS, 1956, 471p.

REBELO, M. A. **Florística e fitossociologia de um remanescente florestal ciliar: subsídio para a reabilitação da vegetação ciliar para a microbacia do rio Três Cachoeiras, Laguna, SC**. 2006. 106 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.

REDIN, C.G. **Efeitos do pastoreio sobre a vegetação natural em fragmento de Savana Estépica Parque, RS, Brasil**. 2013. 96 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, v. 5. p. 49-134, 2007.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN,R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, v. 102, p. 242-254, 2009.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1931-1935, 2006.

RESENDE, M., CURI, N.; SANTANA, D. P. Pedologia e fertilidade do solo: interações e interpretações. **Ministério da Agricultura**, Brasília, e Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1988.

RODRIGUES, L.A.; CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; CURI, N. Efeitos de solo e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminária, MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, 2007.

ROMAGNOLO, M. B.; SOUZA, M. D. Análise florística e estrutural de florestas ripárias do alto rio Paraná, Taquaruçu, MS. **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n.2, p. 163-174, 2000.

ROVEDDER, A.P.M. Bioma Pampa: Relações solo-vegetação e experiências de restauração. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 64°, 2013, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Botânica do Brasil, 2014, p. 46-53.

RUGGIERO, P.G.C.; BATALHA, M.A.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v.160, p.1-16, 2002.

SABINS, F.F. **Remote Sensing: principles and interpretation**. 3. rd. New York: W. F. Freeman and Company, 1999. 494 p.

SANTOS, A.B Dos. **Morfogênese de gramíneas nativas do Rio Grande do Sul (Brasil) submetidas a pastoreio rotativo**. 2012, 106 f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria., 2012.

SAIA, S.E. M. G. **Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Quaternário tardio com base em estudo multi/interdisciplinar no Vale do Ribeira (sul do estado de SP)**. 2006, 119f. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2006.

SALET, R. L. (1998). **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. 1998, 109p. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1998.

SCHNEIDER, P.; KLAMT, E.; KAMPF, N; GIASSON, E. Solos de Porto Alegre. In : HASENACK, H. Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: geologia, solos, drenagem, vegetação/ocupação e paisagem. Porto Alegre: **Secretaria Municipal do Meio Ambiente**, 2008.

SCIPIONI, M.C. **Análise dos padrões florísticos e estruturais da comunidade arbórea-arbustiva e da regeneração natural em gradientes ambientais na floresta estacional, RS, Brasil**. 2008. 89 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

SCOLFORO, J.R.S; MACHADO, S.D.A ; SILVA,S.T . O Manejo da Vegetação Nativa Através de Cortes Seletivos. **Curso de Manejo Florestal Sustentável**, Colombo - PR, v. 1, p. 127-156, 1997.

SCCOT, M.S.V. **Dinâmica da vegetação em remanescente de Floresta Estacional Subtropical**. 2012. 177p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

SETUBAL, R. **Vegetação campestre subtropical de um morro granítico no sul do Brasil, Morro São Pedro, Porto Alegre, RS**. 2010. 148 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

SETUBAL, R. B.; BOLDRINI, I. I. Floristic and characterization of grassland vegetation at a granitic hill in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 1, p. 85-111, 2010.

SILVEIRA, G.H.; LONGHI-WAGNER, H.M. Cyperaceae Juss. No Morro Santana – Porto Alegre e Viamão, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, v. 63, n. 2, p. 295-320, 2009.

SOARES, L. R.; FERRER, R. S. Structure of the tree component in an area of riparian forest in the Piratini River Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. **Biotemas**, v.22, n.3, p.47-55, 2009.

SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; ARAÚJO, W. L.; VOLL E. Modelagem de Dinâmica de Paisagem: Concepção e Potencial de Aplicação de Modelos de Simulação Baseados em Autômato Celular. **Megadiversidade**. Belo Horizonte, v. 3, n. 1-2, p. 1-16, 2007.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um latossolo vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.18- 23, 2003.

