

**JAIME BARROS DOS SANTOS JUNIOR**

**SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS DERIVADOS DE LITOLOGIAS DA  
FORMAÇÃO SERRA GERAL EM AMBIENTES ALTOMONTANOS DO SUL DO  
BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Ciência do Solo do Centro de Ciências  
Agroveterinárias, da Universidade do Estado de  
Santa Catarina, como requisito parcial para a  
obtenção do grau de Doutor em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Jaime Antonio de Almeida

**LAGES, SC  
2017**

Santos Junior, Jaime Barros dos  
Solos com propriedades ândicas derivados de  
litologias da Formação Serra Geral em ambientes  
altomontanos do Sul do Brasil / Jaime Barros dos  
Santos Junior. - Lages , 2017.  
185 p.

Orientador: Jaime Antonio de Almeida  
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages,  
2017.

1. Classificação de solos. 2. Pedogênese. 3.  
Andossolos. 4. Formação Serra Geral. 5. Complexos  
organometálicos. I. Almeida, Jaime Antonio de. II.  
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa  
de Pós-Graduação. III. Título.

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

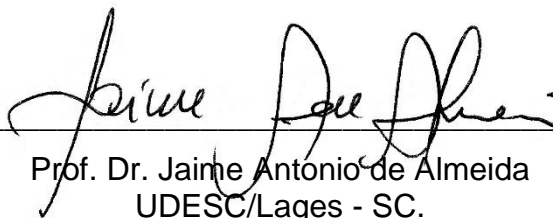
**JAIME BARROS DOS SANTOS JUNIOR**

**SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS DERIVADOS DE LITOLOGIAS DA  
FORMAÇÃO SERRA GERAL EM AMBIENTES ALTOMONTANOS DO SUL DO  
BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Ciência do Solo.

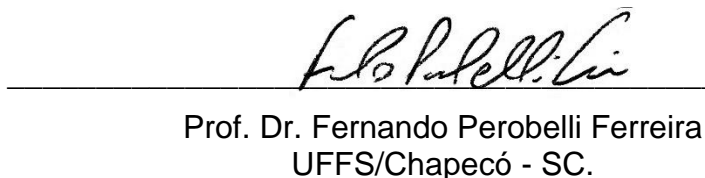
**Banca Examinadora:**

Orientador:

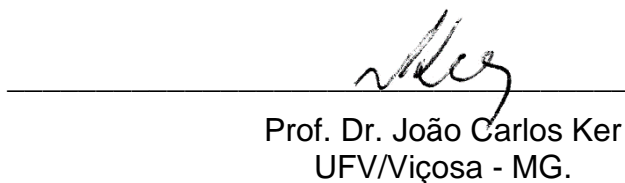


Prof. Dr. Jaime Antonio de Almeida  
UDESC/Lages - SC.

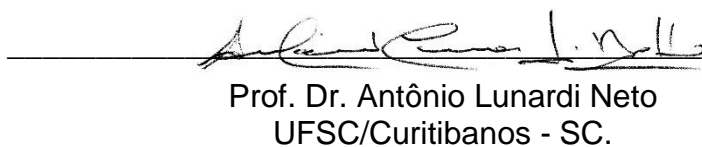
Membros:



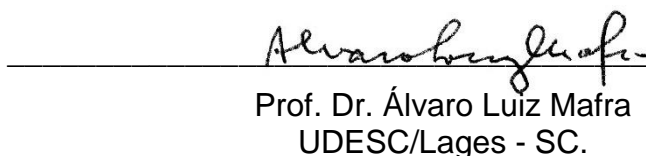
Prof. Dr. Fernando Perobelli Ferreira  
UFFS/Chapecó - SC.



Prof. Dr. João Carlos Ker  
UFV/Viçosa - MG.



Prof. Dr. Antônio Lunardi Neto  
UFSC/Curitibanos - SC.



Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra  
UDESC/Lages - SC.

Lages, 20 de julho de 2017.





À minha família, por ser meu sustentáculo  
e minha força motriz, dedico.



## **AGRADECIMENTO**

À Deus, do meu coração, da minha compreensão, pela dádiva da luz, vida e amor;

Aos meus pais, Jaime Barros dos Santos e Ivone dos Santos Carvalho, pelo amor incondicional e o apoio em todas as horas;

À minha irmã Isadora Barros dos Santos, por sempre acreditar no irmão mais velho, fazendo com que cada passo meu fosse pensando no melhor para ti;

À minha esposa Anne Denise Reus Arruda de Oliveira dos Santos, por ser calmaria, quando tudo era tempestade, por reestabelecer a paz e a harmonia, quando tudo era caos. Amo-te!

Ao meu orientador, professor Dr. Jaime Antonio de Almeida, pela confiança e amizade, por guiar meus passos de maneira firme, precisa e paciente;

Aos professores Dr. Álvaro Luiz Mafra (UDESC/Lages), Dr. Luciano Colpo Gatiboni (UDESC/Lages) e Dr. Antônio Lunardi Neto (UFSC/Curitibanos), pelas valiosas contribuições no momento da qualificação desse trabalho;

Aos membros da banca de avaliação da tese, professores Dr. Fernando Perobelli Ferreira (UFFS/Chapecó), Dr. João Carlos Ker (UFV/Viçosa), Dr. Antônio Lunardi Neto (UFSC/Curitibanos) e Dr. Álvaro Luiz Mafra (UDESC/Lages), pelas correções e sugestões;

À professora Letícia Sequinatto (UDESC/Lages), pelas inúmeras contribuições durante este trabalho e pela amizade;

Ao estagiários do Programa Solo na Escola UDESC/Lages, Marciano Istchuk Jr., Ricardo Basso e Luis Pastre, pela ajuda nas coletas de solos e nas análises laboratoriais;

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo UDESC/Lages, Luana Silva, Diego Bortolini, Caroline Lacerda, Josiane Mendonça, Gustavo Pereira, Fagner Taiano, pela ajuda em diversos momentos.

Ao amigo Thiago Cavalcante Gomes Ribeiro De Andrade, colega de trabalho na UFPA/Altamira, pela ajuda e pelo companheirismo em todas as horas;

Ao técnico Matheus Machado, pela ajuda nas análises laboratoriais, pela alegria contagiante e pela amizade;

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo UDESC/Lages, pela oportunidade de realizar esse doutorado;

À Faculdade de Engenharia Florestal, Campus Universitário de Altamira e à Universidade Federal do Pará (UFPA), pelo apoio prestado, permitindo meu afastamento para a realização desse trabalho;

À CAPES/FAPESC, pela concessão da bolsa de estudos;

À Embrapa Solo, pelo aporte financeiro e realização das análises de caracterização dos solos desta pesquisa, através do Projeto SiBCS (PA 02.14.01.008.00.03);

Agradeço!

“Uma pessoa que se ache no fundo de um vale, envolvido por densa bruma, não vê o Sol. Entretanto, pela luz difusa, percebe a claridade do Sol. Se começa a subir a montanha, à medida que for ascendendo, o nevoeiro se irá dissipando e a luz ficará cada vez mais viva. Contudo, ainda não verá o Sol. Só depois que se haja elevado acima da camada brumosa e chegado a um ponto onde o ar esteja perfeitamente límpido, ela o contemplará em todo o seu esplendor.” (**Allan Kardec** – A Gênese)



## RESUMO

Solos com propriedades ândicas apresentam baixa densidade aparente, alta retenção de fosfato e presença de minerais amorfos e/ou complexos organometálicos. Estes minerais e complexos são, comumente, parte da sequência do intemperismo de materiais piroclásticos, no entanto, solos com propriedades ândicas com complexos organometálicos também podem se formar a partir de materiais não piroclásticos em climas frios e úmidos em ambiente ácido com intemperismo acentuado e rico em matéria orgânica. No Brasil, a única descrição de solos com propriedades ândicas ocorreu em uma área restrita em São Francisco de Paula (RS), sendo os primeiros Andossolos detectados na América do Sul fora das áreas de recente vulcanismo nos Andes. Os objetivos desse trabalho foram: avaliar a presença de propriedades ândicas nos solos com expressivo conteúdo de carbono, desenvolvidos nos rebordos da escarpa da Formação Serra Geral, nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul; caracterizar física, química, morfológica e mineralogicamente os solos desta região; verificar se os critérios utilizados para propriedades ândicas são adequados para as condições locais e definir o conceito de propriedades ândicas, propondo a criação de um novo atributo diagnóstico para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS 2013). Foram descritos e coletados 13 perfis de solos. Com base nas características morfológicas, físicas e químicas, os solos foram classificados de acordo com o SiBCS 2013, a WRB/FAO 2015 e *Soil Taxonomy* 2014. Foram identificados, segundo critérios do SiBCS, 10 solos que apresentam horizonte Hístico, todos com propriedades ândicas, segundo critério da WRB/FAO, 3 com horizonte A Húmico sem propriedades ândicas. Três solos foram classificados pelo SiBCS como Cambissolos Húmicos, 5 como Cambissolos Hísticos e 5 como Organossolos Fólicos. Pelo sistema WRB/FAO 8 foram enquadrados como *Andosol Aluandic*, 2 como *Histosols* com propriedades ândicas, 2 como *Umbrisols*, sendo um protoândico e 1 como *Cambisol*. Já pela *Soil Taxonomy* são 8 *Andisols*, 1 *Histosol* e 4 *Inceptisols*, sendo um ândico. Os critérios para identificação de solos com propriedades ândicas da WRB/FAO mostraram-se adequados para as condições brasileiras. Sugere-se a criação do atributo propriedades ândicas no SiBCS e classes de solos que contemplem essa qualificação. O clima frio e úmido das áreas de altitude elevada, decorrente da constante nebulosidade, altos índices de precipitação ocorrentes e baixa evapotranspiração, em uma estreita faixa da borda da escarpa da Formação Serra Geral, associado ao relevo, atuando conjuntamente no intemperismo ácido do material de origem, contribuem para a formação de complexos organometálicos, principalmente Al-húmus, e consequentemente favorecem a acumulação e estabilização da matéria orgânica, propiciando a formação de solos com propriedades ândicas.

**Palavras-chave:** Classificação de solos. Pedogênese. Andossolos. Formação Serra Geral. Complexos organometálicos.





## ABSTRACT

Soils with andic properties present low bulk density, high phosphate retention and the presence of amorphous minerals and / or organometallic complexes. These minerals and complexes are commonly part of the weathering sequence of pyroclastic materials; however, soils with organometallic complexes can also form from non-pyroclastic materials in cold and humid climates, in an acidic environment with strong weathering and a rich in organic matter. In Brazil, the only description of soils with andic properties occurred in a restricted area in São Francisco de Paula (RS), and the first Andosols detected in South America outside the areas of recent volcanism in the Andes. The objectives of this work were: to evaluate the presence of andic properties in soils with expressive carbon content, developed in the escarpment of Serra Geral Formation, in the states of Santa Catarina and Rio Grande do Sul; Characterize the soils of this region physically, chemically, morphologically and mineralogically; To verify if the criteria used for andic properties are adequate for local conditions and to define the concept of andic properties, proposing the creation of a new diagnostic attribute for the *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (SiBCS 2013). 13 soils profiles were described and collected. Based on the morphological, physical and chemical characteristics, the soils were classified according to the SiBCS 2013, WRB/FAO 2015 and Soil Taxonomy 2014. According to the criteria of the SiBCS 2013, 10 soils with a Histic horizon were identified, all with andic properties, 3 with a Humic horizon, without andic properties. Three soils were classified by SiBCS as Cambissolos Húmicos, 5 as Cambissolos Hísticos and 5 as Organossolos Fólicos. Were classified by WRB/FAO 2015 8 Andosol Aluandic, 2 Histosols with andic properties, 2 Umbrisols and 1 Cambisol. By the Soil Taxonomy 2014 are 8 Andisols, 1 Histosol and 4 Inceptisols. The criteria for identification of soils with andic proprieties of WRB/FAO was adequate for the brazilian conditions. It is suggested the creation of the attribute of andic properties in the SiBCS and classes of soils that contemplates this qualification. The cold and humid climate of high altitude areas, due to constant cloudiness, high precipitation rates and low evapotranspiration, in a narrow strip of Serra Geral Formation boundary, associated to topography, acting together in the acid weathering of the parent material, contribute to the formation of organometallic complexes, mainly Al-humus, and consequently favor the accumulation and stabilization of organic matter, favoring the formation of soils with andic properties.

**Key-words:** Soil classification. Pedogenesis. Andosols. Serra Geral Formation. Organometallic complexes.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área de estudo - planalto sul do estado de Santa Catarina e no planalto nordeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.....	37
Figura 2 - Localização dos pontos amostrais dos perfis de solo ao longo da borda da escarpa da Formação Serra Geral nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil.....	41
Figura 3 - A) Perfil P1 CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico; B) Paisagem local; C) Posição do Perfil.....	47
Figura 4 - A) Perfil P2 CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico; B) Paisagem local; C) Posição do Perfil .....	50
Figura 5 - A) Perfil P3 CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico; B) Paisagem local e posição do Perfil.....	53
Figura 6 - A) Perfil P4 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico; B) Paisagem local I e C) Paisagem local II .....	55
Figura 7 - A) Perfil P5 CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico; B) Paisagem local e C) Posição do Perfil.....	58
Figura 8 - A) Perfil P6 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico; B) Posição do Perfil e C) Paisagem local .....	61
Figura 9 - A) Perfil P7 CAMBISSOLO HÚMICO Distroférrico típico; B) Paisagem local I e C) Paisagem local II .....	64
Figura 10 - A) Perfil P8 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico; B) Paisagem local e posição do Perfil.....	67
Figura 11 - A) Perfil P9 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico; B) Paisagem local; C) Paisagem local II e D) Paisagem local III .....	70
Figura 12 - A) Perfil P-10 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico; B) Posição do Perfil na Base do Pico Monte Negro; C) Paisagem local, Pico Monte Negro; D) Paisagem local, Canyon Monte Negro I; E) Paisagem local, Canyon Monte Negro II e F) Paisagem local, Canyon Monte Negro III ....	73
Figura 13 - A) Perfil P11 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico; B) Posição do perfil; C, D, E e F) Paisagem local .....	76
Figura 14 - A) Perfil P12 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico; B) Posição do perfil; C) Paisagem local .....	80
Figura 15 - A) Morro do Baú; B) Perfil P-13 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico; C) Paisagem local e D) Posição do perfil .....	83

- Figura 16 - Difractogramas de raios-X de minerais presentes na fração argila (amostras orientadas e desferrificadas) do horizonte 2Bi do perfil P5 (CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico) tratadas com magnésio (Mg), magnésio + etileno glicol (EG), e com potássio e aquecidas a 25, 110, 350 e 550°C (K, K110, K350 e K550). EHE: esmectita com hidróxi-Al entrecamadas; Ct: caulinita; Gb: Gibbsita; Qz: quartzo. .... 86
- Figura 17 - Difractogramas de raios-X de minerais presentes na fração argila (amostras orientadas e desferrificadas) do horizonte 2Bi1 do perfil P7 (CAMBISSOLO HÚMICO Distroférico típico) tratadas com magnésio (Mg), magnésio + etileno glicol (EG), e com potássio e aquecidas a 25, 110, 350 e 550°C (K, K110, K350 e K550). EHE: esmectita com hidróxi-Al entrecamadas; Ct: caulinita; Gb: Gibbsita; Qz: quartzo. .... 89
- Figura 18 - Difractogramas de raios-X de minerais presentes na fração argila (amostras orientadas e desferrificadas) do horizonte Cr/R do perfil P4 (ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico) tratadas com magnésio (Mg), magnésio + etileno glicol (EG), e com potássio e aquecidas a 25, 110, 350 e 550°C (K, K110, K350 e K550). EHE: esmectita com hidróxi-Al entrecamadas; Ct: caulinita; Gb: Gibbsita; Qz: quartzo. .... 90
- Figura 19 - Difractogramas de raios-X de minerais presentes na fração argila (amostras orientadas e desferrificadas) do horizonte Bi do perfil P6 (CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico) tratadas com magnésio (Mg) e formamida (For). EHE: esmectita com hidróxi-Al entrecamadas; Ct: caulinita; Gb: Gibbsita; Qz: quartzo. .... 90
- Figura 20 - Extração seletiva de  $Al_o$ ,  $Al_p$  e  $Al_d$  (%) de horizontes superficiais de solos desenvolvidos sobre litologias da Formação Serra Geral no sul do Brasil ..... 93
- Figura 21 - Extração seletiva de  $Fe_o$ ,  $Fe_p$  e  $Fe_d$  (%) de horizontes superficiais de solos desenvolvidos sobre litologias da Formação Serra Geral no sul do Brasil ..... 94

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Resultados das análises físicas do Perfil P1 - CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico .....	46
Tabela 2– Resultados das análises químicas do Perfil P1 - CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico .....	46
Tabela 3 - Resultados das análises físicas do Perfil P2 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	48
Tabela 4 – Resultados das análises químicas do Perfil P2 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	49
Tabela 5 - Resultados das análises físicas do Perfil P3 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	51
Tabela 6 - Resultados das análises químicas do Perfil P3 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	52
Tabela 7 – Resultados das análises físicas do Perfil P4 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico .....	54
Tabela 8 – Resultados das análises químicas do Perfil P4 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico .....	55
Tabela 9 – Resultados das análises físicas do Perfil P5 - CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico .....	56
Tabela 10 – Resultados das análises químicas do Perfil P5 - CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico .....	57
Tabela 11 – Resultados das análises físicas do Perfil P6 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	59
Tabela 12 – Resultados das análises químicas do Perfil P6 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	60
Tabela 13 – Resultados das análises físicas do Perfil P7 - CAMBISSOLO HÚMICO Distroférico típico .....	62
Tabela 14 – Resultado das análises químicas do Perfil P7 - CAMBISSOLO HÚMICO Distroférico típico .....	63
Tabela 15 – Resultados das análises físicas do Perfil P8 - CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico .....	65
Tabela 16 – Resultados das análises químicas do Perfil P8 - CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico .....	66
Tabela 17 – Resultados das análises físicas do Perfil P9 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico .....	69
Tabela 18 – Resultados das análises químicas do Perfil P9 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico .....	69

Tabela 19 – Resultados das análises físicas do Perfil P10 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	71
Tabela 20 – Resultados das análises químicas do Perfil P10 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	72
Tabela 21 – Resultados das análises físicas do Perfil P11 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico .....	74
Tabela 22 – Resultados das análises químicas do Perfil P11 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico.....	75
Tabela 23– Resultados das análises físicas do Perfil P12 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico .....	77
Tabela 24– Resultados das análises químicas do Perfil P12 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.....	78
Tabela 25 – Resultado das análises físicas do Perfil P13 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico .....	82
Tabela 26 – Análises químicas do Perfil P13 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico .....	82
Tabela 27 – Proporções relativas de mineral tipo 2:1 HE, caulinita e gibbsita, largura a meia altura da caulinita (LMA Ct) e espaçamento entrecamada da caulinita (d <sub>001</sub> Ct) na fração argila em solos sobre a Formação Serra Geral no sul do Brasil .....	88
Tabela 28 - Extração seletiva de Al, Fe e Si de horizontes superficiais de solos desenvolvidos sobre rochas da Formação Serra Geral no sul do Brasil .....	92
Tabela 29 - Critérios diagnósticos para propriedades ândicas em solos sobre a Formação Serra Geral no sul do Brasil.....	96
Tabela 30 – Características adicionais em solos ândicos não-alofânicos sobre a Formação Serra Geral no sul do Brasil .....	98
Tabela 31 - Classificação dos solos sobre a Formação Serra Geral no sul do Brasil, segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 2013 (SiBCS), Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014 – Actualización 2015 (WRB/FAO) e Keys to Soil Taxonomy 2014 (Soil Taxonomy).....	101

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>23</b>
2.1	SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS.....	23
2.1.1	Histórico, conceito e definições.....	23
2.1.2	Mineralogia e gênese .....	25
2.1.3	Características morfológicas, físicas e químicas .....	29
2.2	SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS NO BRASIL.....	32
2.3	AMBIENTE ALTOMONTANO.....	34
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDOS – Características ambientais.....	37
3.2	ATIVIDADES DE CAMPO .....	40
3.3	ANÁLISES LABORATORIAIS E OUTRAS DETERMINAÇÕES .....	42
3.4	CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS .....	44
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
4.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SOLOS .....	45
4.1.1	P1 – CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico .....	45
4.1.2	P2 – CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	47
4.1.3	P3 – CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	50
4.1.4	P4 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.....	53
4.1.5	P5 – CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico .....	56
4.1.6	P6 – CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico .....	59
4.1.7	P7 – CAMBISSOLO HÚMICO Distroférrico típico.....	61
4.1.8	P8 – CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico .....	64
4.1.9	P9 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico .....	68
4.1.10	P10 – CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico léptico .....	70
4.1.11	P11 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico.....	74
4.1.12	P12 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.....	77

<b>4.1.13</b>	<b>P13 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico .....</b>	<b>81</b>
<b>4.1.14</b>	<b>Síntese das principais características gerais dos solos .....</b>	<b>83</b>
<b>4.2</b>	<b>MINERALOGIA DOS SOLOS E PEDOGÊNESE .....</b>	<b>84</b>
<b>4.3</b>	<b>PROPRIEDADES ÂNDICAS .....</b>	<b>91</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Dissoluções seletivas de Al, Fe e Si .....</b>	<b>91</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Critérios diagnósticos para solos com propriedades ândicas .....</b>	<b>94</b>
<b>4.4</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS .....</b>	<b>98</b>
<b>4.5</b>	<b>PROPRIEDADES ÂNDICAS E OUTRAS PROPOSTAS .....</b>	<b>102</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>105</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>107</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>123</b>
	<b>ANEXO – Autorização para atividade com finalidade científica – ICMBio .....</b>	<b>183</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Desde a surgimento do termo *Ando soil* em 1947, referente aos solos escuros encontrados no Japão, originários de materiais vulcânicos ejetados (materiais piroclásticos), foram identificados, em diversos lugares do mundo, solos com as mesmas características. Atualmente denominados de solos com propriedades ândicas e definidos como solos que apresentam baixa densidade aparente, presença de minerais de baixo ordenamento estrutural e/ou complexos organometálicos e alta retenção de fosfato, esse grupo específico de solos foi extensamente estudado em vários países.

A identificação de solos com propriedades ândicas sobre materiais não piroclásticos é crescente desde 1987, após a publicação dos resultados de pesquisas realizadas na Espanha, principalmente em regiões frias e úmidas, geralmente montanhosas, e com carbono orgânico em grande quantidade.

A presença de grande quantidade de alumínio nesses solos, juntamente com a acumulação de matéria orgânica em clima frio e úmido em materiais ricos em silicatos, favorecem a formação de complexos organometálicos, resultando em uma matéria orgânica estável, desempenhando uma função importante no estoque de carbono e na retenção de água. Ocorrem em regiões de altitude elevada, muitas vezes declivosas, e podem apresentar tixotropia, evidenciando sua fragilidade.

No Brasil cogitou-se a possibilidade da ocorrência de solos com essas propriedades no final da década de 1960 e alguns estudos foram realizados em diferentes partes do país, ao longo dos anos. Porém, somente em 2008 foi registrado, em uma publicação científica, a ocorrência de solos com propriedades ândicas, no município de São Francisco de Paula, estado do Rio Grande do Sul, e estes foram verificados sobre riodacitos da Formação Serra Geral.

A Formação Serra Geral, resultante de grande evento vulcânico fissural que ocorreu no Cretáceo Inferior, durante a ruptura do supercontinente de Gondwana, é constituída por rochas provenientes de derrames basálticos, intercalado por derrames andesíticos e rochas mais silicosas oriundas dos últimos derrames de natureza mais ácida. Prolonga-se, diagonalmente, pelo sul do Brasil, apresentando em sua face leste escarpas íngremes.

Em Santa Catarina, notadamente nos rebordos destas escarpas da Formação Serra Geral, ocorre expressiva quantidade de Cambissolos Hísticos, Cambissolos

Húmicos e Organossolos Fólicos que se assemelham aos estudados no estado do Rio Grande do Sul com propriedades ândicas. O clima frio e úmido favorece uma grande acumulação de matéria orgânica no solo que, associado ao intemperismo do material de origem, rico em silicatos, imprime propriedades ândicas aos solos desta área, sendo este fenômeno restrito a uma estreita faixa ao longo da borda da escarpa, não se propagando em direção ao planalto.

O objetivo geral desse trabalho foi avaliar a presença de propriedades ândicas nos solos com expressivo conteúdo de carbono, desenvolvidos nos rebordos da escarpa da Formação Serra Geral, no planalto sul do estado de Santa Catarina e no planalto nordeste do estado do Rio Grande do Sul.

Os objetivos específicos foram: a) caracterizar física, química, morfológica e mineralogicamente nos solos desta região; b) verificar se os critérios utilizados para propriedades ândicas são adequados para as condições brasileiras e c) definir o conceito de propriedades ândicas e propor a criação de um atributo diagnóstico que contemple estas propriedades para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS

#### 2.1.1 Histórico, conceito e definições

Segundo Shoji; Dahlgren; Nanzyo (1993), os nomes dos solos, como "*Andosols*" e "*Andepts*" originaram-se de "*Ando soils*", termo introduzido pela primeira vez em 1947, de acordo com Simonson (1979), durante os levantamentos de reconhecimento de solos do Japão por cientistas do solo estadunidenses e publicado na revista *Soil Science* em 1949, referindo-se aos solos formados a partir de material piroclástico, principalmente de cinzas vulcânicas.

Através de uma tradução/criação livre do termo "Ando", com origem na língua japonesa (An: escuro; do: solo), pelos cientistas estadunidenses gerou-se um novo termo, pois não há nenhum nome de solo japonês originado desse termo, porque "Ando" é uma palavra japonesa incomum traduzida literalmente como "solo escuro" (SHOJI; DAHLGREN; NANZYU, 1993)

De acordo com Takahashi; Shoji (2002), foi apenas em 1960 que "solos de cinzas vulcânicas" foram identificados pela primeira vez num sistema internacional de classificação de solos, sendo incluídos pela primeira vez na subordem *Andept* na sétima aproximação da *Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 1960).

O termo "solos de cinzas vulcânicas" (*volcanic ash soils*) é comumente usado para designar solos formados a partir de materiais vulcânicos ejetados, também chamados de piroclásticos, uma vez que a maioria destes solos têm propriedades únicas herdadas ou relacionadas com o material de origem, como os *Kurobokudo*, *Andosols* e *Andisols*. No entanto, nem todos os solos de cinzas vulcânicas são *Kurobokudo*, *Andosols* ou *Andisols* e vice-versa. Há alguns *Kurobokudo*, *Andosols* e *Andisols* formados a partir de materiais não piroclásticos, tais como rochas vulcânicas, rochas sedimentares e outros materiais (SHOJI; DAHLGREN; NANZYU, 1993)

Em 1964 a FAO/Unesco realizou uma reunião sobre a classificação "solos de cinzas vulcânicas" no Japão (FAO/UNESCO, 1964) e em 1974 designou os principais grupos de *Andosols* para o Mapa Mundial de Solos (FAO/UNESCO, 1974), descrevendo as várias nomenclaturas nos sistemas de classificação de diversos países para "solos de cinzas vulcânicas": *Yellow-brown loams* e *Yellow-brown pumice soils* (Nova Zelândia); *Humic Allophane soils*, *Trumao soils* (Chile); *Acid Brown Forest soil*, *Acid Brown Wooded soil* (Canadá); *Sols bruns tropicaux volcaniques* (Zaire);

*Andosols* (França e Indonésia); *Kurobokudo* (Japão); *Andepts* (Estados Unidos da América) e *Volcanic soils* (ex-U.R.S.S.).

Em 1978, Smith (1978) propôs a reclassificação dos *Andepts* e forneceu a justificativa para o desenvolvimento de uma nova ordem de solos, na *Soil Taxonomy*, denominada *Andisols*. Instalou-se, então, o *International Committee on the Classification of Andisols- ICOMAND*, pelo *Soil Conservation Service, USDA*, coordenado por Mike Leamy, do *New Zealand Soil Bureau* (PARFITT; CLAYDEN, 1991), sendo publicado os resultados por Leamy et al. (1984).

Conforme Takahashi e Shoji (2002), a proposta de Smith (1978) levou para o desenvolvimento e estabelecimento das atuais classes de solos com propriedades ândicas em sistemas de classificação de solos utilizados internacionalmente.

Na descrição dos *Andosols* da *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014 – Actualización 2015* (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015) entende-se que muitos *Andosols* pertencem aos *Kuroboku*, anteriormente chamado *Kurobokudo* (Japão), *Andisols* (Estados Unidos da América), *Andosols* e *Vitrisols* (França) e *Volcanic ash soils* (Rússia).

Por uma questão de simplificação, para melhor fluidez do texto, referir-se-á à *Keys to Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 2014), como apenas *Soil Taxonomy* e à *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014 – Actualización 2015* (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015), como WRB/FAO. Sendo utilizado o termo Andossolos para se referir às classes de solos já mencionadas.

O conceito de Andossolos está ligado aos solos que se desenvolvem de material vulcânico ejetado, com rápido desgaste desse material e a precipitação de minerais de baixo ordenamento estrutural e/ou complexos organometálicos. Estes constituintes coloidais fornecem aos solos propriedades, tais como, baixa densidade, características de carga variável, tixotropia, e forte retenção de fósforo sob quase qualquer clima (exceto sob condições climáticas hiperáridas) (MCDANIEL et al., 2012; IUSS WORKING GROUP WRB, 2015).

A presença de minerais de baixo ordenamento estrutural e/ou de complexos organometálicos é característica de propriedades ândicas. Estes minerais e complexos são geralmente parte da sequência do intemperismo de depósitos piroclásticos, entretanto, propriedades ândicas também podem se manifestar em solos com grandes quantidades de Al na forma de complexos organometálicos, bem como de materiais não-piroclásticos ricos em silicatos em climas frios, sob

intemperismo ácido em climas úmido e perúmido, com grande quantidade de carbono orgânico. São caracterizados por apresentarem baixa densidade aparente, cargas variáveis, grande quantidade de alofanos, imogolita, ferrihidrita e/ou complexos organometálicos, além de alta retenção de fosfatos (SOIL SURVEY STAFF, 2014; IUSS WORKING GROUP WRB, 2015).

Segundo a WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015), os Andossolos ocorrem em regiões vulcânicas em todo o mundo. Concentrações importantes ocorrem ao redor da borda do Pacífico (Anel de fogo do Pacífico): na costa oeste da América do Sul, na América Central, México, Estados Unidos da América (nas Montanhas Rochosas, Alasca), Kamchatka, no Japão, no arquipélago das Filipinas, Indonésia, Papua Nova Guiné e Nova Zelândia. Eles também são proeminentes em muitas ilhas do Pacífico: Fiji, Vanuatu, Nova Caledônia, Samoa e Havaí. Na África são encontrados ao longo do vale do Rift, Leste Africano e no Quênia, Ruanda e Etiópia, mas também em Camarões e em Madagascar. Na Europa ocorrem na Itália, França, Alemanha e Islândia. A área total com Andossolos é estimada em cerca de 110 milhões de hectares e mais da metade dessa área está situada nos trópicos.

### **2.1.2 Mineralogia e gênese**

Em solos com propriedades ândicas, geralmente, as associações de minerais correspondem a caulinita, gibbsita, goethita, ferrihidrita, alofana e complexos organometálicos (JIOMENECK et al., 2011).

Reconhece-se, de acordo com Parfitt; Clayden (1991), que o material amorfo em Andossolos consiste nos minerais de baixo ordenamento estrutural como alofanos, imogolita e ferrihidrita e/ou complexos organometálicos. E esses solos também devem ter baixa densidade aparente ou uma quantidade específica de vidro vulcânico.

DRIESSEN; DECKERS (2001), definem os minerais de baixo ordenamento estrutural que ocorrem nos Andossolos como: a) alofanos - são aluminossilicatos hidratados não cristalinos (de baixo ordenamento estrutural) com proporções Al:Si tipicamente entre 1 e 2. Eles são constituídos de esférulas ocas com um diâmetro de 3,5-5 nm e têm uma área superficial específica reativa muito grande; b) imogolitas - são aluminossilicatos paracristalinos constituídos por fios lisos e curvos variando de 10 a 30 nm de diâmetro e vários milhares de nm de comprimento. Os fios consistem

em unidades de tubo menores do que 2 nm de diâmetro exterior com sua parede exterior constituída por uma folha de gibsita e parede interna com uma folha de sílica; c) ferrihidrita - representa os óxidos de ferro hidratados de baixo ordenamento estrutural, anteriormente chamados de óxido de ferro amorfo ou gel de óxido de ferro. Nem sua estrutura nem sua composição foi estabelecida definitivamente. É o mineral de óxido de ferro dominante da maioria dos solos vulcânicos e algumas das propriedades atribuídas às alofanos podem, em parte, serem causadas por ferrihidrita. Evidências recentes sugerem que muito, se não todo, ferro ligado organicamente (como o extraído por pirofosfato) é ferrihidrita.

De acordo com WRBFAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015), o material de origem dos Andossolos são materiais vulcânicos ejetados, ricos em vidro vulcânico, principalmente cinzas, sob quase qualquer clima ou outro material rico em silicato sob intemperismo ácido em climas úmidos e perúmidos. Ocorrem em relevo ondulado a montanhoso, da região ártica à tropical, principalmente nas regiões úmidas, em diferentes tipos de vegetação.

Segundo Caner et al. (2000), desde a publicação do artigo “*Andosols developed from non-volcanic materials in Galicia, NW Spain*” de Garcia-Rodeja; Silva; Macias (1987), há uma crescente evidência da ocorrência de solos com propriedades ândicas desenvolvidos sobre material não piroclástico, mostrando que tais solos devem suas características aos complexos organometálicos, em vez de minerais de baixo ordenamento estrutural.

Entretanto, Parfitt; Clayden (1991), relatando a ampliação do conceito original dos Andossolos, para a inclusão de solos que se formaram sobre materiais parentais não piroclásticos, citam a ocorrência de solos ândicos em diversos trabalhos mais antigos do que os de Garcia-Rodeja; Silva; Macias (1987), como verificado em : a) Shoji; Ono (1978), Shoji; Fujiwara (1984) no Japão; b) Baham; Simonson (1985) , Hunter; Frazier; Busacca (1987), Parfitt; Childs (1988) nos EUA; c) Quantin et al. (1985) na Itália; c) Loveland; Bullock (1976), na Inglaterra; d) Whitton; Laffan; Campbell (1985) na Nova Zelândia.

O intemperismo rápido de vidros vulcânicos resulta em acúmulo de complexos organometálicos estáveis ou na formação de minerais de baixo ordenamento estrutural, tais como alofanos e imogolita, adicionalmente formando ferrihidrita. Entretanto, o intemperismo ácido de outro material rico em silicato e em clima úmido

e perúmido também conduzem à formação de complexos organominerais estáveis (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015; GARCIA-RODEJA; SILVA; MACIAS, 1987).

Segundo DRIESSEN; DECKERS (2001), a formação de Andossolos depende, essencialmente, do rápido intemperismo do material mineral poroso, permeável e de granulação fina, na presença de matéria orgânica. Os íons liberados na hidrólise de minerais primários,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , principalmente, são ligados em complexos estáveis com húmus, entretanto o ferro oxida rapidamente e nem todos os íons formam complexos, podendo precipitar como ferrihidrita.

Se a maior parte ou todo o alumínio é estabilizado nos complexos com substâncias orgânicas, a concentração de sílica da solução do solo aumenta. Parte desta sílica acaba sendo lixiviada, enquanto outra parte precipita como sílica opalina. Se uma proporção considerável de alumínio liberado não for complexado, pode coprecipitar com o silício para formar alofanas de composição variável, muitas vezes em associação com imogolita (DRIESSEN; DECKERS, 2001).

A ocorrência de minerais silicatados do tipo 2:1 com Al-hidroxi nas entrecamadas tem sido associada à presença de complexos organometálicos em Andossolos não-alofânicos (SHOJI; DAHLGREN; NANZYU, 1993; NDAYIRAGIJE; DELVAUX, 2003). A incorporação do Al nos complexos orgânicos e nas entrecamadas dos minerais do tipo 2:1 pode induzir um efeito “anti-gibbsítico” e também inibir a formação de alofanas e imogolitas (NDAYIRAGIJE; DELVAUX, 2003; SHOJI; DAHLGREN; NANZYU, 1993; CANER, BOURGEON, 2001; PARFITT; CLAYDEN, 1991).

Os minerais 2:1 com Al-hidroxi nas entrecamadas são estáveis sob condições de solo ácido, em torno de pH 5. Embora esses minerais sejam os principais argilominerais nos horizontes A de Andossolos não-alofânicos, as propriedades do húmus complexado com Al, frequentemente, aparecem fortemente, quando comparadas com as desses minerais (NANZYU, 2002).

A formação de complexos de Al-húmus e a formação de alofanas são concorrentes. Enquanto alofanas e imogolita são estáveis em condições ligeiramente ácidas a neutras ( $\text{pH} > 5$ ), os complexos de Al-húmus prevalecem em ambientes mais ácidos e somente se houver excesso de alumínio disponível no sistema, sob tais condições ácidas, este pode se ligar com silício para formar filossilicato de tipo 2: 1 e 2: 1 com Al hidróxi nas entrecamadas (DRIESSEN; DECKERS, 2001).

O desenvolvimento do horizonte "A", segundo Shoji; Dahlgren; Nanzjo (1993), por andolização (tradução livre do processo denominado *andosolisation* pelos autores citados) é caracterizado pelo acúmulo de matéria orgânica estabilizada pela formação de complexos com Al e Fe, intemperismo por ácido carbônico (em Andossolos alofânicos) e intemperismo por ácido orgânico (em Andossolos não-alofânicos), e formações de sílica opalina laminar. Portanto, a formação preferencial de materiais não cristalinos, tais como alofana, imogolita, sílica opalina laminar, ferridrita, e complexos organometálicos é uma característica do processo de andolização. Este processo é caracterizado pelo acúmulo de Fe, Al e carbono orgânico dissolvido no horizonte "A" com pouca lixiviação posterior desses componentes para o horizonte "B", e que a formação do horizonte "B" é dominada pelo intemperismo *in situ*.

O processo de andolização envolve o rápido intemperismo de rochas de granulação fina e muito fina, contendo vidro vulcânico, em condições úmidas. Entretanto, nos traquitos e nas rochas basálticas do Monte Bambouto, Camarões, este intemperismo acelerado, resulta, geralmente, na formação de complexos organometálicos estáveis na superfície do solo (JIOMENECK et al., 2011)

Complexos de Al-húmus são a forma dominante em horizontes húmicos de Andossolos. Em contraste, os complexos Fe-húmus são raros, mesmo em horizontes ricos em húmus, porque o ferro tem uma maior estabilidade como oxihidróxidos de Fe em relação a complexos de húmus. A formação de complexos de Al-húmus torna a matéria orgânica altamente resistente ao ataque microbiano, estabilizando-a. Este processo desempenha um papel importante na formação de *epipedons* fúlvicos e melânicos em Andossolos (SHOJI; DAHLGREN; NANZJO, 1993).

A abundância de associações organometálicas, resultantes de processos pedogenéticos, com alta estabilidade física e biológica, baixa mobilidade, e grande acumulação da matéria orgânica, constitui uma característica original dos solos com propriedades ândicas não-alofânicos (ARAN; GURY; JEANROY, 2001).

Os complexos Al-húmus são altamente estáveis em condições naturais em Andossolos não-alofânicos, porém Takahashi et al., (2006), demonstraram que o alumínio complexado com húmus é facilmente libertado por soluções tampão ácidas e possivelmente controla a solubilidade do alumínio destes solos. Seu experimento com calagem reduziu quantidades significativas de Al complexado organicamente, assim como o Al trocável, e o aumento da capacidade de troca catiônica a pH 7 dos



solos, sugeriu ainda que, o grupo carboxílico do húmus complexado com Al foi parcialmente liberado formando cargas negativas.

No estudo de Dümig et al. (2008), em São Francisco de Paula, estado do Rio Grande do Sul, propriedades ândicas foram encontradas, predominantemente, em profundidades menores nos solos de campos e em solos com horizonte A enterrado, sob floresta com araucária, mas não em horizontes superficiais de florestas recentes. Por isso, sugerem que as propriedades ândicas evoluíram sob vegetação campestre e o avanço da floresta de Araucária sobre os campos promoveria um incremento na cristalização de óxidos de Al e Fe, o que caracterizaria um processo contínuo de perda das propriedades ândicas. Isto corrobora a discussão de Shoji; Dahlgren; Nanzyo (1993), sobre a influência da vegetação pretérita na formação das propriedades ândicas.

De acordo com WRB/FAO (IUSS Working Group WRB, 2015), dois tipos principais de propriedades ândicas são reconhecidos: uma em que alofanos, imogolita e minerais semelhantes, de baixo ordenamento estrutural, são predominantes, chamada de silândica (*silandic*); outra na qual o Al complexado por ácidos orgânicos prevalece, a aluândica (*aluandic*). Há, ainda, uma terceira, que é transicional entre os dois principais, a alusilândica (*alusilandic*), considerada como um caso especial de propriedade silândica.

### **2.1.3 Características morfológicas, físicas e químicas**

Solos com propriedades ândicas são geralmente solos escuros, ricos em matéria orgânica nos horizontes e/ou camadas superficiais, porém sua morfologia varia, consideravelmente, conforme o tipo de Andossolos. Tendem a ser muito friáveis e não plásticos. Raízes, muitas vezes, estendem-se muito em profundidade nesses solos, no entanto, camadas adensadas também são comuns, em climas úmidos, impedindo o crescimento das raízes e o transporte de água (MCDANIEL et al., 2012).

Analisando trabalhos de diferentes partes do mundo, fica evidente a grande variabilidade das características morfológicas, físicas e químicas de solos com propriedades ândicas (SHOJI; SAIGUSA, 1977; BECH-BORRAS; FEDOROFF; SOLE, 1977; QUANTIN et al., 1985; WADA, 1985; GARCIA-RODEJA; SILVA;

MACIAS, 1987; BAUMLER; ZECH, 1994; ARNALDS; HALLMARK; WILDING, 1995; JOHNSON-MAYNARD et al., 1997; CANER et al., 2000; TAKAHASHI; SHOJI, 2002; ARMAS-ESPINEL et al., 2003; PIGNA; VIOLANTE, 2003; NDAYIRAGIJE; DELVAUX, 2003; DELVAUX, et al., 2004; NDAYIRAGIJE; DELVAUX, 2004; PINHEIRO; TEJEDOR-SALGUERO; RODRIGUEZ, 2004; LOWE; PALMER, 2005; BUYTAERT; DECKERS; WYSEURE, 2005; BÄUMLER et al., 2005; MSANYA et al., 2007; DÜMIG et al., 2008; ACEVEDO-SANDOVAL; PRIETO-GARCIA; GORDILLO-MARTÍNEZ, 2008; AUXTERO; MADEIRA, 2009; NOVÁK et al., 2010; JIOMENECK et al., 2011; JAKAB; FAZAKAS; FÜLEKY, 2011; KUBOTERA; KUSABA; SHISHIBE, 2013; KUBOTERA et al., 2015). Entretanto, algumas características são comumente compartilhadas entre esses solos.

As propriedades ândicas podem ser encontradas na superfície ou em subsuperfície do solo. Muitas camadas e/ou horizontes de superfície com propriedades ândicas contêm uma quantidade elevada de matéria orgânica ( $\geq 5\%$ ), são geralmente muito escuros (valor e croma  $\leq 3$ , úmido) e têm uma macroestrutura de consistência macia. Eles têm uma baixa densidade aparente e geralmente têm textura siltosa ou mais fina. As camadas e/ou horizontes superficiais de solos com propriedades ândicas, ricas em matéria orgânica, podem ser muito apresentar uma espessura  $\geq 50$  cm em alguns solos; já as camadas subsuperficiais com propriedades ândicas são geralmente pouco espessas (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015).

A agregação da fração coloidal em tamanho silte é muito estável, influenciando as características físicas dos solos com propriedades ândicas (ARNALDS; HALLMARK; WILDING, 1995).

Nos solos com propriedades ândicas o alumínio protege a parte orgânica dos complexos de Al-húmus contra a biodegradação, esses complexos apresentam mobilidade limitada e solubilidade moderada e essa combinação promove a acumulação de matéria orgânica na camada superficial do solo, culminando na formação de um horizonte superficial com intensa cor escura e alto teor de matéria orgânica (DRIESSEN; DECKERS, 2001).

A baixa densidade aparente dos Ansossolos alofânicos ocorre devida a alta porosidade de estruturas agregadas bem desenvolvidas, influenciadas por minerais de baixo ordenamento estrutural. A acumulação de matéria orgânica, produzindo agregados altamente porosos, é também uma razão importante para a baixa densidade dos Andossolos não-alofânicos (NANZYU, 2002).

Segundo McDaniel et al. (2012), a baixa densidade do solo ( $< 0,9 \text{ g.cm}^{-3}$ ), condição diagnóstica para propriedades ândicas, é resultado do elevado teor de C orgânico, da agregação das partículas do solo e da densidade de materiais vítreos, por vezes baixa.

Capacidade de retenção de água elevada, é também, uma das principais características de Andossolos, relacionada com a quantidade elevada de matéria orgânica e sua baixa densidade. Além das alofanas, imogolitas e ferrihidritas contribuírem para esta forte retenção de água, o efeito da matéria orgânica (complexos organometálicos, complexos organominerais e a própria matéria orgânica por si só) é muito maior. Andossolos tem grande proporção de poros grandes e intermediários, que permitem o transporte rápido de água. Vidro vulcânico, presente nos Andossolos alofânicos, também podem ter considerável capacidade de retenção de água, e elevada taxa de infiltração, além de uma condutividade hidráulica saturada (MCDANIEL et al., 2012).

Solos com propriedades ândicas podem apresentar tixotropia (JAKAB; FAZAKAS; FÜLEKY, 2011; IUSS WORKING GROUP WRB, 2015; SHOJI; DAHLGREN; NANZYU, 1993), isto é, o material solo sob pressão ou por fricção passa de um estado sólido plástico para um estado liquefeito e volta para a condição sólida (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015). Segundo a NBR 6502/1995 (ABNT, 1995), tixotropia é definida como: propriedade de um material, que o torna capaz de enrijecer em um tempo relativamente curto, quando deixado em repouso, e de perder essa consistência até se tornar um líquido de alta viscosidade, quando submetido à agitação ou manipulação, sendo o processo completamente reversível.

McDaniel et al. (2012), chamam atenção para essa característica especial, pois os solos que apresentam tixotropia podem conter grandes quantidades de água e ainda parecem relativamente secos. Quando perturbada, a água é liberada. Ou seja, o solo pode atingir o limite de liquidez sob perturbação. Apresentam também baixo índice de plasticidade. Esta propriedade explica em parte porque Andossolos são bastante suscetíveis a falhas de inclinação quando perturbados.

Nos horizontes com propriedades ândicas, alofânicos, que ocorrem em superfície, as cargas positivas parecem estar mascaradas por grupos carboxílicos do material orgânico e somente cargas negativas variáveis se desenvolvem. Similarmente nos horizontes com propriedades ândicas, não-alofânicos, superficiais, ricos em matéria orgânica, somente cargas negativas variáveis se desenvolvem,

devido à contribuição do húmus e de minerais 2:1 com Al-hidróxi nas entrecamadas (NANZYU, 2002). A formação apenas de cargas negativas variáveis também foi observada por Kubotera; Masuda; Shoji (2009) em um perfil de solo com um horizonte ândico não-alofânico em superfície e um horizonte ândico alofânico em subsuperfície.

Devido à grande quantidade de cargas variáveis, os solos com propriedades ândicas, apresentam valores de saturação por bases também variáveis, mas geralmente esses são baixos, por causa da forte lixiviação, exceto em alguns solos muito jovens e em regiões secas (DRIESSEN; DECKERS, 2001).

A alta retenção de fósforo, nos solos com propriedades ândicas, ocorre devido à grande área superficial específica e forte afinidade com esse elemento que as alofanas, imogolita, ferrihidrita e/ou complexos organometálicos apresentam (PARFITT, 1990; NANZYU, 2002). A retenção de P ocorre por meio da formação de complexos de esfera interna em sítios de alta e baixa afinidade e precipitação de minerais de Al-fósforo (MCDANIEL et al., 2012).

Até mesmo o sulfato pode ser adsorvido em minerais de carga variável, formando, dependendo do pH, tanto os complexos de sorção de  $\text{SO}_4$  de esfera interna, como de esfera externa, com complexos de esfera interna se tornando mais dominantes com a diminuição do pH e aumentando o sulfato nos solos com propriedades ândicas (TURNER; KRAMER, 1991 e SPARKS, 1999).