SOUZA, Z.M.; MARTINS FILHO, M.V.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade de fatores de erosão em Latossolo Vermelho eutroférrico sob cultivo de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.25, n.1, p.105-114, 2005.

SOSINSKI Jr., E. E. **Tipos funcionais em Vegetação campestre: Efeitos de pastejo e adubação nitrogenada**. 2000. 130p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2000.

SPIEGEL, M.P. **Estatística**. São Paulo: McGraw- Hill, 1976.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS- ASCAR, 2ed., 222p., 2008.

STROMBERG, C.A.E. Evolution of Grasses and Grassland Ecosystems. **Earth and Planetary Science**, v. 39, p. 517-544, 2011.

TEIXEIRA, M. B. et al.. Vegetação. In: **Levantamento dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, v.33, p.541-632, 1986.

TER BRAAK, C. J. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. **In Theory and models in vegetation science**. Springer Netherlands, v.69, p. 69-77, 1987.

TOLEDO, L. O.; et al. Análise multivariada de atributos pedológicos e fitossociológicos aplicada na caracterização de ambientes de cerrado no norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 957-968, 2009.

TREIN, C.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, n.15, p.105-111, 1991.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 892-898, 1980.

VOGELMANN, E.S. **Ocorrência de hidrofobicidade em solos do Rio Grande do Sul**. 2011. 122 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.

WAECHTER, J. L. Padrões geográficos na flora atual do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**. Santa Maria, v.24, p.93-108, 2002.

WATRIN, O.S.; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S. M. N. Análise multitemporal do uso da terra e suas interrelações com a cobertura vegetal em comunidades rurais do nordeste paraense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, IX, 1998, Santos, SP. **Anais...** IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE/ SELPER, 1998.

## ANEXOS

**ANEXO A – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS SEIS COMPONENTES DE ORDENAÇÃO E ESPÉCIES NÃO RARAS DO ESTRATO ARBÓREO DE FFI E FFII, À PARTIR DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA ARB).**

ESPÉCIES	E1	E2	E3	E4	E5	E6
<i>Eugenia uniflora</i> L.	-0.212	0.228	0.424	0.278	-0.031	-0.468
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	-0.164	0.310	0.013	-0.650	0.275	0.397
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	-0.283	0.249	0.410	-0.274	-0.261	0.052
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll. Arg.	-0.140	-0.203	0.464	0.499	0.303	0.239
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	0.282	0.560	-0.074	0.212	0.054	-0.313
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	0.263	0.593	0.058	0.211	0.239	0.488
<i>Scutia buxifolia</i> Reissek	-0.042	0.641	-0.510	0.229	0.266	-0.161
<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	-0.549	-0.122	-0.028	-0.021	0.532	-0.021
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0.228	0.756	0.216	0.064	0.099	0.142
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	0.358	0.034	-0.034	-0.473	-0.197	-0.301
<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schltld.	-0.703	0.223	-0.373	0.022	-0.036	-0.021
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	-0.353	0.481	0.402	-0.337	-0.007	-0.124
<i>Myrrhinium atropurpureum</i> Schott	-0.257	0.600	-0.164	0.032	-0.251	-0.115
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	-0.587	0.027	0.516	-0.029	-0.126	0.055
<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	0.236	-0.218	-0.151	-0.277	0.338	0.040
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	-0.839	-0.086	-0.053	0.078	-0.031	0.054
<i>Gochmatia polymorpha</i> (Less.) Cabr.	-0.656	0.028	-0.421	-0.161	-0.024	0.021
<i>Myrsine</i> sp.	-0.276	-0.061	-0.251	0.324	-0.516	0.369
<i>Quillaja brasiliensis</i> (A.St.-Hil. & Tul.) Mart.	-0.360	-0.221	0.027	0.039	0.416	-0.351

**ANEXO B – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS SEIS COMPONENTES DE ORDENAÇÃO E ESPÉCIES NÃO RARAS DO ESTRATO REGENERANTE DE FFI E FFII, À PARTIR DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA REG).**