## 2.2 SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS NO BRASIL

Bennema; Camargo (1964), discorrem brevemente sobre a possibilidade da contribuição de constituintes aluminosos inorgânicos amorfos (alofanas) na manifestação de propriedades que lembrariam solos ândicos em ambiente de altitude em áreas basálticas do sul do Brasil.

Também encontram-se menções sobre solos com tais características no Estudo expedito de solos do estado de Santa Catarina para fins de classificação, correlação e legenda preliminar (EMBRAPA, 1980), o que fundamentou, em parte, a pesquisa pioneira de Ker (1988), que chamou a atenção para solos com possíveis características ândicas no sul do Brasil, pois não haviam, até aquele momento, estudos específicos, prevalecendo a dúvida sobre a existência, ou não, de solos que pudessem ser enquadrados como ândicos. Porém seus estudos, publicados

posteriormente (KER; RESENDE, 1990), concluíram que não era possível enquadrar os solos estudados como ândicos.

De acordo com Oliveira; Berg (1996), alguns Podzólicos Vermelho-Amarelos (Argissolos Vermelho-Amarelos no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Santos et al., 2013b), no Estado do Acre, apresentam vidro vulcânico, conforme publicado em Gama et al. (1992), provavelmente originários das regiões vulcânicas dos Andes. No entanto, nesse trabalho não há dados suficientes para identificar os solos como Andossolos.

Corrêa; Araújo Filho; Jacomine (2011), concluíram que os valores de Si, Al e Fe extraídos por pirofosfato de sódio, oxalato de amônio e ditionito-citrato-bicarbonato e as relações calculadas, são indicativos que os solos do estado do Acre não apresentam propriedades ândicas.

Volkoff; Cerri; Melfi (1984), estudando húmus e mineralogia de solos de campo de altitude nos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina, tratando sobre a mobilidade de ácidos fúlvicos e húmicos, ressaltam que o húmus caracterizado nesses ambientes assemelha-se aos húmus dos horizontes Bh dos Espodossolos e A dos Andossolos, cujas propriedades foram atribuídas à existência de complexos organometálicos, principalmente Al-húmus.

Alguns estudo verificaram a presença de vidro vulcânico, presença de materiais amorfos nos solos da Ilha de Trindade. Estes solos apresentam baixa densidade, valores elevados de pH em NaF, sendo sugerido a presença de propriedades ândicas nos mesmo. (CLEMENTE, 2006; CLEMENTE et al., 2009; SÁ, 2010; MACHADO, 2016; MACHADO et al., 2017). Confirmando-se a ocorrência de propriedades ândicas nos solos da Ilha de Trindade, estes poderão ser os primeiros solos com caráter ândico, alofânicos, do Brasil. Porém a ausência de informações em todos esses trabalhos, não permite verificar a real ocorrência de propriedades ândicas nesses solos.

Nas designações e características dos horizontes e camadas subordinadas da publicação “Definição e notação de horizontes e camadas do solo” (EMBRAPA, 1983) o sufixo “a” é indicado para grande desenvolvimento do horizonte “A” (hiperdesenvolvimento de horizonte “A”), já na versão modificada (EMBRAPA, 1984), o sufixo “a” refere-se a propriedades ândicas, sendo usado com “A”, “B” e “C” para designar constituição dominada por material amorfo, de natureza mineral, oriundo de transformações de materiais vulcanoclásticos, seguindo a descrição da *International*

*Committee on the Classification of Andisols- ICOMAND*. Os resultados do ICOMAND foram publicados por Leamy et al. (1984). No atual Manual de descrição e coleta de solo no campo (SANTOS et al., 2013a), encontra-se para o sufixo “a” – propriedades ândicas, com a descrição: É usado “A”, “B” e “C” para designar constituição dominada por material com baixo grau de cristalização (amorfo), de natureza mineral, oriundo de transformações de materiais vulcanoclásticos.

No Brasil a primeira descrição de solos com propriedades ândicas ocorreu no planalto nordeste do Rio Grande do Sul, sendo os primeiros Andossolos, segundo critérios da WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2006), detectados na América do Sul, fora das áreas de recente vulcanismo nos Andes (DÜMIG et al., 2008).

Já na versão de 2014 da WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2014), é relatado que Andossolos provenientes de materiais não vulcanoclásticos ocorrem em regiões úmidas (muitas vezes montanhosas), como no Rio Grande do Sul, Brasil, reconhecendo o trabalho de Dümig et al (2008).

## 2.3 AMBIENTE ALTOMONTANO

Como base para a distinção de ambientes, segundo a altitude, utilizou-se a subdivisão por limites altimétricos da formação Floresta Ombrófila Mista (popularmente conhecida como Floresta de Araucária), segundo IBGE (2012), da seguinte forma: a) Aluvial: em terraços antigos associados à rede hidrográfica; b) Submontana: constituindo disjunções em altitudes inferiores a 400 m; c) Montana: situada aproximadamente entre 400 e 1000 m de altitude; e d) Altomontana: compreendendo as altitudes superiores a 1000 m.

Foram coletados solos em 10 pontos em altitude acima de 1000 m e três pontos em altitudes de 919, 978 e 989 m. Considerando a similaridade ambiental dos pontos em altitudes abaixo de 1000 m com os demais, considerou toda a área de estudo como ambiente altomontano.

As regiões de elevada altitude apresentam condições ambientais peculiares, intrínsecas, com temperaturas baixas, ventos fortes, solos rasos e pobres em nutrientes e presença frequente de nuvens, constituindo ambientes extremamente frágeis (MOCOCHINSKI, 2006). Estes ambientes encontram-se constantemente úmidos, geralmente com porções declivosas, que comportam quase sempre solos

rasos e com grande quantidade de matéria orgânica (RODERJAN, 1994; FALKENBERG; VOLTOLINI, 1995; SCHEER; CURCIO; RODERJAN, 2011).

De acordo com Vashchenko et al., (2007), os solos e a vegetação dos ambientes altomontanos no Paraná são pouco estudados, principalmente devido à forte declividade e à vegetação densa, que dificultam o acesso a esses ambientes. O mesmo pode ser dito para os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, quando se compara a quantidade de estudos de solos e vegetações em outros ambientes com os de ambientes altomontanos. Pouco se conhece sobre a diversidade de solos desses ambientes do Brasil, apesar da sua acentuada valorização ecoturística (DIAS et al., 2003).

As montanhas apresentam grande variedade de flora e fauna, apresentam características próprias e desempenham papel fundamental no ciclo da água, tanto que a partir da Agenda 21, capítulo 13, denominado “Gerenciamento de Ecossistemas Frágeis: Desenvolvimento Sustentável das Montanhas”, a Organização das Nações Unidas (ONU), incentiva a reflexão sobre o desenvolvimento sustentável em ambientes montanhosos (LOPEZ; AQUINO; ASSIS, 2011).

Para Benites et al., (2007) os ecossistemas das regiões montanhosas são instáveis sob a condição climática atual, e a intervenção antrópica é um fator de aceleração do processo de degradação, sendo a descrição detalhada dos solos nestes ambientes fundamental para um melhor entendimento do seu papel nos processos ecológicos e para o desenvolvimento de políticas de conservação.

Vashchenko et al. (2007), verificaram que, apesar das diferentes litologias encontradas nos ambientes altomontanos no Brasil, as classes de solos predominantes são Cambissolos e Neossolos Litólicos. Benites et al., (2007) citam como classes dominantes, em seu trabalho na Serra da Mantiqueira e Espinhaço, Neossolos Litólicos, Cambissolos e Organossolos. As mesmas classes de solos foram encontradas nos trabalhos de Roderjan (1994), Falkenberg; Voltolini (1995) e Mochinski (2006). Scheer; Curcio; Roderjan (2011), encontraram nos campos de altitude Organossolos Fólicos fíbricos/sápricos (líticos e típicos) e Organossolos Háplicos fíbricos/sápricos (típicos e térricos) e, nas florestas altomontanas, Gleissolos Háplicos alíticos típicos.

Constatação semelhante, sobre a mineralogia dos solos em ambiente altomontano, foi feita por Volkoff; Cerri; Melfi (1984), referindo-se a solos desenvolvidos a partir de materiais originais muito diferentes nas zonas de altitude do

Sul do estado de Minas Gerais e leste dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que apresentam uma composição mineralógica uniforme e suas frações finas são constituídas por caulinita (e/ou haloisita), vermiculita com Al-hidróxi nas entrecamadas e gibbsita. Esses mesmos autores propõe que esse conjunto de solos tenha sofrido um mesmo processo de evolução, responsável pela formação dessas associações minerais, além da acumulação de matéria orgânica.

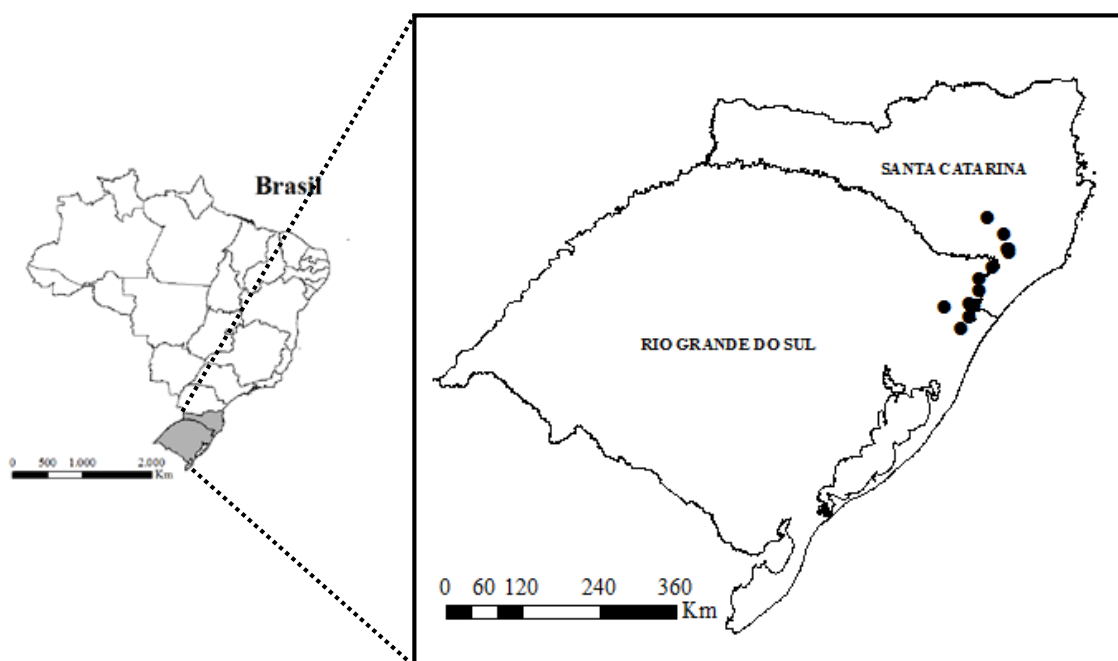


### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDOS – Características ambientais

A área de estudo compreende a borda da escarpa da formação Serra Geral (Figura 1) no planalto sul catarinense e no planalto do extremo nordeste do Rio Grande do Sul, este último denominado de Campos de Cima da Serra, marcada pelo seu relevo acidentado com montanhas e vales profundos.

Figura 1 - Área de estudo - planalto sul do estado de Santa Catarina e no planalto nordeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017, com base na Malha Municipal Digital, Unidades da Federação do IBGE, 2015.

A região fisiográfica denominada de Campos de Cima da Serra, localizada no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, compreende uma área de 12.737,5 km<sup>2</sup> e com altitudes acima de 900 m s.n.m..Com temperatura média anual de 14,1° C e precipitação de 2.470 mm.ano<sup>-1</sup>, é a região mais fria e de maior volume de chuva do estado. O relevo dessa região varia de suave a forte ondulado, com predomínio de rochas vulcânicas ácidas. É caracterizada pela presença de solos rasos cobertos por extensas áreas de campo natural intercalado com capões de araucária (STRECK et al., 2008; BEHLING; PILLAR, 2007).

A escarpa da Formação Serra Geral prolonga-se diagonalmente pelo Sul do Brasil, com face leste abrupta e vai declinando suavemente para o oeste em direção aos rios Paraná e Uruguai. Próximo à fronteira entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a Serra Geral eleva-se e aproxima-se do litoral, envergando-se na direção NNE por cerca de 230 km acompanhando a curvatura da linha de costa (BESSER; VASCONCELLOS; NARDY, 2015).

Falkenberg (2003), descreve a região como correspondente à margem leste do Planalto Sul-Brasileiro, no sul de Santa Catarina (SC) e nordeste do Rio Grande do Sul (RS), onde a Serra Geral possui escarpas muito íngremes ou mesmo precipícios verticais de centenas de metros de altura; região com escarpas e paredões rochosos quase verticais (como se as encostas tivessem sido aparadas com faca ou esculpidas a golpes de navalha) ou encostas muito declivosas.

A Formação Serra Geral, do Cretáceo Inferior, é o registro de um extenso evento vulcânico de natureza fissural que recobriu cerca de 75% da Bacia Sedimentar do Paraná (NARDY et al., 2002; MILANI et al., 1998; STEWART et al., 1996), ocasionado pela ruptura do supercontinente de Gondwana, que se formou após o ciclo orogênico Pan-Africano/Brasiliano e se manteve estável na sua porção sul por aproximadamente 400 milhões de anos, dando origem ao Oceano Atlântico Sul (PEATE, 1997; ROISENBERG; VIERO, 2000; MILANI et al. 2007; ORLANDI FILHO; KREBS; GIFFONI, 2009).

É constituída por uma série rochas oriundas de derrames basálticos, intercaladas com alguns derrames andesíticos (andesito) e os últimos derrames, de características mais ácidas, resultaram na formação de rochas mais silicosas, tais como riodacitos, dacitos e riolitos, (BELLIENI et al. 1986).

A Formação Serra Geral representa uma das maiores manifestações episódicas intracontinentais de lavas do planeta (MACHADO et al., 2009; REIS et al., 2014).

As rochas vulcânicas da Formação Serra Geral recobrem os arenitos eólicos da Formação Botucatu, mas podem ser também encontrados em contato com rochas permo-triássicas da Bacia do Paraná e com o embasamento cristalino, nas bordas da bacia (ROISENBERG; VIERO, 2000).

A lava extrusiva fissural da Formação Serra Geral foi recobrindo o deserto de Botucatu (origem da Formação Botucatu), indicando que as condições climáticas áridas que deram origem ao deserto se mantiveram por um extenso período,

evidenciado pelos arenitos eólicos interdigitados com os derrames, especialmente na base da Formação Serra Geral (SCHERER, 2002).

De acordo com Potter et al. (2004), a unidade geomorfológica Serra Geral apresenta desníveis acentuados com terminais escarpados em sua borda leste com direção geral de escarpamento Norte-Sul, porém com um direcionamento mais comum de Nor-nordeste-Su-sudoeste, com formas de relevo abruptas e vales fluviais com profundidades superiores a 500 m em suas nascentes e na divisa entre o estado de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, formando diversos *Canyons*. Os solos predominantes são rasos com desenvolvimento pedogenético inicial e/ou incipiente.

O clima da região, na classificação de Köppen, é o Cfb, temperado úmido (C), com chuvas durante todos os meses do ano (f) e com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (b) (MOTA, 1951; KUINCHTNER; BURIOL, 2001; POTTER et al., 2004).

Há uma grande condensação de água nas porções mais elevadas da escarpa, com formação de nevoeiros, diariamente, junto ao topo das encostas, sendo que nas bordas dos precipícios, esses nevoeiros podem durar até semanas inteiras, ininterruptamente (FALKENBERG, 2003). O mesmo foi constatado por Dümig et al. (2008) nos seus estudos com os *Andosols* nas áreas elevadas em São Francisco de Paula, RS,

A vegetação da área de estudo, classificada conforme IBGE (2012), é formada por:

a) Floresta Ombrófila Mista Montana, que originalmente ocupava quase inteiramente o planalto acima de 500 m de altitude, nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul;

b) Floresta Ombrófila Mista Altomontana, localizada acima de 1.000 m de altitude, sendo a sua maior ocorrência no Parque Nacional Aparados da Serra, na divisa dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e na crista do Planalto Meridional, nas cercanias dos “Campos de Santa Bárbara” no Parque de São Joaquim (SC);

c) Estepe Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo), sendo o tipo mais representativo dos campos do sul do Brasil e

d) Sistema dos Refúgios Vegetacionais (Comunidades Relíquias), toda e qualquer vegetação diferenciada nos aspectos florístico e fisionômico ecológico da flora dominante na região fitoecológica foi considerada como um “refúgio ecológico”.

Áreas turfosas, em diferentes altitudes e os cumes litólicos das serras, normalmente, suportam relictos vegetacionais. Estes ambientes podem apresentar vegetação com fisionomia campestre, também conhecida como campos de altitude ou arbustiva. Um exemplo de Refúgio Ecológico é a “Mata Nuvígena” ou “Mata Nebular” que recobre algumas áreas da borda leste do Planalto Meridional, caracterizadas pela alta precipitação e a quase permanente presença de nuvens causadas pela condensação da umidade oceânica.

O uso atual do solo da região foi descrito por Dümig et al. (2008), como um mosaico de campos nativos, florestas com araucárias e várias formas de vegetação antropogênicas.

De acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2013a), para a descrição da vegetação primária, utiliza-se um sistema próprio, específico para levantamento de solos, também utilizado pela Embrapa Solos para fases de classes de solos. No Manual técnico de pedologia - 3ª edição (IBGE, 2015) há uma equivalência entre o sistema de classificação da vegetação brasileira utilizado pelo o utilizado por IBGE (2012) e pela Embrapa Solos, sendo, para a área de estudo em questão: a) Floresta Ombrófila Mista Montana equivalente a Floresta Subtropical Perenifólia Montana; b) Floresta Ombrófila Mista Altomontana equivalente a Floresta Subtropical Perenifólia Altomontana; c) Estepe Gramíneo-Lenhosa equivalente a Campo Subtropical – Campo Úmido; d) Refúgios Vegetacionais equivalente a Campo Perúmido (Vegetação Altomontana).

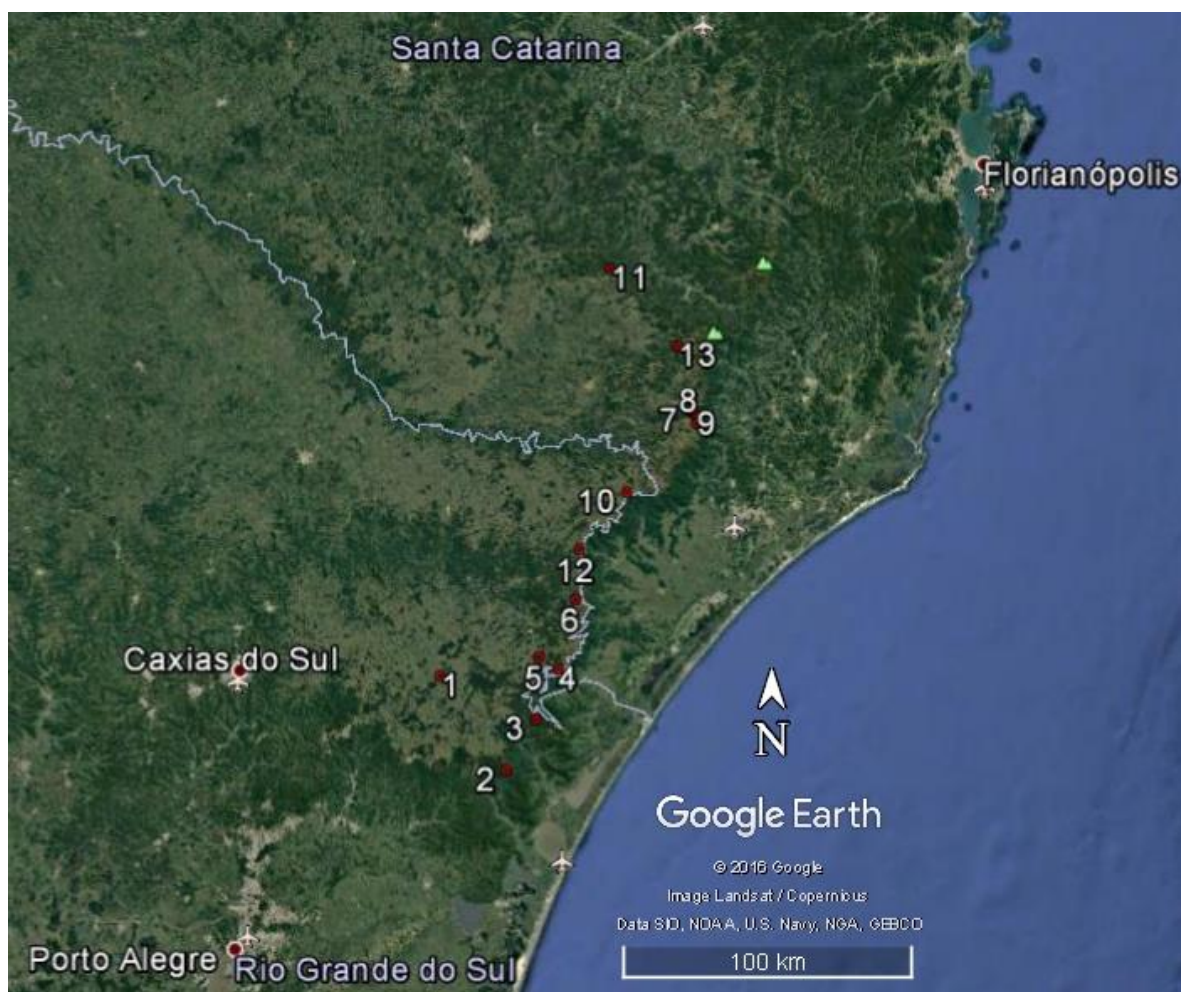
### 3.2 ATIVIDADES DE CAMPO

Os pontos de amostragem foram selecionados com base nas características ambientais como geomorfologia, geologia, coloração do horizonte superficial do solo e posição na paisagem, abrangendo uma faixa na borda da escarpa da Formação Serra Geral, ao leste, desde o município de São Francisco de Paula (RS) até o município de Urupema (SC), sendo coletados solos com horizontes hísticos que ocorrem mais próximos da borda da escarpa e solos com horizontes húmicos que ocorrem um pouco mais afastados, avaliando a eventual presença das propriedades ândicas.

Nos pontos de amostragem selecionados (Figura 2) foram descritos e coletados 13 perfis de solo segundo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2013a).

As amostras de solo de cada horizonte e/ou camada foram secas em estufa a 40°C, destorroadas e peneiradas, separando a fração com diâmetro inferior a 2,0 mm, para as análises físicas, químicas e mineralógicas. A fração mais grossa foi pesada para se obter sua quantidade relativa, em peso, em relação a à amostra total. Além dessas, uma porção de cada amostra de solo, da fração abaixo de 2,0mm, foi seca em estufa a 105° C para se determinar a umidade residual e o fator “f” para correção dos resultados das análises de solo, conforme conforme metodologias descritas no Manual de métodos de análise de solo da Embrapa Solos (DONAGEMA et al., 2011).

Figura 2 – Localização dos pontos amostrais dos perfis de solo ao longo da borda da escarpa da Formação Serra Geral nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil.



Fonte: Elaborada pelo autor com o uso do aplicativo Google Earth, 2017.

### 3.3 ANÁLISES LABORATORIAIS E OUTRAS DETERMINAÇÕES

A análise granulométrica foi feita por dispersão com NaOH 1 mol.L<sup>-1</sup>, sendo as frações areia grossa e areia fina determinadas por tamisamento, a argila por densimetria, com base no método do densímetro e na lei de Stokes, e o silte por diferença. (Donagema et al., 2011).

Na fração terra fina seca em estufa (TFSE) foram realizadas análises de pH(H<sub>2</sub>O), pH (KCl), Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H<sup>+</sup>, P assimilável, N total e carbono orgânico (C<sub>org</sub>) e calculado os valores de soma de bases trocáveis (S), capacidade de troca de cátions (CTC ou T), saturação de bases (V) e saturação de alumínio, conforme descrito em Donagema et al. (2011).

A medição do potencial hidrogeniônico (pH) foi feita utilizando um eletrodo combinado imerso em suspensão na razão de 1:2,5 solo:líquido, tanto para pH em água, quanto para pH em KCl 1M. A extração de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> foi feita com KCl 1 M com posterior determinação por titulação com solução de NaOH para o Al<sup>3+</sup> e determinação complexiométrica com EDTA em presença de indicadores para Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>. O K<sup>+</sup> foi extraído com HCl e determinado por fotômetro de chama. O Na<sup>+</sup> foi extraído com HCl e determinado por espectrofotômetro de chama. O fósforo assimilável foi obtido pela formação de complexo fósforo-molibdico e redução do molibdato com ácido ascórbico, sendo a determinação por espectrofotometria de absorção molecular UV-Vis (EAM). Para a determinação do nitrogênio total, por acidimetria, com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, foi utilizado o método Kjeldahl por câmara de difusão e o carbono orgânico pela oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico e posterior titulação (DONAGEMA et al., 2011).

As análises e determinações descritas anteriormente foram realizadas nos laboratórios da Embrapa Solos, no Rio de Janeiro, RJ. As demais análises e determinações, descritas a seguir, foram feitas nos laboratórios do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC) em Lages, SC.

As dissoluções seletivas de Al, Fe e Si visaram à obtenção dos teores desses elementos no solo extraídos por solução de ditionito-citrato-bicarbonato (levam o subscrito <sub>d</sub>), extraídos por solução de oxalato ácido de amônio (subscrito <sub>o</sub>) extraídas por solução de pirofosfato de sódio (subscrito <sub>p</sub>), segundo Donagema et al. (2011).

- a) ditionito-citrato-bicarbonato, segundo Mehra; Jackson (1960), descrito em Van Reeuwijk (2002) e Donagema et al. (2011);
- b) oxalato ácido de amônio ( $\text{Al}_o$ ,  $\text{Fe}_o$  e  $\text{Si}_o$ ) de acordo com McKeague; Day (1966), descrito em Donagema et al. (2011) e
- c) pirofosfato de sódio, conforme Bascomb (1968), descrito em Donagema et al. (2011).

As análises desses elementos foram feitas utilizando um espectrômetro de emissão ótica com plasma ICP-OES Optima 8300 PerkinElmer.

O Índice Melânico (IM), utilizado na diferenciar as características melânicas das fúlvicas para identificação de classes de solos em WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2014) e em *Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 2014), foi determinado de acordo o método de Honna et al. (1988), modificado por Van Reeuwijk (2002), em espectrofotômetro de UV-Visível UV-1800 Shimadzu.

A retenção de P foi determinada conforme metodologia descrita por Van Reeuwijk (2002), adaptada de Blakemore; Searle; Daly (1987).

A fração argila de um horizonte genético superficial e de um horizonte subsuperficial de cada perfil foi analisada por difratometria de raios X (DRX) em lâminas de argila orientada, utilizando-se um difratômetro PHILIPS com monocromador de grafite e goniômetro vertical, com fonte de radiação  $\text{CuK}\alpha$ , operado a 30 mA e 30 kV.

As amostras foram previamente tratadas com solução de ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) para a remoção dos óxidos de ferro e submetidas a tratamentos com magnésio, magnésio+etileno glicol, e potássio nas temperaturas de 25°C, 110°C, 350°C e 550°C, conforme descrito em Calderano; Duarte; Gregoris (2009) e Donagema et al. (2011). Não foi efetuada eliminação prévia da matéria orgânica, para evitar possível alteração nas características dos minerais presentes.

Os difratogramas de raios-X apresentam reflexões (picos) que correspondem às dimensões características dos espaçamentos basais (valor d) de cada mineral (CALDERANO; DUARTE; GREGORIS, 2009) e foram comparadas com dados de difração de Brown; Brindley (1984), Whittig; Allardice (1986), Dixon; Weed (1989) e Azevedo; Vidal-Torrado (2009) para a identificação dos minerais.

As quantidades relativas dos minerais do tipo 2:1, caulinita e gibbsita foram estimadas calculando-se automaticamente a área do pico principal de cada mineral, em relação a soma das áreas dos picos principais de todos os minerais. Foi também

calculada a Largura a Meia Altura (LMA) dos picos com valor  $d$  em torno de 0,72-0,74 nm, geralmente atribuídos à caulinita, para comparações entre as amostras. Ambos os procedimentos acima descritos, assim como a apresentação dos difratogramas, foram feitos utilizando o programa computacional X'Pert HighScore Plus, versão 2.2b da PANalytical B.V.

### 3.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Os 13 perfis de solos estudados foram classificados de acordo com três sistemas de classificação:

- 1) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013b);
- 2) *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014 – Actualización 2015*, (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015) e
- 3) *Keys to Soil Taxonomy*, (SOIL SURVEY STAFF, 2014), sem a correção dos valores de carbono orgânico.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SOLOS

Os 13 perfis de solos estudados são apresentados um a um nesse tópico, que aborda aspectos gerais da localização, morfologia, física e química, utilizados para as definições dos horizontes diagnósticos e outros atributos para a posterior classificação dos solos (SiBCS). As informações completas da descrição geral, descrição morfológica e as análises físicas e químicas, para fins de caracterização, constam nos apêndices, ao final desse trabalho.

#### 4.1.1 P1 – CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico

O perfil P1 (APÊNDICE A) está localizado ao lado da Rodovia RS-110, trecho Bom Jesus – Várzea do Cedro, nas coordenadas 29° 10' 59,2" S; 50° 27' 42,7" W, no terço superior da encosta em uma declividade aproximada de 6,5%, a 989 m de altitude e a 26.484 m de distância da borda da escarpa (Figura 3).

Trata-se de solo formado sobre riodacito da Formação Serra Geral em relevo local suave ondulado com porções onduladas, sendo produto da alteração desta litologia, com contribuição de material alóctone de natureza similar, evidenciada pela presença de uma linha de fragmentos angulosos da rocha semi-alterada no 2BC/Cr, ausentes no 2C1 e 2C2. A cobertura atual é pastagem antropizada.

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico. Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 1 e das químicas na Tabela 2.

O horizonte diagnóstico superficial é o A Húmico, composto pelos sub-horizontes A1 (0-7 cm), A2 (7-25 cm) e AB (25-40 cm), com 40 cm de espessura total. As cores dos sub-horizontes são respectivamente: preto (10YR 2/1, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); preto (10YR 2/1, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); e bruno muito escuro (10YR 2/2, úmida) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seca). Apresentam os seguintes valores para carbono orgânico: 56,7 g kg<sup>-1</sup> (A1); 42,3 g kg<sup>-1</sup> (A2) e 22,5 g kg<sup>-1</sup> (AB). Os teores de argila, respectivamente são: 485 g kg<sup>-1</sup>; 500 g kg<sup>-1</sup> e 521 g kg<sup>-1</sup>.

Tabela 1– Resultados das análises físicas do Perfil P1 - CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico

Horizontes		Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/ Argila	DS
Símbolo	Prof.	Areia	Silte	Argila				
	cm	.....g kg <sup>-1</sup> .....			%			g cm <sup>-3</sup>
A1	0-7	64	451	485	148	69	0,93	0,74
A2	-25	107	393	500	174	65	0,79	0,83
AB	-40	117	362	521	292	44	0,69	
BA	-65	108	342	550	0	100	0,62	
Bi	-90	94	363	543	0	100	0,67	
2BC/Cr	-102	81	440	479	0	100	0,92	
2C1	-130	72	462	466	0	100	0,99	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 2– Resultados das análises químicas do Perfil P1 - CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico

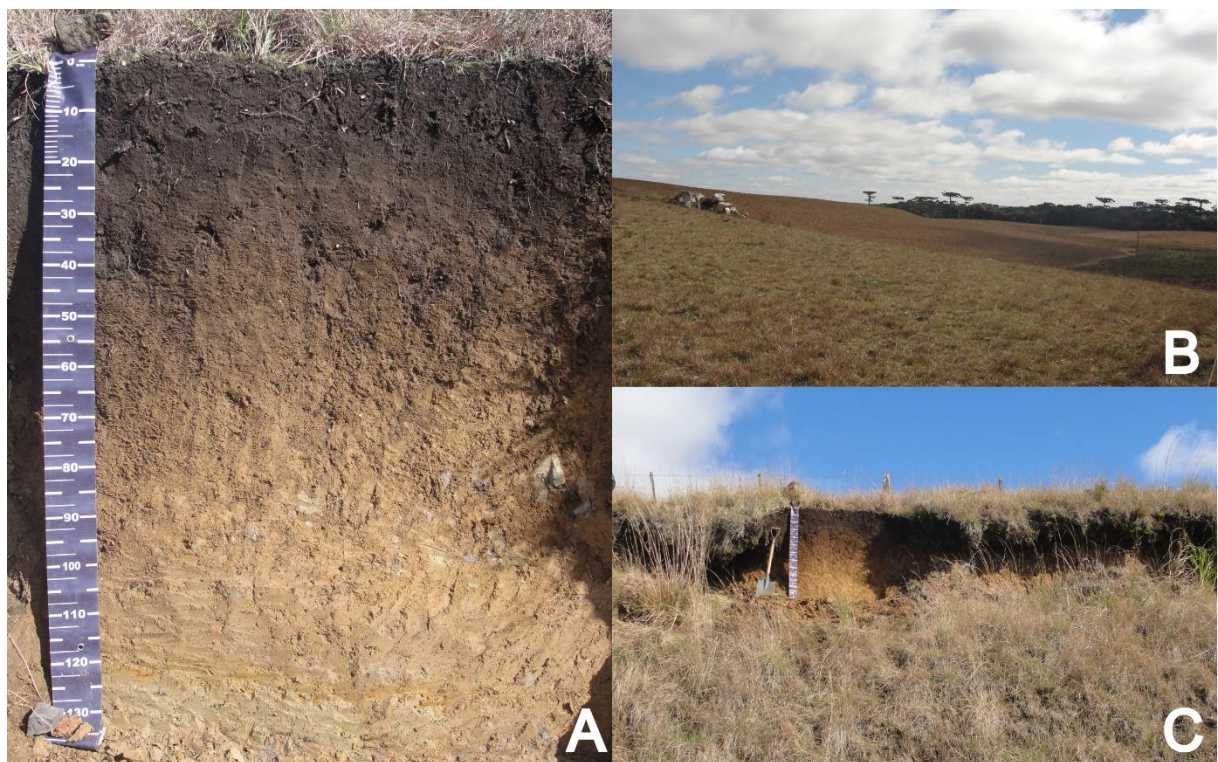
Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl						
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....							
A1	4,6	3,8	-0,8	2,2	2,5	0,65	0,04	5,4
A2	4,7	3,8	-0,9	1,1	1,3	0,35	0,03	2,8
AB	4,4	3,8	-0,6	0,7	0,6	0,11	0,02	1,4
BA	4,6	3,9	-0,7	0	1,1	0,07	0,02	1,2
Bi	4,7	3,8	-0,9	0	1	0,05	0,02	1,1
2BC/Cr	4,8	3,9	-0,9	0	1	0,05	0,02	1,1
2C1	4,9	3,9	-1	0,7	0	0,03	0,01	0,7
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
A1	2,8	17,2	25,4	21	34	7	56,7	3,3
A2	4,8	15	22,6	12	63	5	42,3	2,8
AB	4,3	10,8	16,5	8	75	1	22,5	1,6
BA	5	8,6	14,8	8	81	1	14,2	1,1
Bi	4,9	5,4	11,4	10	82	<1	6,3	0,7
2BC/Cr	4,3	7,5	10	11	56	<1	4,2	0,5
2C1	4,2	4,2	9,1	8	86	1	2,6	0,4
.....Ataque sulfúrico - horizonte Bi (g kg <sup>-1</sup> ).....						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
224	195	90	11,3	0,8	0,3	1,95	1,51	3,4

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O horizonte diagnóstico subsuperficial é o B incipiente, cujo Bi tem espessura de 25 cm, com as cores bruno (10YR 4/3, úmida) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca), de textura argilosa pouco cascalhenta e estrutura em blocos subangulares, média e fraca. Apresenta relação molecular  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) de 1,95.

Há uma tendência de decréscimo nos valores em profundidade para as bases trocáveis, assim como na sua soma, e também para  $\text{H}^+$ , CTC (T), saturação por bases (V), P assimilável,  $\text{C}_{\text{org}}$ . e N.

Figura 3 - A) Perfil P1 CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico; B) Paisagem local; C) Posição do Perfil



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.2 P2 – CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

O perfil P2 (APÊNDICE B) está localizado em barranco à margem de uma estrada vicinal, na localidade de Vacas Gordas no município de São Francisco de Paula, RS, na região onde os primeiros *Andosols* no Brasil foram identificados por Dümig et al., (2008), nas coordenadas 29° 28' 34,6" S; 50° 13' 56,7" W, no terço superior

da encosta em uma declividade aproximada de 12%, a 919 m de altitude e a 1.635 m de distância da borda da escarpa (Figura 4).

Solo formado a partir de riodacito da Formação Serra Geral em um relevo local ondulado, com provável contribuição de material alóctone de natureza similar, evidenciada pela presença de fragmentos centimétricos de cascalho no horizonte Bi1 e no Cr e fragmentos de cascalho e calhaus nos horizontes AB e BA, sendo alguns de calcedônias. Cobertura atual com pastagem antropizada.

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico. O caráter alítico foi colocado em parênteses devido à não previsão do mesmo para a classe dos CAMBISSOLOS HÍSTICOS, que prevê apenas a ocorrência do atributo alumínico que diferencia-se do caráter alítico por apresentar atividade de argila menor do que  $20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , e do atributo distrófico. Não ocorre o mesmo para a classe dos CAMBISSOLOS HÚMICOS, que prevê, no terceiro nível categórico os atributos alítico, aluminoférrico, alumínico, distroférico e distrófico.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 3 e das químicas na Tabela 4 a seguir.

Tabela 3 - Resultados das análises físicas do Perfil P2 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

Horizontes	Prof.	Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
		Areia	Silte	Argila				
Símbolo	cm	.....g kg <sup>-1</sup> .....				%		g cm <sup>-3</sup>
O	27-0	37	656	307	123	60	2,14	0,48
A	-10	36	509	455	173	62	1,12	0,74
AB	-25	77	465	458	250	45	1,02	
BA	-38	82	389	529	297	44	0,74	
Bi1	-68	75	411	514	0	100	0,8	
Bi2	-83	93	401	506	0	100	0,79	
C/Cr	-97	221	371	408	0	100	0,91	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 4 – Resultados das análises químicas do Perfil P2 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl		.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....				
O	4,6	3,9	-0,7	1,5	1,5	0,29	0,09	3,4
A	4,8	4	-0,8	1,3	1,2	0,15	0,08	2,7
AB	5,2	4	-1,2	1	1	0,07	0,05	2,1
BA	4,9	4	-0,9	0,8	1	0,08	0,04	1,9
Bi1	5	4	-1	0,6	0,7	0,07	0,03	1,4
Bi2	5	4	-1	1	0	0,07	0,03	1,1
C/Cr	5	4	-1	1	0	0,06	0,03	1,1

Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O	4,7	29,4	37,5	9	58	2	89,5	5
A	4,5	21,2	28,4	10	62	1	53,8	2,7
AB	4,3	13,6	20	10	67	1	31,5	1,9
BA	3,9	11,5	17,3	11	67	<1	19,9	1,1
Bi1	3,9	6	11,3	12	74	<1	8,2	1
Bi2	5	4,4	10,5	10	82	<1	5,8	0,9
C/Cr	4,7	4,6	10,4	11	81	<1	5,3	0,6

...Ataque sulfúrico - horizonte Bi1 e Bi2 (g kg <sup>-1</sup> )...						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
197	179	71	11,9	0,3	0,2	1,87	1,49	3,96
198	176	74	12	0,4	0,2	1,91	1,51	3,73

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O horizonte diagnóstico superficial é o Hístico, sendo o horizonte genético o O com espessura de 27 cm. As cores desse horizonte são: preto (10YR 2/1, úmida) e cinzento-escuro (10YR 4/1, seca). Apresenta 89,5 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico, 307 g kg<sup>-1</sup> de argila e uma densidade do solo de 0,49 g cm<sup>-3</sup>.

O horizonte diagnóstico subsuperficial é o B incipiente, composto pelos sub-horizontes BA, Bi1 e Bi2, com espessuras de 13, 30 e 15 cm respectivamente. Os sub-horizontes Bi1 e Bi2 apresentam as mesmas cores, sendo elas, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida) e bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seca), e também compartilham da mesma textura e estrutura (textura argilosa e estrutura em blocos subangulares, grandes e médias e fracas). A diferenciação dos dois sub-horizontes se deu em função de uma pequena variação de cor entre eles, que não foi possível

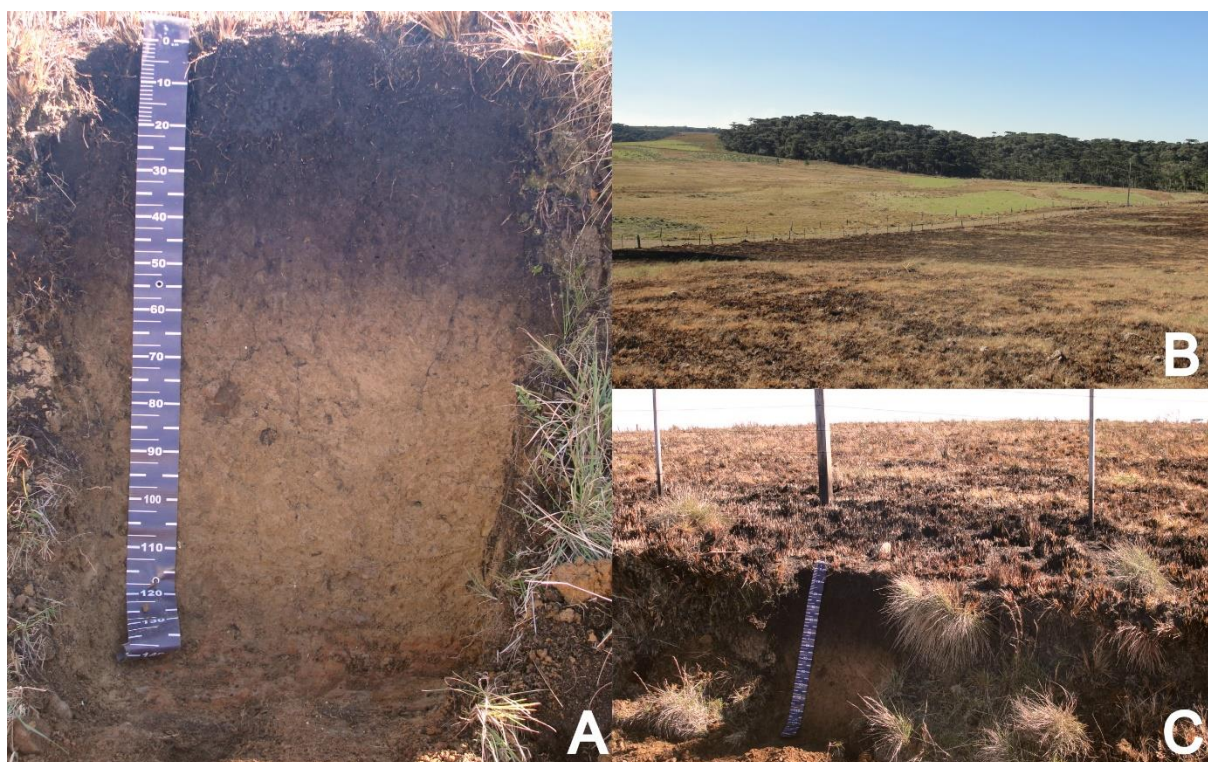


captar pela Carta de Munsell para cores de solos. Outra característica que possibilitou a diferenciação foi a presença de fragmentos no Bi1.

A relação molecular  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) é de 1,87 no Bi1 e 1,91 no 2Bi2.  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , assim como a soma de bases, a CTC, P assimilável,  $\text{C}_{\text{org}}$  e N diminuem seus valores em profundidade. Já a saturação por alumínio (m) tem um aumento em profundidade.

As diferenças nos teores de  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , m e  $\text{C}_{\text{org}}$  entre Bi1 e 2Bi2, assim como a similaridade destes mesmo atributos entre Bi2 e C/Cr, reforçam a ideia desse solo ter recebido contribuição de material alóctone, porém a ausência de uma linha clara de material pedregoso deixa margem a dúvidas.

Figura 4 - A) Perfil P2 CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico; B) Paisagem local; C) Posição do Perfil



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.3 P3 – CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

O perfil P3 (APÊNDICE C) encontra-se nas proximidades do *Canyon* Josafá, no RS, em estrada secundária, há 9 km da rodovia BR-453 no trecho entre a

localidade de Tainhas e o litoral, nas coordenadas 29° 19' 10,02" S; 50° 07' 29,5" W, no terço médio da encosta em uma declividade aproximada de 10%, a 978 m de altitude e a 1.036 m de distância da borda da escarpa (Figura 5).

Solo formado a partir de riodacito da Formação Serra Geral em um relevo local suave ondulado, com forte influência de material coluvionar alterado, porém de natureza similar, evidenciada pela presença de uma linha de cascalhos milimétricos e centimétricos de riodacito alterado no horizonte AO. A cobertura atual é com floresta secundária em estágio intermediário a avançado de regeneração, pertencente a tipologia Floresta Ombrófila Mista, popularmente conhecida como Floresta de Araucárias, também classificada como Floresta Subtropical Perenifólia Montana.

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico. O caráter alítico foi colocado em parênteses devido a não previsão do mesmo para a classe dos CAMBISSOLOS HÍSTICOS, da mesma forma que o Perfil P2.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 5 e as químicas na Tabela 6.

Tabela 5 - Resultados das análises físicas do Perfil P3 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

Horizontes	Prof.	Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
		Areia	Silte	Argila				
Símbolo	cm	g kg <sup>-1</sup>				%		g cm <sup>-3</sup>
O	41-21	61	657	282	87	69	2,33	0,51
AO	0	164	382	454	173	62	0,84	0,61
2A	-10	143	294	563	325	42	0,52	0,80
2BA	-20	167	284	549	127	77	0,52	
2Bi1	-60	126	516	358	0	100	1,44	
2Bi2	-100	116	295	589	0	100	0,5	
2Cr	-115	122	542	336	0	100	1,61	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 6 - Resultados das análises químicas do Perfil P3 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl		.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....				
O	4,4	3,7	-0,7	0	1,1	0,18	0,18	1,5
AO	4,5	3,9	-0,6	0	1,1	0,06	0,11	1,3
2A	4,8	3,9	-0,9	1	0	0,04	0,08	1,1
2BA	4,8	3,9	-0,9	0,9	0	0,05	0,07	1
2Bi1	5	3,9	-1,1	0,9	0	0,04	0,06	1
2Bi2	4,9	3,9	-1	0	1,1	0,04	0,06	1,2
2Cr	5	4	-1	0,7	0	0,03	0,12	0,8

Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O	7,5	39,4	48,4	3	83	3	96,6	6,1
AO	6,7	26,9	34,9	4	84	1	54,5	3,6
2A	5,7	17,1	23,9	5	84	1	28,2	1,9
2BA	5,2	11	17,2	6	84	1	17,6	1,1
2Bi1	5,9	7,1	14	7	86	1	9,2	1,2
2Bi2	5,1	7,6	13,9	9	81	1	9,1	1,1
2Cr	7,3	7,3	15,4	5	90	2	8,1	0,6

..Ataque sulfúrico - horizonte 2Bi1 e 2Bi2 (g kg <sup>-1</sup> )..						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
218	213	110	14,3	0,5	0,2	1,74	1,31	3,04
219	213	98	14	0,5	0,2	1,75	1,35	3,41

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O horizonte diagnóstico superficial é o Hístico, com um horizonte O com espessura de 20 cm. A cor desse horizonte é preto (10YR 2/1, úmida e seca). Com 96,6 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico, 282 g kg<sup>-1</sup> de argila e uma densidade do solo de 0,52 g cm<sup>-3</sup>.