ESPÉCIES	E1	E2	E3	E4	E5	E6
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	0.610	0.313	-0.006	0.128	-0.293	-0.278
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0.000	0.353	0.315	0.212	0.473	-0.377
<i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb.	0.782	0.377	-0.120	-0.059	-0.045	-0.020
<i>Eugenia uniflora</i> L.	0.068	0.343	-0.065	-0.190	-0.295	0.415
<i>Scutia buxifolia</i> Reissek	0.091	-0.152	0.214	0.245	-0.578	-0.100
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrad.) Planch	-0.230	0.077	0.461	0.155	0.092	-0.429
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	0.663	-0.020	0.309	0.184	0.191	0.304
<i>Myrrhinium atropurpureum</i> Schott	-0.067	0.439	0.246	0.246	-0.165	0.339
<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	-0.113	-0.194	0.656	-0.289	0.182	-0.161
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	0.572	-0.058	0.108	0.029	-0.042	0.015
<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	0.224	-0.546	-0.255	0.200	0.380	0.313
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll, Arg.	0.140	-0.273	0.038	-0.707	0.052	0.065
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	-0.319	-0.279	-0.388	0.123	0.203	-0.150
<i>Myrsine lorentziana</i> (Mez) Arechav.	0.053	-0.312	-0.525	-0.020	-0.136	-0.399
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	0.675	-0.153	-0.155	0.158	0.243	-0.045
<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schltldl.	0.181	0.294	-0.067	-0.683	0.198	-0.039
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	0.385	0.542	-0.019	0.111	0.430	0.099
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	0.564	-0.065	-0.098	-0.072	-0.161	-0.125
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br.	0.572	-0.359	0.164	-0.078	-0.123	-0.212
<i>Quillaja brasiliensis</i> (A.St.-Hil. & Tul.) Mart.	0.254	-0.327	0.669	-0.113	-0.114	0.056
<i>Citharexylum montevidense</i> (Spreng.) Moldenke	0.646	0.289	-0.260	-0.090	-0.030	-0.231
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabr.	0.547	-0.648	0.095	0.146	0.070	0.149

**ANEXO C – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS SEIS COMPONENTES DE ORDENAÇÃO E ESPÉCIES CAMPESTRES NÃO RARAS DA VEGETAÇÃO CAMPESTRE DO HFCB E DO HFSO, À PARTIR DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA II).**