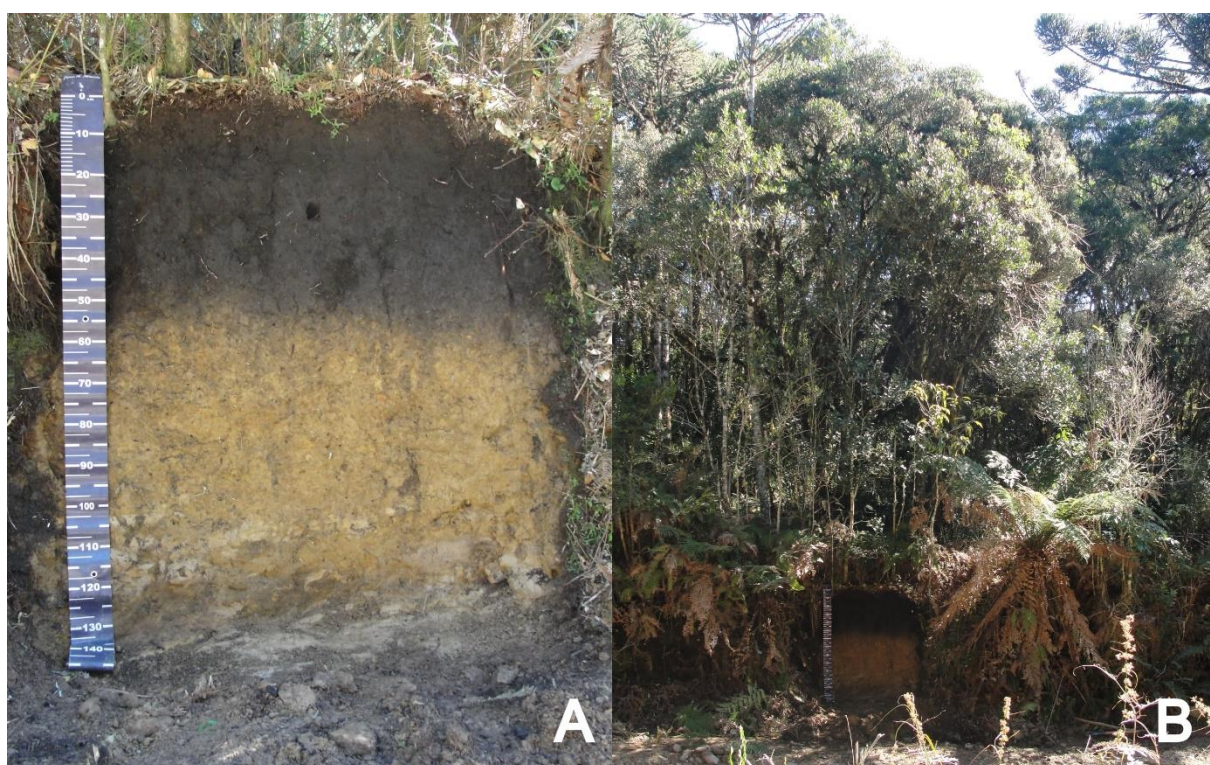
O horizonte diagnóstico subsuperficial é o B incipiente, composto pelos sub-horizontes 2BA, 2Bi1 e 2Bi2, com espessuras de 10, 40 e 40 cm respectivamente. O sub-horizonte 2Bi1 é bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca), com estrutura em blocos subangulares média e fraca a moderada e textura franco-argilo-siltosa, enquanto que o sub-horizontes 2Bi2 é bruno (10YR 4/3, úmida) e bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, seca), com estrutura em blocos subangulares média e fraca e textura argilosa.



A relação molecular  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) é de 1,74 no 2Bi1 e 1,75 no 2Bi2. Há uma tendência de aumento no pH em água e no pH em KCl com a profundidade e na diminuição dos valores de  $\text{Na}^+$ , soma de bases, CTC,  $\text{H}^+$ ,  $\text{C}_{\text{org}}$ , e N.

As diferenças nos valores da argila dispersa em água, do grau de floculação (GF) e da relação silte:argila, entre AO e 2A, assim como a distribuição errática de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , constituem indícios da contribuição de material coluvionar nesse solo.

Figura 5 – A) Perfil P3 CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico; B) Paisagem local e posição do Perfil



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.4 P4 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico

O perfil P4 (APÊNDICE D) encontra-se na rodovia BR-427 no trecho entre Cambará do Sul, RS, e a borda da escarpa da Formação Serra Geral, aproximadamente 3 km após a entrada do Parque Nacional de Aparados da Serra, nas coordenadas 29° 09' 51,8" S; 50° 02' 44,3" W, em meia encosta em uma declividade aproximada de 25%, a 1.003 m de altitude e a 1.605 m de distância da borda da escarpa (Figura 6).

Solo formado a partir de riodacito da Formação Serra Geral em um relevo local forte ondulado, com acumulação de material orgânico. Cobertura atual é de campos naturais, vegetação classificada como Estepe-gramíneo-lenhosa ou Campo Subtropical – Campo Úmido

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 7 e as químicas na Tabela 8.

Tabela 7 – Resultados das análises físicas do Perfil P4 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico

Horizontes	Prof.	Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
		Areia	Silte	Argila				
Símbolo	cm	.....g kg <sup>-1</sup> .....				%		g cm <sup>-3</sup>
O1	0-14	221	533	246	134	46	2,17	0,43
O2	-30	177	582	241	131	46	2,41	0,53
Cr/R	-55	76	565	359	275	23	1,57	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O horizonte diagnóstico superficial é o Hístico, composto pelo sub-horizonte O1, com 14 cm de espessura, de estrutura granular pequena e média moderada e em blocos subangulares média e fraca; e pelo sub-horizonte O2, com espessura de 16 cm, de estrutura em blocos subangulares grande e média fraca, que se desfazem em granular pequena e média moderada. A cor desses dois sub-horizontes é preto (10YR 2/1, úmida e seca). Com 179,4 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico, 246 g kg<sup>-1</sup> de argila e uma densidade do solo de 0,44 g cm<sup>-3</sup> no O1 e 118,4 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico, 241 g kg<sup>-1</sup> de argila e uma densidade do solo de 0,54 g cm<sup>-3</sup> no O2.

Por se tratar de um solo com horizonte orgânico sobrejacente a uma camada regolítica e lítica fragmentária, não há horizonte diagnóstico subsuperficial.

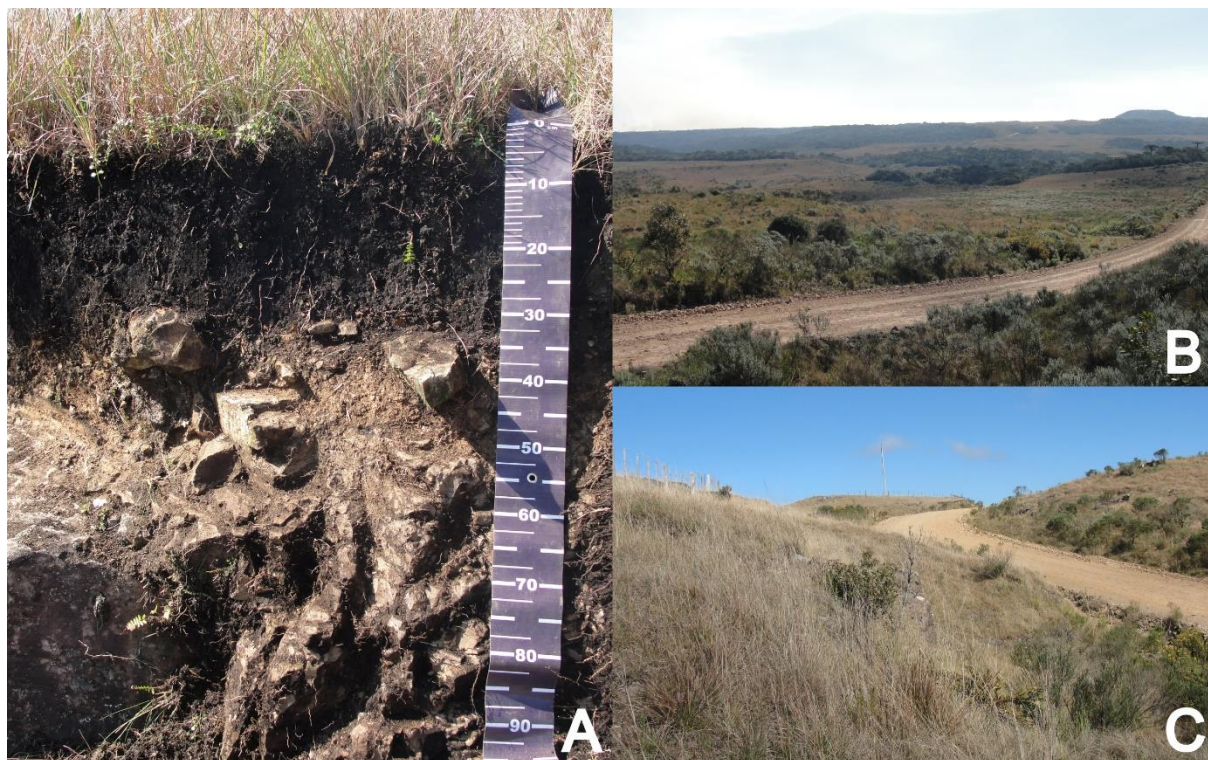


Tabela 8 – Resultados das análises químicas do Perfil P4 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico

Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl						
O1	4,4	3,4	-1	0,9	1	0,26	0,13	2,3
O2	4,4	3,7	-0,7	0,8	1	0,13	0,1	2
Cr/R	4,7	4,1	-0,6	1		0,07	0,07	1,1
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg <sub>1</sub> kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O1	8,5	58	68,8	3	79	4	179,4	9,3
O2	9,8	47,3	59,1	3	83	2	118,4	6,9
Cr/R	3,3	9,6	14	8	75	2	17,2	1,5
....Ataque sulfúrico - horizonte Cr/R (g kg <sup>-1</sup> )....						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
183	207	93	13,3	1,1	0,6	1,5	1,17	3,49

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 6 – A) Perfil P4 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico; B) Paisagem local I e C) Paisagem local II



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.5 P5 – CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico

O perfil P5 (APÊNDICE E) ocorre nas proximidades da localidade de Crespos, no trecho entre Cambará do Sul, RS e a escarpa dos Aparados da Serra, nas coordenadas 29° 07' 33,5" S; 50° 06' 42,6" W, no terço superior com aproximadamente 10% de declividade em uma altitude de 1.023 m e a 4.391 m de distância da borda da escarpa (Figura 7).

A litologia local é composta por riodacito da Formação Serra Geral em relevo local ondulado, ligeiramente rochoso nos topos de morro, sendo o solo produto da alteração de dom material supracitado com forte influência de material coluvionar alterado, porém de natureza similar, evidenciada pela linha de cascalhos centimétricos ocupando toda uma extensão lateral de aproximadamente 80 m, separando, nitidamente, os horizontes AB e 2BA1. Cobertura atual é de campos naturais, vegetação classificada como Estepe-gramíneo-lenhosa ou Campo Subtropical – Campo Úmido

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 9 e as químicas na Tabela 10.

Tabela 9 – Resultados das análises físicas do Perfil P5 - CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico

Horizontes	Composição Granulométrica				Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
	Prof.	Areia	Silte	Argila				
Símbolo	cm	.....g kg <sup>-1</sup> .....				%		g cm <sup>-3</sup>
A1	0-13	205	286	509	199	61	0,56	0,77
A2	-48	134	307	559	215	62	0,55	0,79
AB	-62	149	255	596	128	79	0,43	
2BA1	-77	143	280	577	0	100	0,49	
2BA2	-92	133	277	590	0	100	0,47	
2Bi	-110	84	370	546	0	100	0,68	
2BC	-135	165	271	564	0	100	0,48	
2C	-160	138	237	625	0	100	0,38	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O horizonte diagnóstico superficial é o A Húmico, composto pelos sub-horizontes A1 (0-13 cm), A2 (13-48 cm) e AB (48-62 cm). A1 e AB preto (10YR 2/1, úmida) e cinzento muito escuro (10YR 3/1, seca); A2 preto (10YR 2/1, úmida e seca).

Tabela 10 – Resultados das análises químicas do Perfil P5 - CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico

Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl		.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....				
A1	4,7	3,9	-0,8	0,7	0,9	0,25	0,11	2
A2	4,5	3,9	-0,6	0	1,1	0,09	0,04	1,2
AB	4,6	3,9	-0,7	1	0	0,04	0,03	1,1
2BA1	4,9	3,9	-1	0,9	0	0,03	0,03	1
2BA2	4,8	3,9	-0,9	0,8	0	0,04	0,03	0,9
2Bi	4,8	3,9	-0,9	0,7	0	0,04	0,02	0,8
2BC	4,8	3,9	-0,9	0,7	0	0,04	0,02	0,8
2C	4,9	3,9	-1	0,8	0	0,03	0,02	0,8

Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
A1	5,6	20,9	28,5	7	74	6	58,9	3,8
A2	5,5	19,6	26,3	5	82	2	46,8	1,1
AB	5,6	13,2	19,9	6	84	1	24,9	1,7
2BA1	5,4	10,9	17,3	6	84	<1	16,3	1,3
2BA2	5,1	7,5	13,5	7	85	<1	11,1	1,1
2Bi	4,7	6,3	11,8	7	85	1	7,7	0,9
2BC	4,7	5,6	11,1	7	85	1	5,4	0,7
2C	5,1	4,8	10,7	7	86	1	5,6	0,6

.....Ataque sulfúrico - horizonte 2Bi (g kg <sup>-1</sup> ).....						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
202	202	81	13,1	0,5	0,2	1,7	1,35	3,92

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Apresentam os seguintes valores para carbono orgânico: 58,9 g kg<sup>-1</sup> (A1); 46,8 g kg<sup>-1</sup> (A2) e 24,9 g kg<sup>-1</sup> (AB). E os teores de argila, respectivamente são: 509 g kg<sup>-1</sup>; 559 g kg<sup>-1</sup> e 596 g kg<sup>-1</sup>.

O horizonte diagnóstico subsuperficial é o B incipiente, composto pelos subhorizontes 2BA1, 2BA2 e 2Bi, com espessuras de 15, 15 e 18 cm e cores bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2,

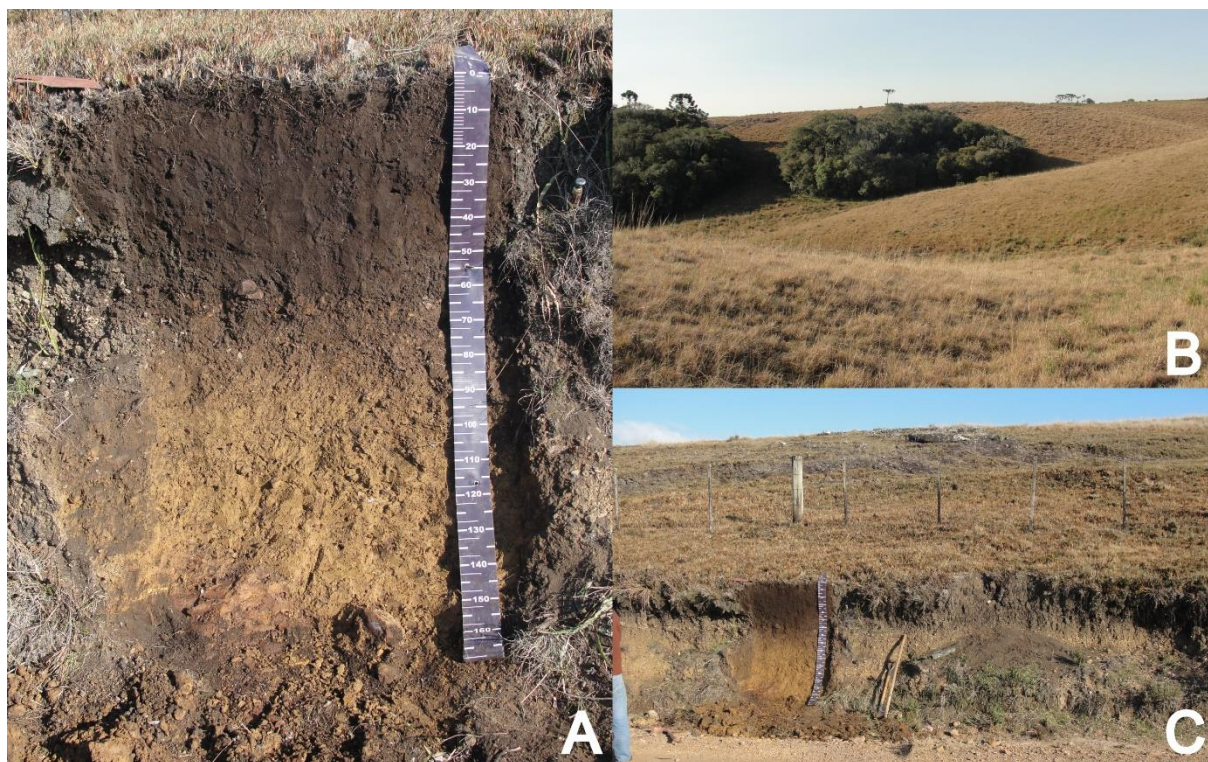


seca); bruno escuro (10YR 3/3, úmida) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seca; bruno (10YR 4/3, úmida) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca), respectivamente. A textura é argilosa e a estrutura em blocos subangulares, pequena e média, fraca a moderada. 2Bi apresenta relação molecular  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) igual a 1,70.

Há uma tendência de decréscimo nos valores em profundidade para o valor S, T, H+, C<sub>org.</sub> e N.

A mudança abrupta nos valores de argila dispersa em água, grau de floculação dos horizontes anteriores à linha de cascalho presente no topo do horizonte 2AB<sub>1</sub>, com os dos horizontes posteriores, podem ser indícios da contribuição de material coluvionar nesse solo, além da expressiva quantidade de cascalho e calhaus encontrados no horizonte AB e cascalho em A1 e A2 que se mostram inexistentes nos demais horizontes.

Figura 7 – A) Perfil P5 CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico; B) Paisagem local e C) Posição do Perfil.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.6 P6 – CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

O perfil P6 (APÊNDICE F) encontra-se a aproximadamente 8,5 km de distância da localidade Ouro Verde, em direção à escarpa, no município de Cambará do Sul, RS, nas coordenadas 28° 56' 52,7" S; 49° 58' 56,9" W, no terço superior da encosta em declividade aproximada de 20%, a 1.130 m de altitude e a 2.427 m de distância da borda da escarpa (Figura 8).

Solo formado a partir de riodacito da Formação Serra Geral em relevo local ondulado, com deposição de material orgânico. Cobertura atual Floresta secundária em estágio inicial de regeneração pertencente à tipologia Floresta Ombrófila Mista Altomontana, popularmente conhecida como Floresta de Araucárias, também classificada como Floresta Subtropical Perenifolia Altomontana, com áreas ao entorno de campos, classificado como Estepe gramíneo-lenhosa ou Campo Subtropical – Campo Úmido.

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico. O caráter alítico foi colocado em parênteses devido a não previsão do mesmo para a classe dos CAMBISSOLOS HÍSTICOS, da mesma forma que os Perfis P2 e P3.

Os Resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 11 e as químicas na Tabela 12.

Tabela 11 – Resultados das análises físicas do Perfil P6 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

Horizontes		Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/ Argila	DS
Símbolo	Prof.	Areia	Silte	Argila				
	cm	.....g kg <sup>-1</sup> .....				%		g cm <sup>-3</sup>
O <sub>1</sub>	47-34	80	573	347	152	56	1,65	0,49
O <sub>2</sub>	-13	131	497	372	153	59	1,34	0,59
AO	0	147	319	534	192	64	0,6	0,71
A	-8	177	260	563	260	54	0,46	0,79
AB	-22	149	242	609	90	85	0,4	
Bi	-55	124	291	585	0	100	0,5	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O horizonte diagnóstico superficial é o Hístico, composto pelos sub-horizontes O1 e O2 com espessura total de 34 cm. Os dois sub-horizontes apresentam a mesma cor, tanto na condição úmida, quanto na seca, sendo preto (10YR 2/1). Com 118,3 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico em O1 e 123,1 g kg<sup>-1</sup> em O2. Os teores de argila para O1 e O2 são, 347 g kg<sup>-1</sup> e de 372 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

O horizonte diagnóstico subsuperficial é o B incipiente, formado pelo horizonte genético Bi, com espessuras de 33 cm, com 585 g kg<sup>-1</sup> de argila e de textura argilosa e com a cor bruno (10YR 5/3, úmida) e bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, seca), com estrutura em blocos subangulares média e pequena, fraca, que se desfaz em granular média e pequena, moderada.

Tabela 12 – Resultados das análises químicas do Perfil P6 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

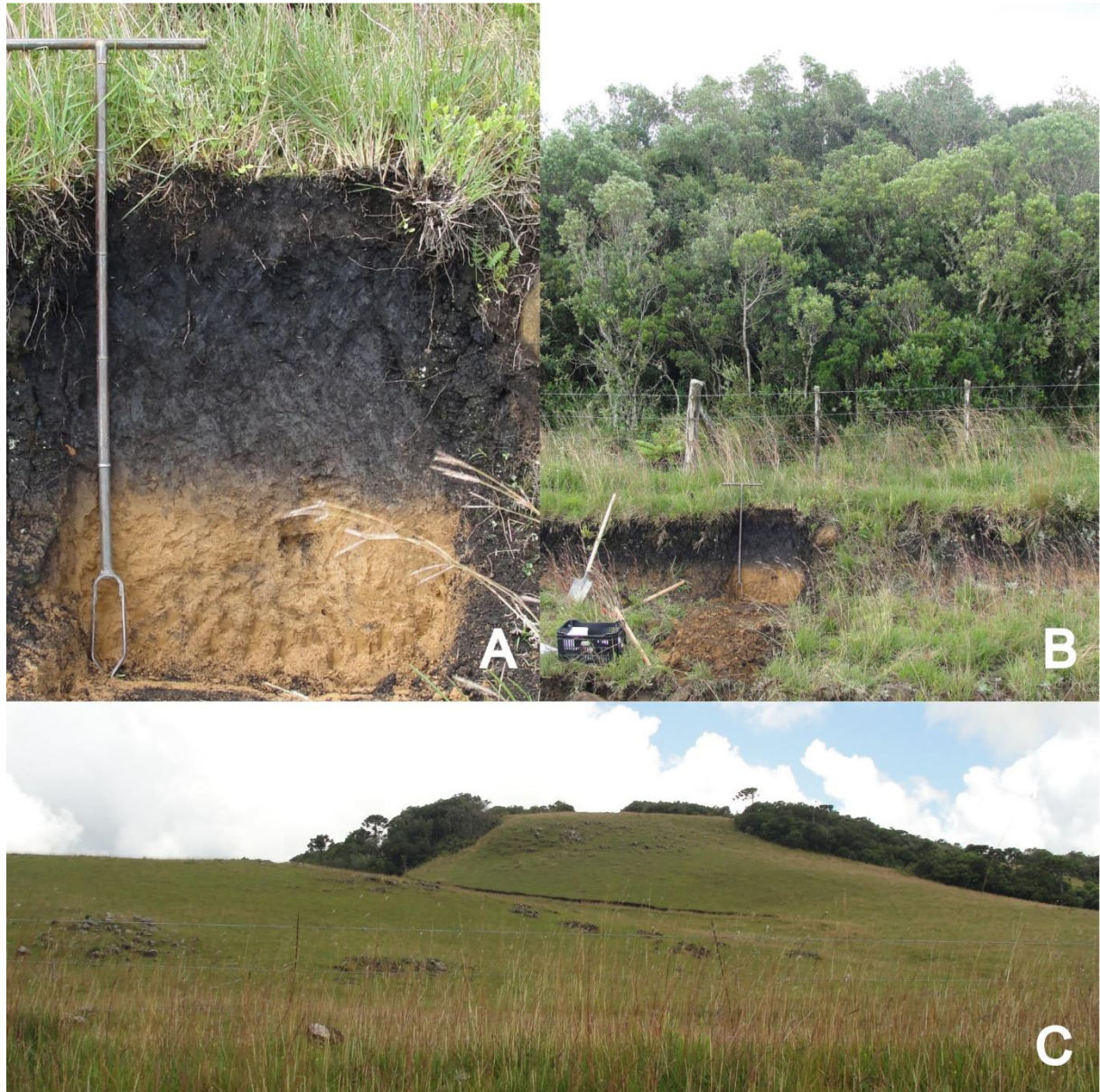
Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl						
O <sub>1</sub>	4,6	3,7	-0,9	0,4	0	0,25	0,14	0,8
O <sub>2</sub>	4,6	3,8	-0,8	0,2	0	0,11	0,1	0,4
AO	4,6	3,9	-0,7	0,2	0	0,05	0,1	0,3
A	4,6	3,9	-0,7	0,1	0	0,03	0,03	0,2
AB	4,6	3,9	-0,7	0,1	0	0,02	0,02	0,1
Bi	4,7	3,9	-0,8	0,2	0	0,02	0,02	0,2
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O <sub>1</sub>	8	46	54,8	1	91	7	118,3	8,7
O <sub>2</sub>	10,2	46,7	57,3	1	96	1	123,1	7,4
AO	9	34,3	43,6	1	97	1	62,5	3,2
A	7,9	23,7	31,8	1	98	<1	48,5	2,5
AB	7,7	12,6	20,4	0	99	<1	24,6	1,7
Bi	7,7	9	16,9	1	97	<1	15	1,1
.....Ataque sulfúrico - horizonte Bi (g kg <sup>-1</sup> ).....						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
218	205	97	13,8	0,6	0,3	1,81	1,39	3,32

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A relação molecular SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Ki) é de 1,81 no Bi. Há um tendência no na diminuição dos valores de K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, soma de bases, CTC, H<sup>+</sup>, C<sub>org.</sub> e N.



Figura 8 – A) Perfil P6 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico; B) Posição do Perfil e C) Paisagem local



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.7 P7 – CAMBISSOLO HÚMICO Distroférico típico

O perfil P7 (APÊNDICE G) está localizado na margem da rodovia SC-390, a aproximadamente 4,5 km de distância da área urbana de Bom Jardim da Serra, SC,

sentido Serra do Rio do Rastro, no lado direito, nas coordenadas 28° 21' 59,4" S; 49° 34' 45,1" W, no terço superior da encosta em uma declividade aproximada de 8%, a 1.423 m de altitude e a 2.104 m de distância da borda da escarpa (Figura 9).

Solo formado a partir de basalto da Formação Serra Geral em um relevo local suave ondulado, com contribuição de material alóctone de natureza similar, evidenciado pela presença de uma linha continua de fragmentos de cascalhos duros e semi-alterados composto de basalto, caldedônia e quartzo, separando nitidamente os horizontes AB e 2BA. A cobertura atual é composta por campo natural de altitude, classificados como Estepe-gramíneo-lenhosa ou Campo Subtropical-Campo Úmido

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distroférrico típico.

Porém, por apresentar um horizonte superficial O com espessura insuficiente para considerá-lo Hístico (< 20 cm) e um teor de carbono de 81,2 g kg<sup>-1</sup>, muito próximo do limite exigido para horizonte Hístico (mínimo de 80 g kg<sup>-1</sup>), considerou-se esse horizonte para os critérios de horizonte diagnóstico superficial A húmico, sendo reclassificado como CAMBISSOLO HÚMICO Distroférrico típico.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 13 e as químicas na Tabela 14.

Tabela 13 – Resultados das análises físicas do Perfil P7 - CAMBISSOLO HÚMICO Distroférrico típico

Horizontes	Prof.	Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
		Símbolo	Areia	Silte	Argila			
	cm		.....g kg <sup>-1</sup> .....			%		g cm <sup>-3</sup>
O	12-0		188	218	594	149	75	0,37
A	-9		286	151	563	250	56	0,27
AB	-17		325	117	558	0	100	0,21
2BA	-30		181	203	616	0	100	0,33
2Bi1	-51		115	351	534	0	100	0,66
2Bi2	-70		118	353	529	0	100	0,67
2BC	-84		99	408	493	0	100	0,83
2C	-120		91	417	492	0	100	0,85

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Apresenta como horizonte diagnóstico subsuperficial o B incipiente, composto pelos sub-horizontes: a) 2Bi1, com 21 cm de espessura, bruno-avermelhado (5YR 4/3,

úmida) e bruno (7,5YR 5/4, seca) e estrutura em blocos subangulares, grande e média e moderada a forte e b) 2Bi2, com 19 cm de espessura, bruno (7,5YR 4/4, úmida e 7,5YR 5/4, seca) e estrutura em blocos subangulares, média e pequena e moderada. Com relação molecular  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) de 1,83 para 2Bi1 e 1,75 para 2Bi2.

Tabela 14 – Resultado das análises químicas do Perfil P7 - CAMBISSOLO HÚMICO Distroférrico típico

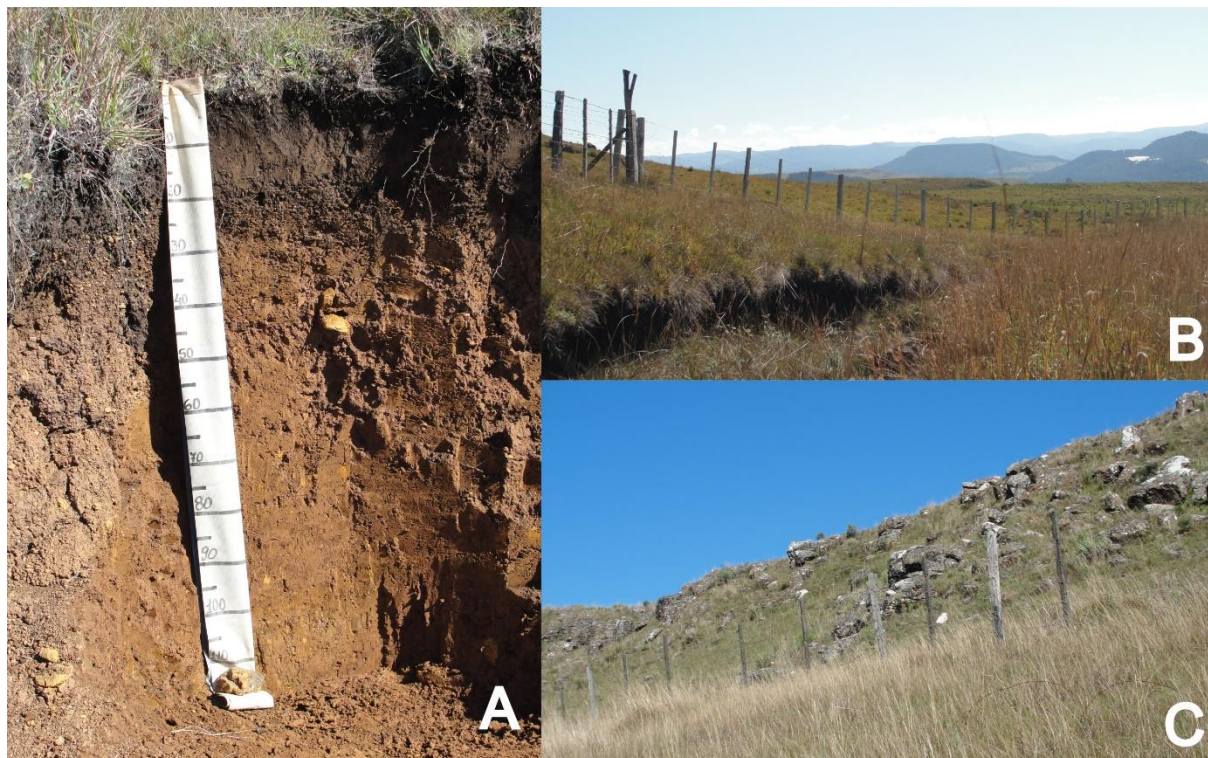
Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl						
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....							
O	4,2	3,8	-0,4	1,7	2	0,32	0,14	4,2
A	4,4	3,9	-0,5	0,7	1	0,09	0,05	1,8
AB	4,4	4	-0,4	0,6	1	0,05	0,03	1,7
2BA	4,1	3,9	-0,2	0,8	0,8	0,04	0,03	1,7
2Bi1	4,8	4,1	-0,7	0	1	0,04	0,03	1,1
2Bi2	4,8	4,1	-0,7	0,9	0	0,04	0,03	1
2BC	4,8	4	-0,8	0,8	0	0,06	0,04	0,9
2C	4,7	3,9	-0,8	0	0	0,06	0,04	0,1
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O	4,8	27,9	36,9	11	53	5	81,2	5,1
A	3	15	19,8	9	62	1	39,6	1,1
AB	2,3	11,3	15,3	11	58	<1	22,2	1,7
2BA	3	9,6	14,3	12	64	1	12,3	1
2Bi1	1	6,9	9	12	48	<1	5,2	0,6
2Bi2	1,1	6,8	8,9	11	52	<1	3,6	0,5
2BC	2,2	6,3	9,4	10	71	1	2,8	0,4
2C	2,4	6,6	9,1	1	96	1	2,5	0,4
Ataque sulfúrico - horizontes 2Bi1 e 2Bi2 (g kg <sup>-1</sup> )						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
254	236	228	15,5	1,4	2,1	1,83	1,13	1,63
258	250	226	14,5	1,4	2,1	1,75	1,11	1,74

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Há uma tendência de decréscimo nos valores em profundidade para o valor S,  $\text{H}^+$ ,  $\text{C}_{\text{org.}}$  e N.



Figura 9 – A) Perfil P7 CAMBISSOLO HÚMICO Distroférico típico; B) Paisagem local I e C) Paisagem local II



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.8 P8 – CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico

O perfil P8 (APÊNDICE H) está localizado em barranco na margem direita da rodovia SC-390, a aproximadamente 6 km de distância da área urbana de Bom Jardim da Serra, SC, sentido Serra do Rio do Rastro, nas coordenadas 28° 22' 19,1" S; 49° 33' 53,7" W, no terço médio da encosta em declividade aproximada de 32%, a 1.372 m de altitude e a 631 m de distância da borda da escarpa (Figura 10).

Solo formado a partir de andesito/basalto da Formação Serra Geral em relevo local forte ondulado, com contribuição de material alóctone de natureza similar, evidenciada pela presença de uma linha de fragmentos milimétricos e centimétricos no horizonte A e uma linha de “pedras” (*stone line*) de calhaus, separando o horizonte A do horizonte AB. A cobertura atual do solo é pastagem antropizada.

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 15 e as químicas na Tabela 16 a seguir.

Tabela 15 – Resultados das análises físicas do Perfil P8 - CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico

Horizontes		Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
Símbolo	Prof. cm	Areia	Silte	Argila				
		.....g kg <sup>-1</sup> .....				%		g cm <sup>-3</sup>
O1	33-20	290	457	253	105	58	1,81	0,63
O2	0	546	202	252	84	67	0,8	0,69
A	-8	424	243	333	21	94	0,73	0,78
2BA	-20	345	239	416	42	90	0,57	
2Bi1	-50	186	292	522	0	100	0,56	
2Bi2	-86	184	258	558	0	100	0,46	
2BC	-107+	211	375	414	0	100	0,91	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O horizonte diagnóstico superficial é o Hístico, composto pelos sub-horizontes O1 e O2 com espessura total de 33 cm. A cor desses sub-horizonte é preto (10YR 2/1, úmida e seca). Apresentam 121,4 g kg<sup>-1</sup> e 105,8 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico, 253 g kg<sup>-1</sup> e 252 g kg<sup>-1</sup> de argila e densidade do solo de 0,63 g cm<sup>-3</sup> e 0,69 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente.

O horizonte diagnóstico subsuperficial é o B incipiente (2BA, 2Bi1 e 2Bi2), com espessura total de 78 cm. 2Bi1 é bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida e 10YR 4/4,5, seca), de textura argilosa cascalhenta e estrutura em blocos subangulares, grande e fraca e 2Bi2 apresenta a mesma cor na amostra úmida e bruno amarelado (10YR 5/4, seca), de textura argilosa e estrutura com aspecto de maciça que se desfaz em blocos subangulares, grande e fraca.

A relação molecular SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Ki) é de 1,37 no 2Bi1, 1,51 no 2Bi2 e 1,50 no 2BC. Argila dispersa em água, relação silte:argila, valor S, H<sup>+</sup>, T, P assimilável, C<sub>org.</sub> e N diminuem seus valores em profundidade.

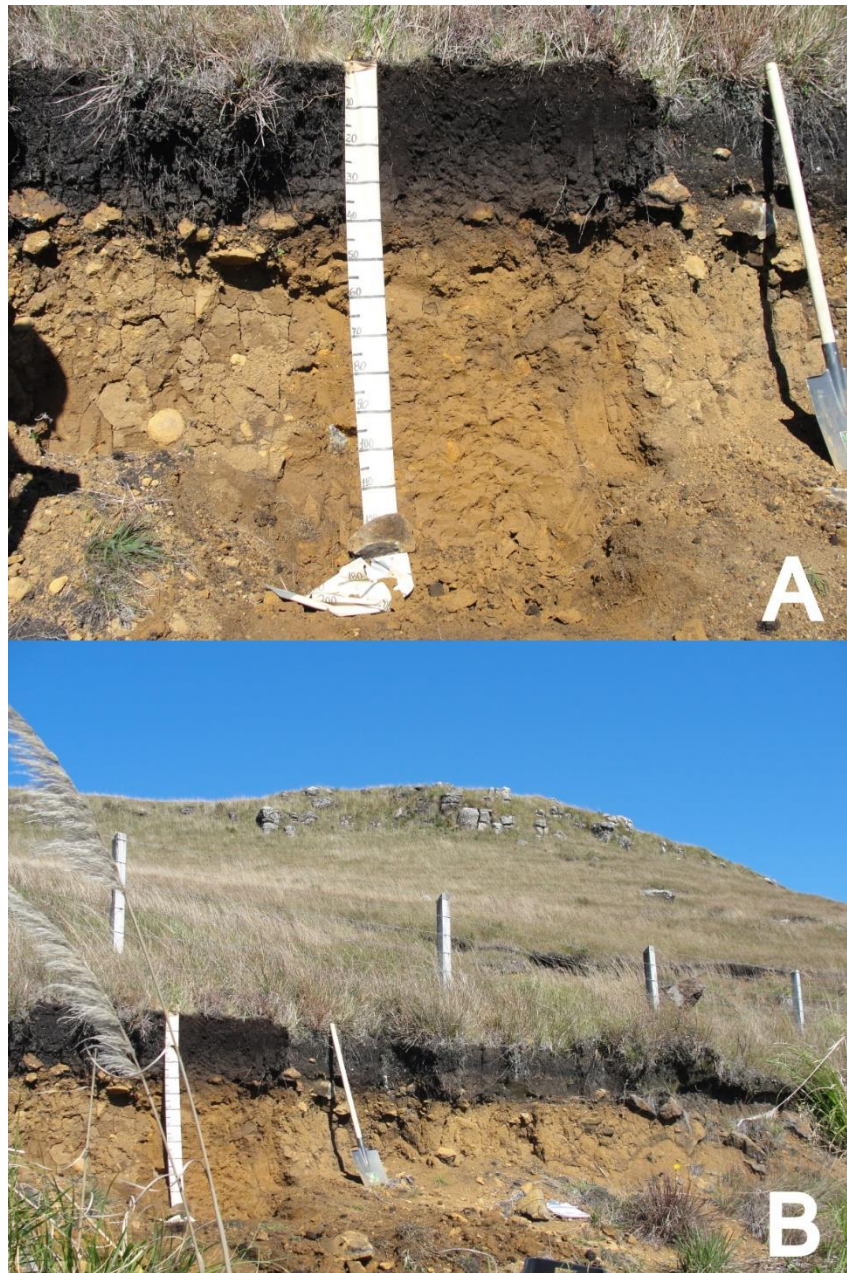
Tabela 16 – Resultados das análises químicas do Perfil P8 - CAMBISSOLO  
HÍSTICO Distrófico típico

Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl						
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....							
O1	4,8	4,2	-0,6	3,3	1,7	0,58	0,19	5,8
O2	4,8	4,3	-0,5	0,7	0,6	0,17	0,08	1,5
A	5	4,5	-0,5	0,7	0	0,06	0,04	0,8
2BA	5,3	4,6	-0,7	0,7	0	0,03	0,04	0,8
2Bi1	5,2	4,4	-0,8	0,7	0	0,03	0,04	0,8
2Bi2	5,1	4,3	-0,8	0,5	0	0,02	0,04	0,6
2BC	5,2	4,2	-1	0,7	0	0,04	0,06	0,8
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O1	4,4	37	47,2	12	43	5	121,4	7,6
O2	3,7	36,6	41,8	4	71	5	105,8	6
A	1,9	15,1	17,8	4	70	2	38,8	2,5
2BA	1,2	7,8	9,8	8	60	2	17,5	1,6
2Bi1	2,2	5,7	8,7	9	73	<1	10,7	1,1
2Bi2	2,3	4,5	7,4	8	79	<1	6,6	0,8
2BC	4,3	3,7	8,8	9	84	1	4	0,6
Ataque sulfúrico - hor. 2Bi1, 2Bi2 e 2BC (g kg <sup>-1</sup> )						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
163	202	159	37,6	0	0	1,37	0,91	1,99
180	203	158	36,8	0	0	1,51	1,01	2,02
190	215	158	29,8	0	0	1,50	1,02	2,14

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



Figura 10 – A) Perfil P8 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico; B) Paisagem local e posição do Perfil



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.9 P9 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico

O perfil P9 (APÊNDICE I) está localizado em uma área na estrada que dá acesso ao Parque eólico de Bom Jardim da Serra, SC, próximo ao mirante da Serra do Rio do Rastro, nas coordenadas 28° 24' 16,6" S; 49° 33' 20,7" W, em meia encosta em declividade entre 25 % e 30 %, à 1.445 m de altitude e a 213 m de distância da borda da escarpa (Figura 11).

Solo formado a partir de riodacito da Formação Serra Geral em relevo local ondulado, com contribuição de material alóctone de natureza similar e acumulação de material orgânico. Cobertura atual campo natural classificado como Estepe-gramíneo-lenhosa ou Campo Subtropical – Campo Úmido.

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 17 e as químicas na Tabela 18.

O horizonte diagnóstico superficial é o Hístico (O1 + O2), com 60 cm de espessura, de estrutura predominante granular, pequena e média, forte. A cor desses dois sub-horizonte é preto (10YR 2/1), tanto para amostra úmida, quanto para amostra seca. O1 tem 259,7 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico, 250 g kg<sup>-1</sup> de argila e uma densidade do solo de 0,63 g cm<sup>-3</sup> e O2 tem 206,6 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico, 161 g kg<sup>-1</sup> de argila e uma densidade do solo de 0,69 g cm<sup>-3</sup>.

Seu horizonte diagnóstico subsuperficial é o B incipiente (2Bi), com espessura de 41 cm<sup>+</sup>, textura argilosa, estrutura em blocos subangulares, média e grande e fraca e bruno-forte (7,5 YR 5/6, úmida e 7,5 YR 4/6, seca). Porém apresenta mudança textural abrupta de A para 2AB, evidenciando a contribuição coluvionar. O horizonte 2AB atende os critérios para B textural.



Tabela 17 – Resultados das análises físicas do Perfil P9 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico

Horizontes		Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
Símbolo	Prof. cm	Areia	Silte	Argila				
		.....g kg <sup>-1</sup> .....				%		g cm <sup>-3</sup>
O1	0-21	282	468	250	91	64	1,87	0,63
O2	-60	700	139	161	23	86	0,86	0,68
A	-75	347	374	279	0	100	1,34	0,80
2AB	-86	241	206	553	0	100	0,37	
2Bi	-127	242	210	548	0	100	0,38	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 18 – Resultados das análises químicas do Perfil P9 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico

Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl		.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....				
O1	4,3	3,5	-0,8	0,9	0,8	0,51	0,2	2,4
O2	4,5	3,7	-0,8	0,5	0,5	0,11	0,07	0,7
A	4,7	3,8	-0,9	0,2	0,2	0,03	0,01	0,2
2AB	4,7	3,8	-0,9	0,2	0,2	0,03	0,01	0,2
2Bi	4,8	3,8	-1	0,2	0,2	0,04	0,01	0,2
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O1	14,7	100,2	117,3	2	86	3	259,7	18,5
O2	10,6	88,7	100	1	94	<1	206,6	11,1
A	7,4	31,9	39,5	1	97	1	61,4	2,7
2AB	7	20,2	27,4	1	97	1	31,9	1,7
2Bi	5,7	6,9	12,8	2	97	1	8,6	0,9
Ataque sulfúrico - horizontes 2AB e 2Bi (g kg <sup>-1</sup> )						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
226	210	124	17,6	0	0	1,83	1,33	2,66
251	238	128	18,4	0	0	1,79	1,33	2,92

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 11 – A) Perfil P9 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico; B) Paisagem local; C) Paisagem local II e D) Paisagem local III



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.10 P10 – CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico léptico

O perfil P10 (APÊNDICE J) está situado na borda do *Canyon* Monte Negro, na base do Pico Monte Negro, sendo acessado pela estrada municipal Silveira, distante 45 km da sede do município de São José dos Ausentes, RS, nas coordenadas 28° 37' 00,4" S; 49° 47' 57,7" W, no terço inferior da encosta em declividade aproximada de 12%, a 1.330 m de altitude e a 169 m de distância da borda da escarpa (Figura 12).

Solo formado a partir de riodacito da Formação Serra Geral em relevo local ondulado, com deposição de material orgânico e contribuição de material coluvionar de natureza similar. A cobertura atual é de campo de altitude, classificado como Refúgio Vegetacional ou Campo Perúmido (Vegetação altomontana).

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico. O caráter alítico foi colocado

em parênteses devido a não previsão do mesmo para a classe dos CAMBISSOLOS HÍSTICOS, da mesma forma que os Perfis P2, P3 e P6.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 19 e as químicas na Tabela 20.

Tabela 19 – Resultados das análises físicas do Perfil P10 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

Horizontes	Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
	Prof.	Areia	Silte	Argila			
Símbolo	cm	.....g kg <sup>-1</sup> .....			%		g cm <sup>-3</sup>
O1	30-20	56	809	135	135	0	5,99
O2	-0	310	371	319	234	27	1,16
2Bi	-17,5	242	259	499	0	100	0,52
2Cr	-60	351	235	414	0	100	0,57

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O horizonte diagnóstico superficial é o Hístico, composto pelos sub-horizontes O1 e O2 com espessura total de 30 cm. Os dois sub-horizontes apresentam a mesma cor, tanto na condição úmida, quanto na seca, sendo preto (10YR 2/1). Com 274,3 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico em O1 e 111,1 g kg<sup>-1</sup> em O2. Os teores de argila para O1 e O2 são, 135 g kg<sup>-1</sup> e de 319 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

O horizonte diagnóstico subsuperficial é o B incipiente (2Bi), com espessura de 17,5 cm, com 499 g kg<sup>-1</sup> de argila e de textura argilosa e com a cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2, úmida) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, seca), com estrutura em blocos angulares, média e fraca a moderada. Sua relação molecular SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Ki) é de 1,84.

Foi observado uma linha de cascalho com fragmentos de quartzo e de riodacitos semi-intemperizados no topo do horizonte 2Bi, separando nitidamente este horizonte de O2, evidenciando, assim, uma “descontinuidade pedológica” (optou-se por utilizar essa expressão, por considerá-la mais adequada à expressão “descontinuidade litológica, nessa situação, pois entende-se que a litologia do material alóctone de contribuição é a mesma do material autóctone e a ação morfogênica atuante nessa condição seja principalmente, em volume, de material orgânico).