<b>Espécies</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>
<i>Gomphrena celosioides</i> Mart.	0.052	0.549	-0.257	0.165	0.240	0.208
<i>Pfaffia tuberosa</i> (Spreng.) Hicken	-0.601	-0.176	0.247	-0.341	0.131	-0.132
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	-0.707	0.004	-0.101	0.410	0.003	-0.027
<i>Eryngium elegans</i> Cham. Et Schlecht.	-0.768	-0.033	-0.166	0.125	0.144	-0.134
<i>Eryngium horridum</i> Malme	0.120	0.369	0.196	-0.070	-0.146	0.403
<i>Eryngium nudicaule</i> Lam.	-0.515	-0.054	0.140	-0.049	0.056	0.125
<i>Chaptalia sinuata</i> (Less.) Baker	0.026	0.573	-0.325	0.014	-0.067	-0.064
<i>Eupatorium bupleurifolium</i> DC.	0.250	-0.169	0.243	0.103	0.283	-0.479
<i>Dichondra sericea</i> Sw	-0.833	-0.144	0.090	-0.223	0.183	-0.073
<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	-0.520	0.232	-0.158	0.274	-0.269	-0.087
<i>Cyperus laevigatus</i> L.	-0.065	0.500	0.064	-0.069	0.027	0.084
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	0.313	-0.179	0.229	0.180	0.392	-0.153
<i>Aeschynomene indica</i> L.	-0.314	0.224	0.400	-0.223	-0.075	0.267
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	0.126	-0.552	-0.117	0.473	0.039	-0.012
<i>Trifolium</i> sp.	0.392	0.137	0.200	-0.084	0.522	-0.244
<i>Sisyrinchium micranthum</i> Cav.	0.133	-0.156	0.074	0.222	0.063	0.654
<i>Isoetes</i> sp.	-0.330	-0.116	0.377	0.266	-0.170	0.293
<i>Oxalis brasiliensis</i> Lodd.	0.072	-0.029	-0.463	0.123	-0.088	0.304
<i>Oxalis perdicaria</i> (Molina) Bertero	-0.372	0.150	-0.659	0.164	0.317	0.028
<i>Plantago tomentosa</i> Lam.	0.105	-0.422	-0.332	-0.092	-0.136	0.287
<i>Andropogon bicornis</i> L.	0.221	0.216	-0.315	-0.509	0.294	0.106
<i>Andropogon lateralis</i> Nees	-0.097	-0.166	-0.007	-0.457	-0.420	-0.421
<i>Axonopus affinis</i> Chase	0.310	0.149	-0.431	-0.323	0.044	0.187
<i>Chusquea nutans</i> L.G.Clark.	-0.588	0.216	0.419	-0.175	0.017	0.277
<i>Eragrostis airoides</i> Nees.	0.011	-0.593	0.023	-0.203	-0.010	0.234
<i>Paspalum ellipticum</i> Döll	-0.058	-0.434	-0.250	-0.279	0.463	0.046
<i>Paspalum notatum</i> Fluegge	0.478	0.114	0.203	-0.051	-0.626	-0.054
<i>Paspalum plicatulum</i> Michx.	0.318	-0.097	0.299	0.552	-0.031	-0.016
<i>Saccharum angustifolium</i> (Nees) Trin.	-0.231	0.068	-0.402	0.212	-0.337	-0.472
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	-0.039	0.019	-0.174	-0.107	-0.453	-0.123
<i>Steinchisma decipiens</i> (Nees ex Trin.) W.V. Br.	-0.005	0.231	0.043	0.574	0.177	-0.010
<i>Stipa</i> sp. II	-0.086	-0.597	-0.321	0.039	-0.243	0.233

**ANEXO D – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DE  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ ENCONTRADOS NO SOLO SOB VEGETAÇÃO CAMPESTRE NO HFCB, EM FUNÇÃO DAS POSIÇÕES NO RELEVO.**

Posição no relevo	Prof. (cm)	N	Mínimo (‰)	Média + Dp (‰)	Máximo (‰)	CV (%)
TOPO	0-5	4	-17,47	-15,35 ± 1,53	-13,82	-9,95
	5-10	4	-16,61	-15,04 ± 1,07	-14,16	-7,14
	10-20	4	-16,14	-14,59 ± 1,10	-13,60	-7,57
	20-30	4	-15,06	-14,04 ± 0,70	-13,45	-5,01
	30-40	4	-14,87	-13,84 ± 0,84	-12,95	-6,09
	40-60	4	-14,97	-14,09 ± 0,72	-13,22	-5,09
	60-80	4	-16,12	-15,04 ± 0,78	-14,37	-5,22
	80-100	3	-15,5	-14,91 ± 0,60	-14,30	-4,04
MEIA ENCOSTA	0-5	6	-17,28	-15,28 ± 1,09	-14,13	-7,11
	5-10	6	-15,26	-14,26 ± 0,64	-13,67	-4,46
	10-20	6	-14,93	-13,73 ± 0,60	-13,32	-4,34
	20-30	6	-14,77	-13,39 ± 0,81	-12,32	-6,03
	30-40	6	-14,52	-13,51 ± 0,55	-13,02	-4,09
	40-60	6	-17,23	-14,18 ± 1,58	-13,05	-11,16
	60-80	6	-15,95	-14,59 ± 0,89	-13,68	-6,12
	80-100	5	-17,10	-15,68 ± 1,04	-14,40	-6,63
	100-120	3	-15,99	-15,63 ± 0,49	-15,08	-3,11
	120-140	2	-17,93	-16,98 ± 1,34	-16,04	-7,87
BAIXADA	0-5	4	-16,15	-15,24 ± 0,66	-14,62	-4,33
	5-10	4	-15,57	-14,67 ± 0,93	-13,49	-6,33
	10-20	4	-14,48	-13,91 ± 0,75	-12,89	-5,38
	20-30	4	-13,88	-13,34 ± 0,91	-11,98	-6,82
	30-40	4	-13,74	-13,29 ± 0,41	-12,88	-3,09
	40-60	4	-13,77	-13,49 ± 0,26	-13,21	-1,93
	60-80	4	-14,66	-14,14 ± 0,62	-13,25	-4,39
	80-100	4	-15,57	-14,83 ± 0,67	-14,17	-4,49
	100-120	3	-15,81	-15,13 ± 0,59	-14,77	-3,89
	120-140	1	-15,43	-	-	-