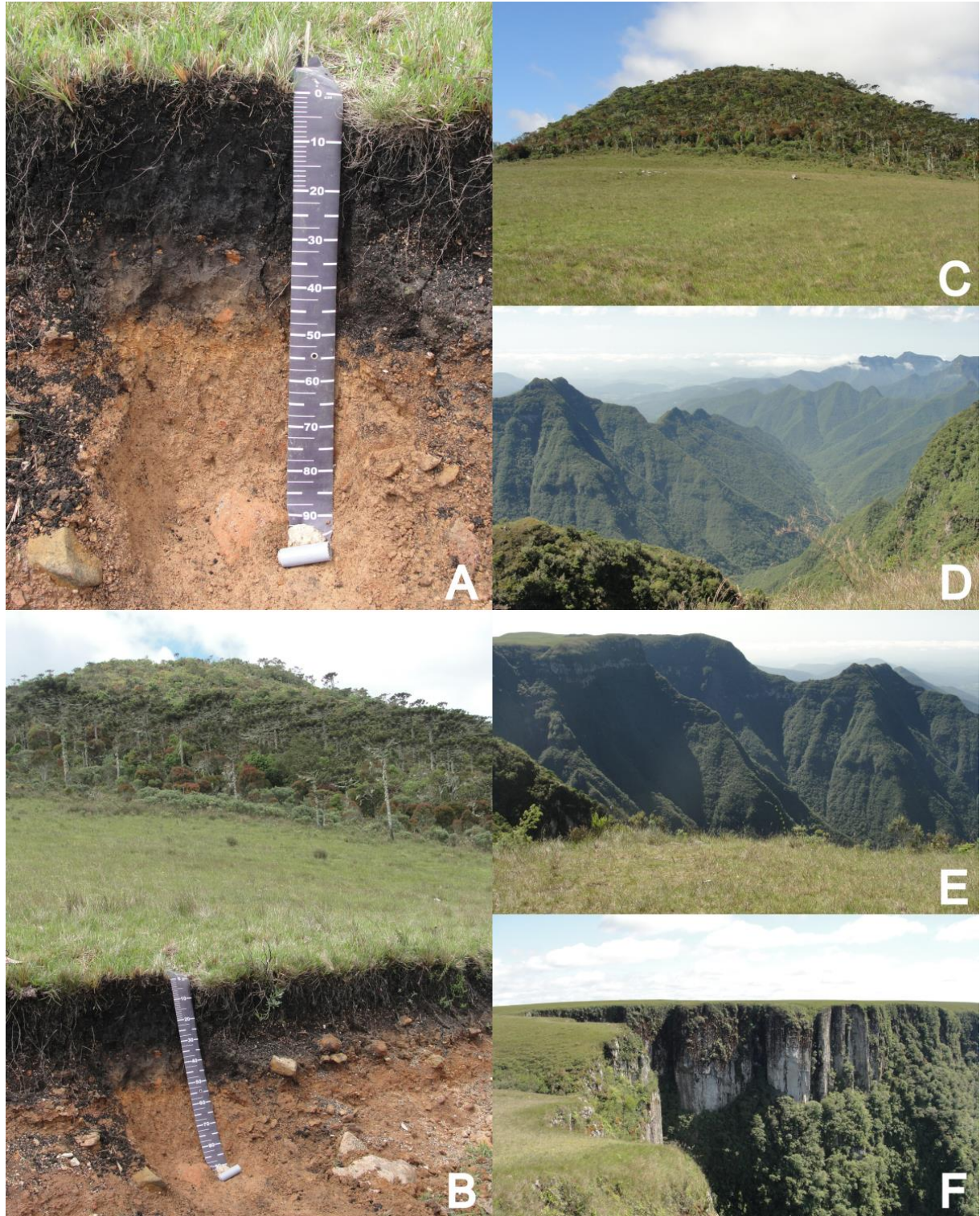
Tabela 20 – Resultados das análises químicas do Perfil P10 - CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico

Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl						
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....							
O1	4,4	3,7	-0,7	2,1	3,8	1,03	0,2	7,1
O2	4,5	3,8	-0,7	0,2	1,4	0,13	0,05	1,8
2Bi	4,6	4	-0,6	0	1,1	0,04	0,03	1,2
2Cr	4,8	4,1	-0,7	0,1	0,9	0,05	0,02	1,1
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O1	2,4	51,8	61,3	12	25	39	274,3	17,9
O2	10,9	33,2	45,9	4	86	4	111,1	5,8
2Bi	8,2	10	19,4	6	87	1	21,1	1,8
2Cr	6,5	3,7	11,3	10	86	3	7,5	0,8
.....Ataque sulfúrico - horizonte 2Bi (g kg <sup>-1</sup> ).....						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
196	181	89	13,1	0,6	0,3	1,84	1,4	3,19

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



Figura 12 – A) Perfil P-10 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico; B) Posição do Perfil na Base do Pico Monte Negro; C) Paisagem local, Pico Monte Negro; D) Paisagem local, Canyon Monte Negro I; E) Paisagem local, Canyon Monte Negro II e F) Paisagem local, Canyon Monte Negro III



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.11 P11 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico

O perfil P11 (APÊNDICE K) localiza-se no Morro da Serra do Campo Novo, popularmente conhecido como Morro das Antenas ou Morro das Torres, em Urupema, SC, nas coordenadas 27° 55' 30,7" S; 49° 51' 26,6" W, no terço superior da encosta em uma declividade entre 30 % e 40 %, à 1.676 m de altitude na borda da escarpa (distância considerada igual a zero) (Figura 13).

Solo formado a partir de riodacito da Formação Serra Geral em um relevo local forte ondulado, pedregoso e muito rochoso, com contribuição de material orgânico. A cobertura atual é de campo de altitude, classificado como Refúgio Vegetacional ou Campo Perúmido (Vegetação altomontana).

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 21 e as químicas na Tabela 22.

Tabela 21 – Resultados das análises físicas do Perfil P11 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico

Horizontes	Composição Granulométrica				Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
	Prof.	Areia	Silte	Argila				
Símbolo	cm	.....g kg <sup>-1</sup> .....				%		g cm <sup>-3</sup>
O1	0-10	64	757	179	128	28	4,23	0,51
O2	-32,5	131	716	153	131	14	4,68	0,55
O3	-67,5	33	802	165	165	0	4,86	0,58
O/Cr	-75	320	298	382	0	100	0,78	
Cr	-130	394	273	333	0	100	0,82	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O horizonte diagnóstico Hístico (O1, O2 e O3), com 67,5 cm de espessura total, de estrutura granular, pequena e muito pequena e fraca no O1, blocos subangulares, média e fraca, que se desfaz em granular média e pequena e fraca no O2 e O3. A cor desses sub-horizontes é preto (10YR 2/1), tanto para amostra úmida, quanto para amostra seca. O1 tem 222,3 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico, 179 g kg<sup>-1</sup> de argila e uma

densidade do solo de  $0,51 \text{ g cm}^{-3}$ , O2 tem  $124,4 \text{ g kg}^{-1}$  de carbono orgânico,  $153 \text{ g kg}^{-1}$  de argila e uma densidade do solo de  $0,55 \text{ g cm}^{-3}$  e O3 tem  $103,3 \text{ g kg}^{-1}$  de carbono orgânico,  $165 \text{ g kg}^{-1}$  de argila e uma densidade do solo de  $0,59 \text{ g cm}^{-3}$ . Não apresenta horizonte diagnóstico subsuperficial.

Tabela 22 – Resultados das análises químicas do Perfil P11 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico

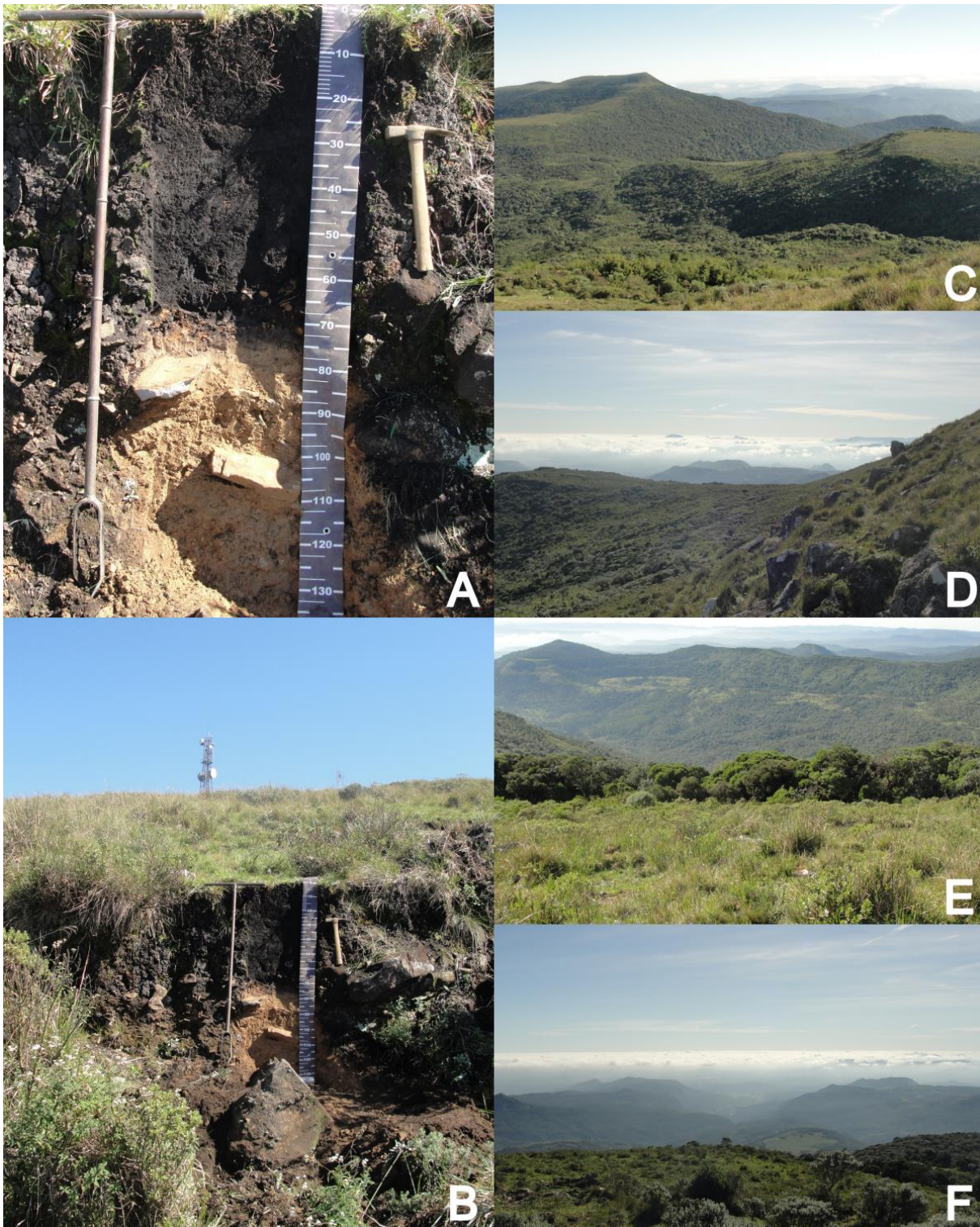
Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl						
O1	5,2	3,9	-1,3	0,4	1,7	0,46	0,19	2,7
O2	5	4	-1	0	1,2	0,09	0,07	1,4
O3	5,1	4,3	-0,8	0,9	0	0,04	0,04	1
O/Cr	5,2	4,5	-0,7	0,8	0	0,02	0,01	0,8
Cr	5,1	4,7	-0,4	0,8	0	0,02	0,01	0,8
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O1	8,1	37,5	48,3	6	75	23	222,3	15,6
O2	10,1	40,5	52	3	88	3	124,4	8,1
O3	5,2	29,6	35,8	3	84	3	103,3	8
O/Cr	1,7	11,6	14,1	6	68	4	34,7	1,5
Cr	0,6	7,5	8,9	9	43	19	12,4	2,5
.....Ataque sulfúrico - horizonte Cr (g kg <sup>-1</sup> ).....						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
151	167	96	11,2	2,9	0,7	1,54	1,12	2,73

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O ambiente desse perfil é considerado uma das regiões mais frias do Brasil e apresenta uma característica climática especial que é a formação de sincelo, que ocorre durante o inverno. Sincelo são pontas de gelo penduradas e transparentes formadas pelo congelamento d'água de escoamento (SIMÕES, 2004), formadas quando há uma névoa congelante.



Figura 13 – A) Perfil P11 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico; B) Posição do perfil; C, D, E e F) Paisagem local



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



#### 4.1.12 P12 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico

O perfil P12 (APÊNDICE L) encontra-se na margem da rodovia BR-285, em São José dos Ausentes, RS, sentido Timbé do Sul, SC, 500 m antes da divisa entre os estados, na Serra da Rocinha, nas coordenadas 28° 47' 37,5" S; 49° 57' 57,8" W, no terço superior da encosta em declividade entre 30 % e 40 %, à 1.213 m de altitude e a 662 m de distância da borda da escarpa (Figura 14).

Solo formado a partir de riodacito da Formação Serra Geral em um relevo local ondulado, rochoso, com contribuição de material orgânico. A cobertura atual é de campo de altitude, classificado como Refúgio Vegetacional ou Campo Perúmido (Vegetação altomontana).

Segundo os critérios do SiBCS (SANTOS et al., 2013b) este solo poderia ser enquadrado em três classes, dependendo da interpretação, e isso seria uma forma indevida, pois um sistema taxonômico deve ser claro e não pode deixar nenhuma dúvida em seus conceitos e critérios. Porém, o uso do SiBCS de maneira estanque pode ocasionar o enquadramento de alguns solos em classes equivocadamente, considerando suas características e sua gênese, como é o caso em questão.

Este solo apresenta horizontes Hístico (O1 + O2) com 30 cm de espessura e A Húmico de 20 cm e contato lítico que ocorre em 50 cm. O1 e O2 apresentam 98,5 g kg<sup>-1</sup> e 96,1 g kg<sup>-1</sup> de C<sub>org.</sub>, respectivamente, enquanto A tem 51,2 g kg<sup>-1</sup> de C<sub>org.</sub>

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 23 e as químicas na Tabela 24.

Tabela 23– Resultados das análises físicas do Perfil P12 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico

Horizontes		Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/ Argila	DS
Símbolo	Prof. cm	Areia	Silte	Argila				
		.....g kg <sup>-1</sup> .....				%		g cm <sup>-3</sup>
O1	0-13	123	708	169	148	12	4,19	0,50
O2	-30	124	634	242	176	27	2,62	0,53
A	-50	174	465	361	85	76	1,29	0,78
Cr/R	-80	220	342	438	0	100	0,78	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 24– Resultados das análises químicas do Perfil P12 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico

Hor.	pH (1:2,5)		ΔpH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl						
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....							
O1	4,8	4	-0,8	0,4	1,9	0,3	0,2	2,8
O2	4,8	3,9	-0,9	0	1,2	0,11	0,08	1,4
A	4,8	4,1	-0,7	0,8	0	0,03	0,03	0,9
Cr/R	4,9	4,2	-0,7	0,7	0	0,03	0,02	0,7
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....			..... % .....		mg kg <sup>-1</sup>	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
O1	9,3	24,8	36,9	8	77	7	98,5	6
O2	12	39	52,4	3	90	3	96,1	5,4
A	7,7	20,6	29,2	3	90	1	51,2	2,6
Cr/R	5,2	5,8	11,7	6	88	1	13,5	1,5
...Ataque sulfúrico - horizonte Cr/R (g kg <sup>-1</sup> )...						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
182	200	104	13,6	0,6	0,5	1,55	1,16	3,02

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Na chave para as classes do primeiro nível categórico (ordens) do SiBCS há uma sequência que deve ser obedecida, iniciando com os critérios para Organossolos, depois Neossolos, Vertissolos, Espodossolos, Planossolos, Gleissolos, Latossolos, Chernossolos, Cambissolos, Plintossolos, Luvisolos, Nitossolos e Argissolos (SANTOS et al., 2013b).

Organossolo devem apresentar horizonte hístico que atenda a um dos seguintes critérios (SANTOS et al., 2013b):

- Espeçura  $\geq 20$  cm, quando sobrejacente a um contato lítico ou a fragmentos de rocha, cascalho, calhaus e matações ( $\geq 90\%$  em volume); ou
- Espeçura  $\geq 40$  cm, contínuo ou cumulativo nos primeiros 80 cm da superfície do solo; ou
- Espeçura  $\geq 60$  cm se 75% do volume ou mais do horizonte for constituído de tecido vegetal na forma de restos de ramos finos, raízes finas, cascas de árvores, etc., excluindo as partes vivas.

No caso do solo em questão, poderia este ser enquadrado no critério a), pois apresenta um horizonte hístico com 30 cm de espeçura e está acima de um contato

lítico que ocorre a 50 cm de profundidade. Porém, muitos autores (não citados) e profissionais da área, interpretam a palavra sobrejacente como “imediatamente acima” (expressão muito utilizada nos sistemas de classificação da FAO e USDA), o que não permitiria enquadrar este solo apresentado como Organossolo. Entretanto, a definição da palavra sobrejacente em língua portuguesa é “que está por cima” ou “que assenta por cima” ou “que domina pela altura; sobranceiro” (HOUAISS, 2009), permitindo, assim, ser classificado como Organossolo.

No capítulo 14 do SiBCS (SANTOS et al., 2013b), específico sobre as classes de Organossolos, os critérios estão mais detalhados e pode-se verificar os requisitos de solos com horizonte O hístico: a) 20 cm ou mais, quando sobrejacente a um contato lítico ou a material fragmentar constituído por 90% ou mais (em volume) de fragmentos de rocha (cascalhos, calhaus e matações); ou b) 40 cm ou mais quando sobrejacente a horizontes A, B ou C.

Dessa forma fica mais claro que se há um horizonte A, B ou C abaixo do O hístico, esse deverá ter no mínimo 40 cm. Não sendo possível que o solo P12 seja classificado como Organossolo e nesse caso deve-se avançar na chave de classificação para as ordens, verificando os critérios para Neossolos, que são solos sem horizonte B diagnóstico e que satisfazem os requisitos: a) ausência de horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície, exceto no caso de solos de textura areia e areia franca; b) ausência de horizonte plântico dentro de 40 cm a partir da superfície; c) ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A e c) horizonte A chernozêmico, se presente, não deve estar conjugado com o caráter carbonático e/ou horizonte cálcico. P12 atende esses requisitos, sendo, portanto, um Neossolo.

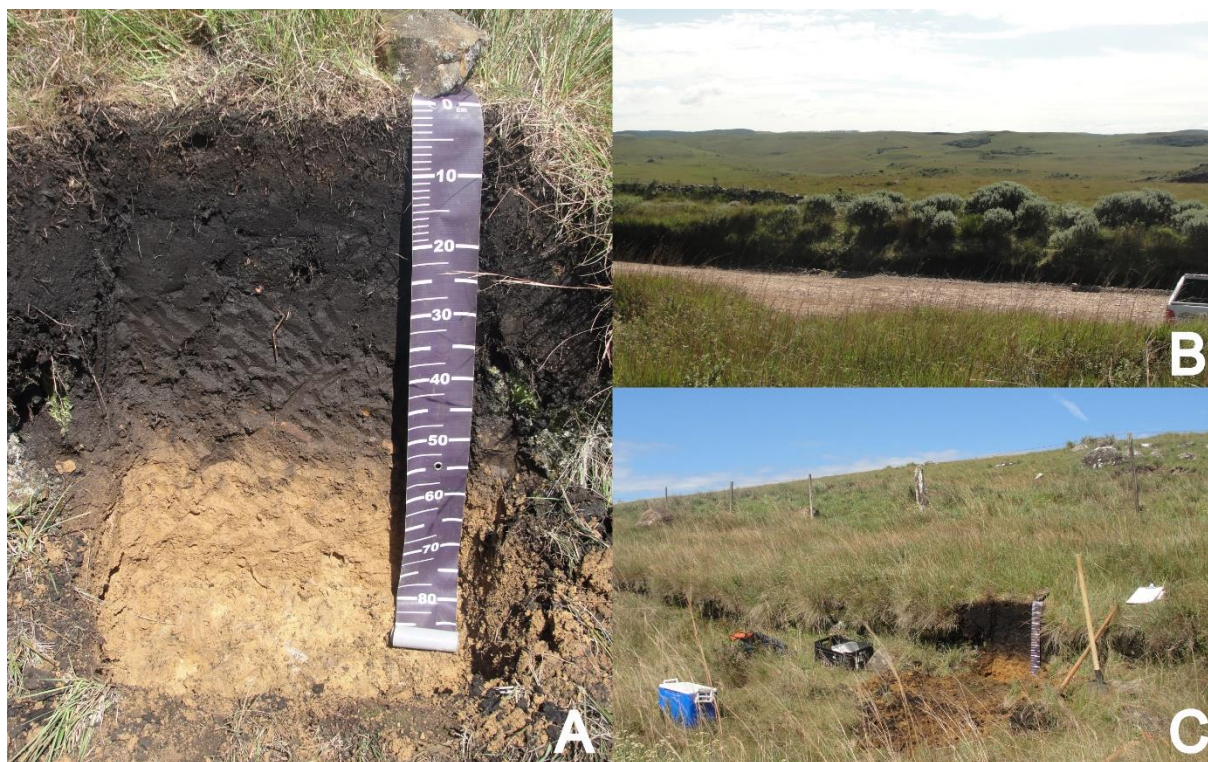
A apresentação do capítulo 12 do SiBCS, Neossolos, inicia com a definição dessa classe “Neossolos são solos pouco evoluídos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura...”, impossibilitando assim o seguimento na classificação para os demais níveis categóricos.

Ainda que se abrisse uma exceção ou até mesmo se flexibilizasse as espessuras, tanto para Organossolo, quanto para Neossolo, ainda teríamos as seguintes situações: 1) na classe dos Organossolos, poderia seguir até o quarto nível categórico e classificá-lo como ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico, caso se considerasse a espessura de 30 cm quando sobrejacente a horizontes A, B ou C, ou se entendesse que o contato lítico ou fragmentário pudesse ocorrer até 50 cm de profundidade a partir da superfície, como a exemplo dos Neossolos Litólicos,

mantendo o limite de 20 cm para esses casos; 2) na classe dos Neossolos, desconsiderando o limite máximo de 20 cm exigido para material orgânico, na apresentação do capítulo referente, poder-se-ia classificar P-12 como NEOSSOLO LITÓLICO e outra barreira seria encontrada, pois no terceiro nível categórico (grandes grupos), a classe NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos impõe novamente o limite máximo de espessura do horizonte hístico de 20 cm. Tendo assim que enquadrá-lo em NEOSSOLO LITÓLICO Húmico típico e 3) levando em consideração que na alternativa (ítem 2) de desconsiderar o limite máximo de 20 cm exigido para material orgânico, seria plausível também desconsiderar o mesmo limite imposto na classe dos NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos, podendo, este solo, ser classificado como NEOSSOLO LITÓLICO Hístico típico.

Considerando a representatividade desse solo no ambiente altomontano, seus fatores pedogenéticos e suas características, o solo P-12 foi classificado como ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.

Figura 14 – A) Perfil P12 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico; B) Posição do perfil; C) Paisagem local



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A ocorrência de situações como a que ocorre nesse perfil deveria servir de justificativa para uma revisão em alguns conceitos e critérios do SiBCS.

#### 4.1.13 P13 – ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico

O Morro do Baú é uma elevação que se encontra dentro dos limites do Parque Nacional de São Joaquim. Seu acesso se dá por uma estrada vicinal que se inicia ao lado direito da rodovia SC110, sentido São Joaquim, SC – Urubici, SC., localidade denominada de Vacas Gordas. A entrada no Parque Nacional de São Joaquim e a coleta de material nos seus limites ocorreu mediante a Autorização para atividades com finalidade científica Número 52984-1 (ANEXO A) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

O Perfil P13 (APÊNDICE M) foi aberto na face sudeste do Morro do Baú, próximo ao cume, nas coordenadas 28° 09' 54,9" S; 49° 37' 20,3" W, em declividade de 60%, aproximadamente, sob campos de altitude (Campo Perúmido – Vegetação Altomontana) e a 201 m de distância da borda da escarpa (Figura 15).

No momento da coleta, que ocorreu no mês de abril de 2016, às 12h, havia gelo sobre a superfície em diversos pontos do cume e também no interior do perfil.

Solo formado a partir de riodacito da Formação Serra Geral em um relevo local montanhoso, muito rochoso, sendo produto da acumulação de material orgânico em ambiente altomontano frio e úmido.

Foi classificado segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b) até o quarto nível categórico como ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.

Os resultados das análises físicas deste perfil estão apresentadas na Tabela 25 e as químicas na Tabela 26.

O horizonte diagnóstico é o Hístico (O1 + O2), com 38 cm de espessura total. De coloração preto (10YR 2/1), tanto para amostra úmida, quanto para amostra seca, apresenta 278,7 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico e densidade do solo de 0,50 g cm<sup>-3</sup> em O1 e 272,2 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico e uma densidade do solo de 0,52 g cm<sup>-3</sup>.