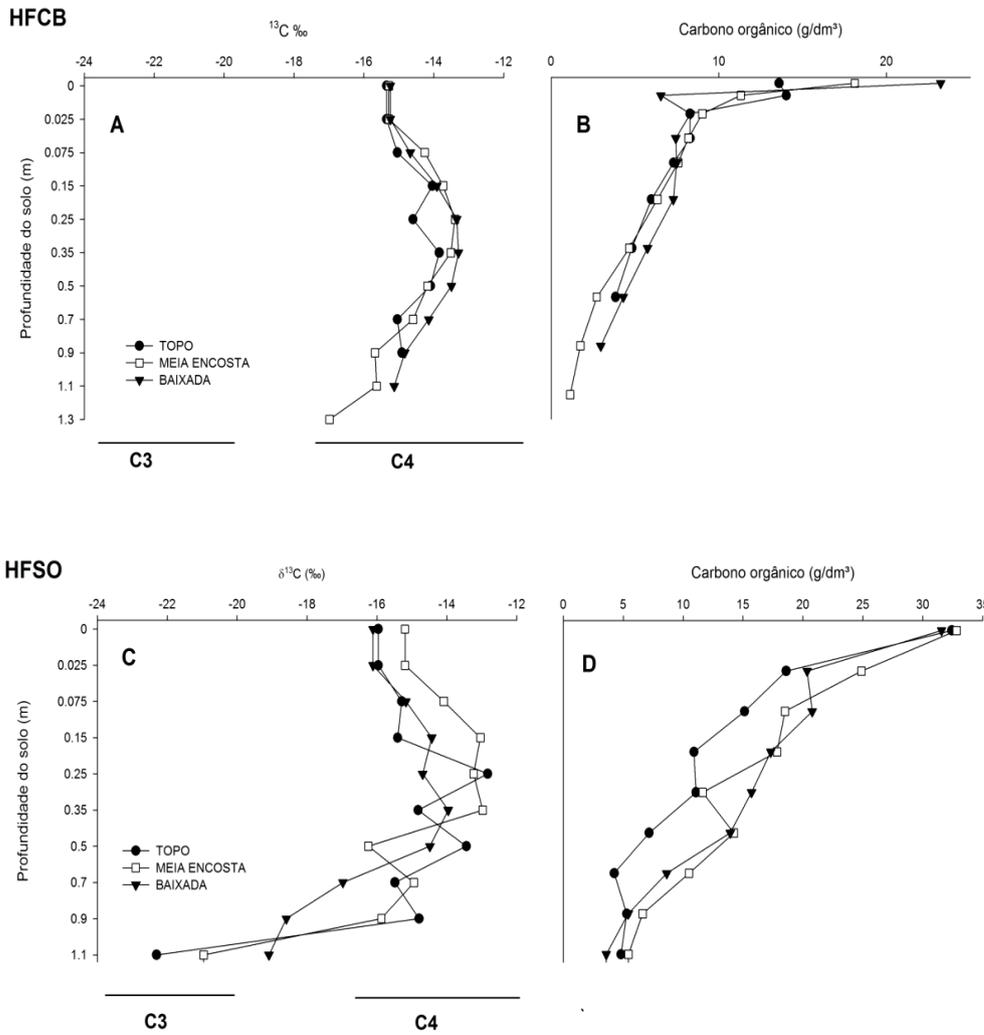
Fonte: Andriollo (2015).

**ANEXO E – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DE  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ ENCONTRADOS NO SOLO SOB VEGETAÇÃO CAMPESTRE NO HFSO, EM FUNÇÃO DAS POSIÇÕES NO RELEVO.**

Posição no relevo	Prof. (cm)	N	Mínimo (‰)	Média + Dp (‰)	Máximo (‰)	CV (%)
TOPO	0-5	4	-18,41	-16,64 ± 1,34	-15,39	-8,03
	5-10	4	-17,63	-16,19 ± 1,09	-14,99	-6,74
	10-20	4	-16,94	-16,27 ± 0,95	-14,9	-5,86
	20-30	4	-16,43	-14,55 ± 1,26	-13,73	-8,66
	30-40	4	-18,08	-15,88 ± 2,43	-13,35	-15,28
	40-60	4	-17,2	-14,96 ± 1,70	-13,47	-11,34
	60-80	4	-19,55	-16,32 ± 2,27	-14,24	-13,92
	80-100	3	-16,92	-15,86 ± 1,00	-14,94	-6,28
	100-120	2	-22,27	-20,87 ± 1,97	-19,48	-9,45
BAIXADA	0-5	4	-16,98	-16,13 ± 0,64	-15,45	-3,94
	5-10	4	-17,07	-15,39 ± 1,61	-13,31	-10,47
	10-20	4	-15,61	-14,69 ± 0,75	-13,79	-5,08
	20-30	3	-15,24	-14,82 ± 0,51	-14,25	-3,47
	30-40	4	-15,11	-14,65 ± 0,51	-13,94	-3,50
	40-60	4	-20,82	-16,83 ± 3,28	-13,30	-19,48
	60-80	3	-18,06	-15,96 ± 2,12	-13,83	-13,26
	80-100	3	-20,33	-16,58 ± 3,43	-13,61	-20,71
	100-120	2	-23,29	-19,97 ± 4,69	-16,65	-23,49
MEIA ENCOSTA	0-5	4	-16,6	-16,11 ± 0,52	-15,43	-3,21
	5-10	4	-15,47	-15,17 ± 0,36	-14,65	-2,38
	10-20	4	-15,94	-14,43 ± 1,09	-13,37	-7,54
	20-30	4	-15,01	-14,69 ± 0,35	-14,37	-2,39
	30-40	4	-14,25	-13,96 ± 0,28	-13,61	-1,99
	40-60	4	-16,12	-14,48 ± 1,25	-13,36	-8,62
	60-80	3	-19,46	-16,97 ± 2,49	-14,48	-14,68
	80-100	3	-19,16	-18,59 ± 0,74	-17,76	-3,97
	100-120	2	-20,03	-19,09 ± 1,33	-18,15	-6,99

Fonte: Andriollo (2015).

**ANEXO F – VALORES DE  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ E DE CARBONO ORGÂNICO NAS TRÊS POSIÇÕES DO RELEVO EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO CAMPESTRE NO HFCB E HFSO, SÃO GABRIEL, RS.**



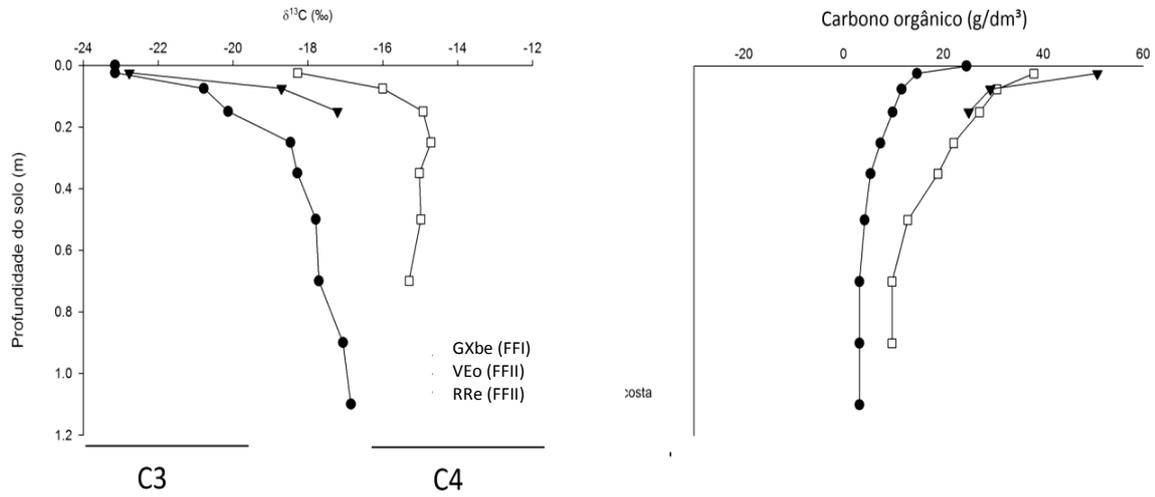
Fonte: Adaptado de Andriollo (2015).

**ANEXO G – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DE  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ ENCONTRADOS NO SOLO SOB VEGETAÇÃO FLORESTAL NO HFSO, EM FUNÇÃO DAS POSIÇÕES NO RELEVO.**

Local	Posição no relevo	Prof. (cm)	N	Mínimo (‰)	Média + Dp (‰)	Máximo (‰)	CV (%)
FFI	Baixada	0-5	6	-25,43	-23,15 ± 1,48	-21,59	-6,40
		5-10	6	-23,70	-20,78 ± 1,93	-18,96	-9,31
		10-20	6	-25,35	-20,13 ± 2,74	-17,62	-13,58
		20-30	6	-19,96	-18,46 ± 1,20	-16,89	-6,47
		30-40	6	-19,44	-18,28 ± 0,98	-16,71	-5,36
		40-60	6	-19,98	-17,79 ± 1,74	-15,58	-9,79
		60-80	6	-19,06	-17,71 ± 0,82	-16,75	-4,60
		80-100	6	-17,82	-17,06 ± 0,40	-16,68	-2,36
		100-120	6	-17,54	-16,85 ± 0,52	-16,32	-3,10
FFII	Topo Meia encosta	0-5	2	-24,03	-22,77 ± 1,79	-21,51	-7,85
		5-10	2	-19,52	-18,70 ± 1,16	-17,89	-6,18
		10-20	2	-18,03	-17,35 ± 0,97	-16,66	-5,59
		20-30	1	-17,76	-	-	-
FFII	Baixada	0-5	2	-18,49	-15,6 ± 0,31	-18,06	-1,96
		5-10	2	-16,38	-15,16 ± 0,54	-15,62	-3,55
		10-20	2	-14,95	-14,99 ± 0,03	-14,90	-0,21
		20-30	2	-15,04	-15,00 ± 0,46	-14,39	-3,06
		30-40	2	-15,74	-15,10 ± 1,02	-14,30	-6,76
		40-60	2	-15,24	-15,14 ± 0,36	-14,73	-2,40
		60-80	2	-15,58	-15,30 ± 0,40	-15,01	-2,64

Fonte: Andriollo (2015).

**ANEXO H – VALORES DE  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ E DE CARBONO ORGÂNICO ENCONTRADOS NAS CLASSES DE SOLOS DOIS FRAGMENTOS FLORESTAIS (FFI E FFII) AVALIADOS NO HFSO, SÃO GABRIEL, RS.**



Fonte: Adaptado de Andriollo (2015).