Tabela 25 – Resultado das análises físicas do Perfil P13 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico

Horizontes	Composição Granulométrica			Argila dispersa água	GF	Relação Silte/Argila	DS
	Prof.	Areia	Silte	Argila			
Símbolo	cm	g kg <sup>-1</sup>			%		g cm <sup>-3</sup>
O1	0-10	38	844	118	-	7,15	0,49
O2	-38	58	834	108	-	7,72	0,52

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

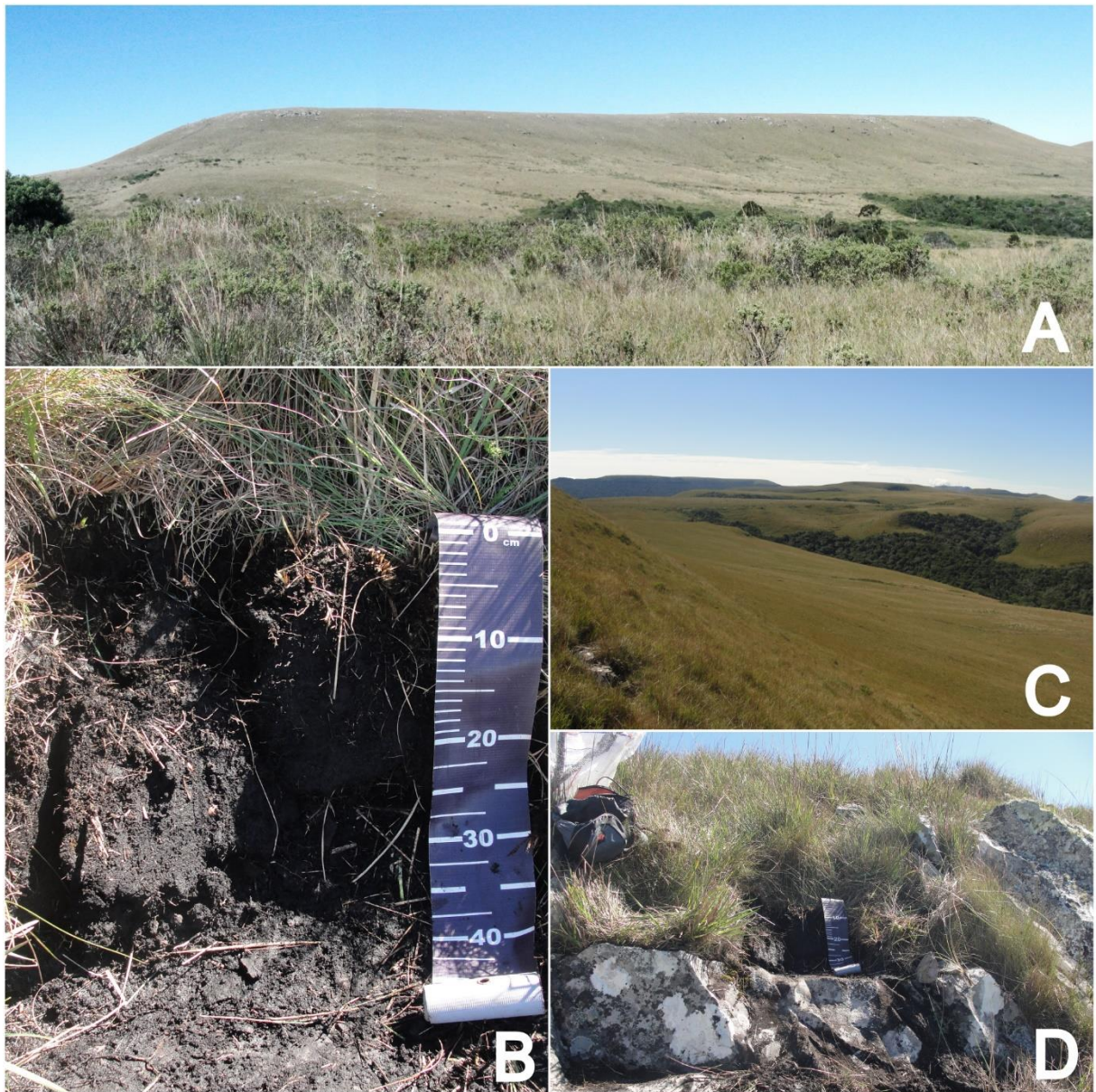
Tabela 26 – Análises químicas do Perfil P13 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico

Hor.	pH (1:2,5)		$\Delta$ pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S
	Água	KCl						
O1	5	4,1	-0,9	0,5	1,7	0,54	0,12	2,9
O2	4,6	4,1	-0,5	0,3	1,7	0,73	0,13	2,9
Hor.	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	P assi.	C <sub>org.</sub>	N
	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>			%		mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
O1	5,6	24,1	32,6	9	66	6	278,7	18,2
O2	4	63,5	70,4	4	58	6	272,2	21,9
.....Ataque sulfúrico - horizonte O2 (g kg <sup>-1</sup> ).....						Rel. moleculares		
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
64	57	21	3,3	3,4	0,1	1,91	1,54	4,26

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



Figura 15 – A) Morro do Baú; B) Perfil P-13 - ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico; C) Paisagem local e D) Posição do perfil



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.14 Síntese das principais características gerais dos solos

Os solos analisados apresentam horizontes superficiais de coloração escura, a maioria são pretos, baixa densidade, variando de 0,44 a 0,83 kg dm<sup>-3</sup> e teor de C<sub>org</sub>, de 28,2 a 278,7 g kg<sup>-1</sup>, grande parte deles com teores relativamente altos.

Os horizontes subsuperficiais desses solos são predominantemente argilosos, com alto grau de floculação (100%), de coloração essencialmente brunada e Ki baixo, variando entre 1,50 a 1,95.

São solos rasos a pouco profundos, ácidos, de baixa fertilidade, quimicamente pobres, com pH<sub>água</sub> entre 3,7 e 5,3, com predominância de cargas negativas ( $\Delta$ pH negativo), baixos teores de bases trocáveis, baixa saturação por bases, baixa CTC e alta saturação por alumínio.

Referem-se a Cambissolos Hísticos, Cambissolos Húmicos e Organossolos Fólicos formados sobre riodacito, basalto e andesito/basalto da porção leste da Formação Serra Geral.

Essas características se assemelham com solos de outras áreas montanas e altomontanas no Brasil descritos por Volkoff; Cerri; Melfi (1984); Roderjan (1994); Falkenberg; Voltolini (1995); Mocochinski (2006); Vashchenko et al. (2007); Benites et al. (2007) e Scheer; Curcio; Roderjan (2011), sendo compatíveis com uma mineralogia mais caulinitica que se confirmou e está apresentada a seguir.

## 4.2 MINERALOGIA DOS SOLOS E PEDOGÊNESE

A mineralogia da fração argila, analisada pela difração de raios-X de todos os solos foi relativamente similar, apresentando minerais filossilicatados do tipo 2:1 com polímeros hidróxi-Al entrecamadas (HE), caulinita, gibbsita e quartzo em sua composição. A composição mineralógica é similar à dos solos estudados por Dümig et al. (2008) em São Francisco de Paula, RS, todos desenvolvidos sobre riodacitos.

As amostras saturadas com K e Mg de P1(A1), P1(Bi), P2(Bi1), P5(A1), P5(2Bi), P7(A), P7(2Bi), P8(A), P8(Bi), P9(A), P9(2Bi), P10(2Bi) e P11(Cr), apresentaram reflexos intensos, porém largos e assimétricos, em torno de 0,72 e 0,36 nm, indicando provavelmente caulinita, seguido de reflexos próximos a 1,4 nm, que não expandiram com o tratamento com Mg + etileno glicol e tampouco sofreram contração completa a 1,0 nm com o tratamento térmico com K a 550°C, configurando um “ombro” ou “saia” desta posição em direção a ângulos 2 $\theta$  mais baixos. Esta feição no reflexo indica ter havido colapso apenas parcial das camadas, devido à presença de expressivas quantidades de polímeros de hidróxi-Al presentes no espaço entrecamadas. Os reflexos com baixa intensidade em 0,48 e 0,43 nm são indicativos



de pequenas quantidades de gibbsita; quartzo também foi indentificado pelos reflexos em 0,33 e 0,42 nm.

De acordo com Resende et al. (2005), quanto mais largo os reflexos do difratograma, menor o tamanho do cristal ou pior o grau de cristalinidade.

Os difratogramas do horizonte 2Bi do perfil P5 (CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico) são utilizados como exemplo da mineralogia deste grupo de solos (Figura 16).

As demais amostras, P2(A), P3(A), P3(Bi1), P4(O1), P4(Cr/R), P6(A), P6(Bi), P10(O1), P11(O1), P12(A), P12(Cr/R), P13(O1) e P13(O2) apresentaram reflexos em 1,4 nm mais proeminentes, indicando uma maior expressão de minerais 2:1 HE em relação aos demais horizontes e solos. As proporções relativas entre os minerais 2:1 HE, caulinita e gibbsita estão indicadas na Tabela 27.

No horizonte 2Bi1 do perfil P7 (CAMBISSOLO HÚMICO Distroférico típico) (Figura 17), observou-se deslocamento do reflexo da posição em torno de 1,4 nm no tratamento com Mg para 1,7 nm após impregnação com etileno glicol, indicando que o filossilicato de camada 2:1 é do grupo das esmectitas. Comportamento semelhante foi observado no horizonte Cr/R do perfil P4, onde o tratamento com etileno glicol promoveu a formação de um “patamar” desde a posição de 1,4 nm em direção aos ângulos mais baixos (Figura 18). Entretanto, contração incompleta das camadas nos tratamentos de aquecimento, indicam tratar-se de esmectitas com polímeros de hidroxí-Al entrecamadas (EHE).

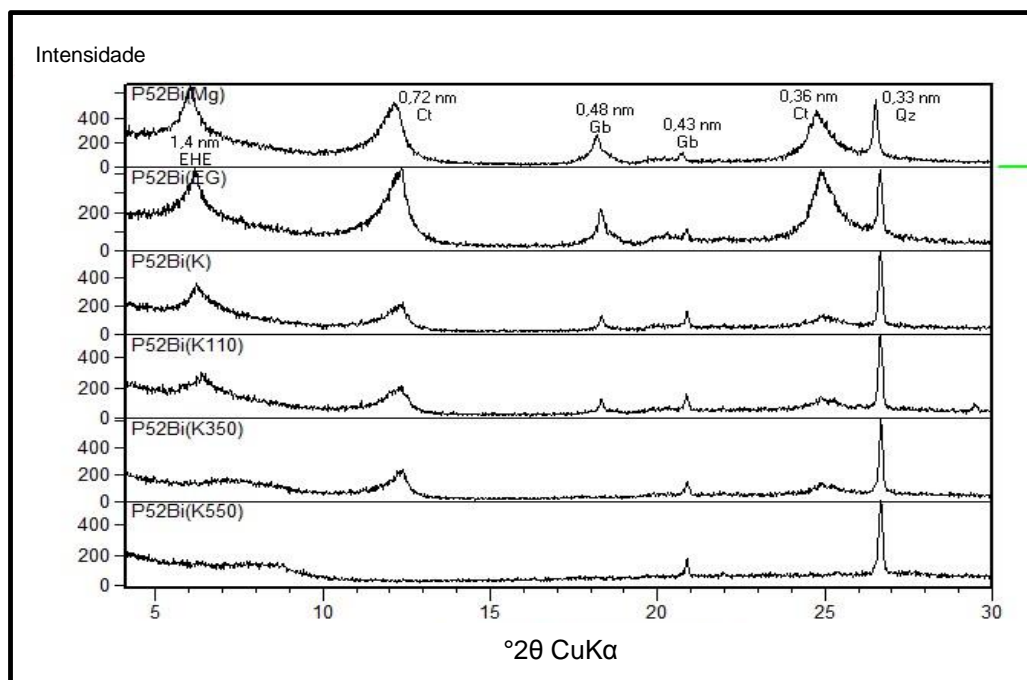
Os aluminossilicatos tendem à instabilidade em ambiente ácido, liberando grande quantidade alumínio no sistema, que pode formar hidróxidos entre as camadas dos minerais 2:1, dando maior resistência à esses minerais (RESENDE et al., 2005). De acordo com Kämpf; Schneider; Melo (1995), as esmectitas, nos solos, geralmente saturadas por Ca e Mg, liberam alumínio da estrutura com a acidificação do meio, formando polímeros de Al-OH que precipitam nas entrecamadas e originam as esmectitas com hidroxí-Al entrecamadas.

Considerando que todos os perfis estudados apresentam praticamente os mesmos componentes minerais, é plausível supor que os minerais de camada 2:1 presentes nos solos sejam também EHE.

As maiores proporções relativas de gibbsita foram observadas nos horizontes Cr/R do perfil P4 e Cr do perfil P11 (Tabela 27). Esta é uma situação frequente em saprólitos e fragmentos de rochas semi-intemperizadas presentes na massa desses

solos na região estudada, já tendo sido constatada por; Kämpf; Schwertmann (1995), os quais sugerem que no ambiente úmido e fortemente lixiviante atual, as perdas de sílica e bases podem ser muito intensas, favorecendo processos parciais de alitização nesses materiais e camadas, devido ao menor efeito antigibbsítico decorrente das baixas quantidades de matéria orgânica nesses locais. Resultados semelhantes também são relatados por Graham et al. (1989); Nahon (1991) e Norfleet et al. (1993).

Figura 16 – Difratogramas de raios-X de minerais presentes na fração argila (amostras orientadas e desferrificadas) do horizonte 2Bi do perfil P5 (CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico) tratadas com magnésio (Mg), magnésio + etileno glicol (EG), e com potássio e aquecidas a 25, 110, 350 e 550°C (K, K110, K350 e K550). EHE: esmetita com hidróxi-Al entrecamadas; Ct: caulinita; Gb: Gibbsita; Qz: quartzo.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Para Volkoff; Cerri; Melfi (1984), nas condições climáticas dos campos de altitude, a temperatura suficientemente baixa impede a mineralização rápida das substâncias húmicas de pequena massa molecular do solo, as quais têm forte poder ácido e de complexação de metais. Sua presença pode assim favorecer a dissolução parcial de caulinita e gibbsita, liberando alumínio que acaba saturando cada vez mais o composto orgânico, tornando-o cada vez mais estável e resistente à decomposição. Dessa forma o alumínio não é exportado para fora do perfil, mas poderia, em parte, precipitar “in situ” para dar origem a uma gibbsita secundária.

Os plagioclásios, em um ambiente com pluviosidade elevada e intensa drenagem, que favoreça a saída do silício do sistema solo, juntamente com as bases, pode se transformar diretamente em gibbsita, porém, se a quantidade de sílica for muito grande ou sua saída for retardada, parte desta se mantém combinada com o alumínio, favorecendo o aparecimento de uma fase amorfa + caulinita que se mantém até a eliminação total do silício, podendo se formar cristais de hidróxido de alumínio (DELVIGNE, 1965; CLEMENTE, 1988; TRUFFI; CLEMENTE, 2002).

Comparando-se a proporção relativa dos minerais da fração argila dos Cambissolos Húmicos (P1, P5 e P7) com os Organossolos Fólicos e Cambissolos Hísticos, constata-se que nos horizontes de constituição orgânica (O) dos últimos, as áreas dos reflexos na posição em torno de 1,4 nm são sempre superiores às áreas dos reflexos em 0,72 nm, geralmente atribuídas à caulinita, indicando um incremento dos minerais de camada 2:1HE em direção à superfície, sendo essa feição mais notável nos horizontes de constituição orgânica dos perfis P-04, P-11 e P-12 (Tabela 27). Isso sugere que os maiores conteúdos de matéria orgânica, associado à maior presença de compostos orgânicos com características ácidas e complexantes, favorecem a dissolução seletiva da caulinita nos horizontes mais superficiais, induzindo a acumulação relativa dos minerais de camada 2:1HE. Esta interpretação é coerente com resultados de Karathanasis; Hajek (1983), os quais, através de estudos termodinâmicos, constataram que as EHE podem ser mais estáveis do que a caulinita em ambientes fortemente ácidos.

Os reflexos da caulinita em todas as amostras são largos e assimétricos, ocorrendo pequenas variações entre as amostras, o que pode indicar diferenças nas dimensões dos cristais, desordem no empilhamento das camadas e/ou a presença de interestratificação de camadas 2:1 nos cristais da caulinita, podendo se tratar de interestratificados caulinita-esmectita (Ct-Em) (BORTOLUZZI; PERNES; TESSIER, 2007 e MELO; WYPYCH, 2009).

A largura a meia altura do reflexo, na posição da caulinita (LMA Ct) variou de 0,25 a 1,68 °2 $\theta$ , com uma média de 0,90 °2 $\theta$  e seu espaçamento  $d_{001}$  variou de 0,7108 a 0,7301 nm. Esses resultados se assemelham com os apresentados por SANTOS (2015), estudando solos na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul, bem como os de TESTONI (2015) em solos derivados de basalto dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Estes autores sugerem que esses valores tão altos e incomuns de LMA para caulinitas, juntamente com a forte assimetria dos reflexos em torno de

0,72 e 0,36 nm, podem ser indicativos da presença de interestratificados Ct-Em em conjunto com a caulinita.

Tabela 27 – Proporções relativas de mineral tipo 2:1 HE, caulinita e gibbsita, largura a meia altura da caulinita (LMA Ct) e espaçamento entrecamada da caulinita ( $d_{001}$  Ct) na fração argila em solos sobre a Formação Serra Geral no sul do Brasil

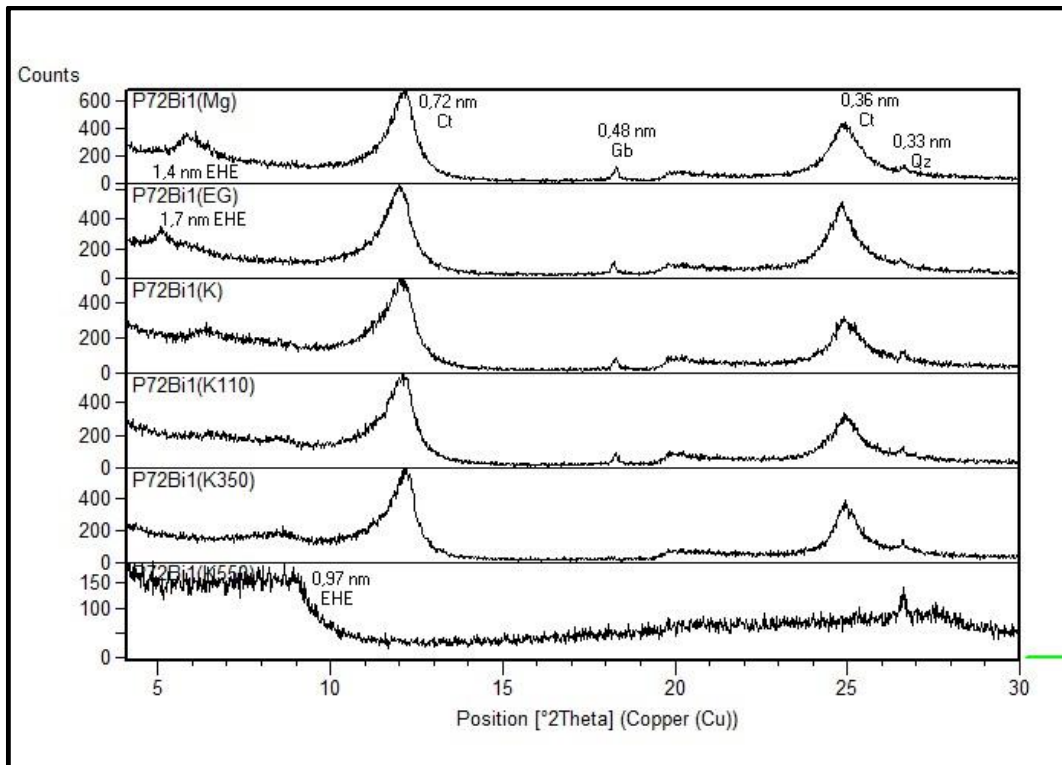
Perfil	Horizonte	2:1 HE	Caulinita	Gibbsita	LMA Ct	$d_{001}$ Ct
		%	%	%	°2 $\theta$	nm
P-01	A1	23	73	4	0,88	0,7184
	Bi	20	77	3	0,90	0,7301
P-02	A	52	35	13	0,86	0,7184
	Bi1	43	47	10	0,83	0,7184
P-03	A	50	36	14	0,78	0,7184
	Bi1	53	35	12	0,78	0,7108
P-04	O1	57	28	15	0,92	0,7184
	Cr/R	36	29	35	1,21	0,7146
P-05	A1	35	49	16	0,96	0,7146
	2Bi	38	48	14	0,75	0,7286
P-06	A	46	43	11	0,74	0,7208
	Bi	55	33	12	0,72	0,7132
P-07	A	16	81	3	0,84	0,7286
	2Bi	19	79	2	0,88	0,7247
P-08	A	43	50	7	0,94	0,7206
	Bi1	32	60	8	1,05	0,7358
P-09	A	44	49	7	1,00	0,7256
	2Bi	39	54	7	0,91	0,7230
P-10	O1	51	45	4	1,68	0,7256
	2Bi	46	50	4	1,92	0,7230
P-11	O1	86	14	0	0,71	0,7132
	Cr	32	36	32	1,13	0,7181
P-12	A	56	22	22	0,89	0,7206
	Cr/R	50	27	23	0,68	0,7132
P-13	O1	79	7	14	0,25	0,7108
	O2	55	45	0	0,33	0,7181

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A presença de haloisita desidratada, ou haloisita 0,7 nm, também foi uma hipótese considerada, uma vez que apresenta reflexos em posições próximo às da caulinita, tornando difícil uma identificação precisa por DRX. Palmieri (1986) identificou a presença de haloisita 0,7 nm em Cambissolos Húmicos, derivados de rochas vulcânicas, nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul; Ghani (1996), observou, por microscopia eletrônica, haloisita tubular em solos altomontano

desenvolvidos de riolito na Serra do Mar no estado do Paraná e Kämpf (1981) identificou haloisitas em saprólitos de rochas vulcânicas no estado do Rio Grande do Sul.

Figura 17 - Difrátogramas de raios-X de minerais presentes na fração argila (amostras orientadas e desferrificadas) do horizonte 2Bi1 do perfil P7 (CAMBISSOLO HÚMICO Distroférico típico) tratadas com magnésio (Mg), magnésio + etileno glicol (EG), e com potássio e aquecidas a 25, 110, 350 e 550°C (K, K110, K350 e K550). EHE: esmectita com hidróxi-Al entrecamadas; Ct: caulinita; Gb: Gibbsita; Qz: quartzo.

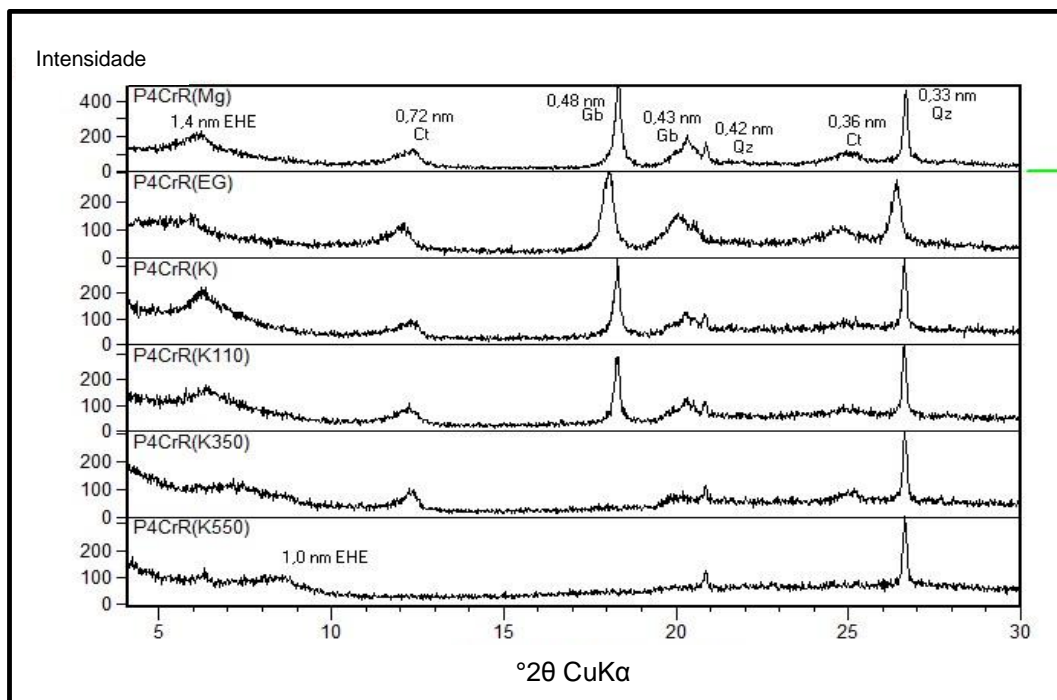


Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Entretanto, a impregnação das amostras com formamida, conforme Churchman et al., (1984) e Bortoluzzi; Pernes; Tessier (2007), promove a expansão dos reflexos da haloisita 0,7 nm para valores em torno de 1,0 nm, mantendo os reflexos da caulinita na posição original.

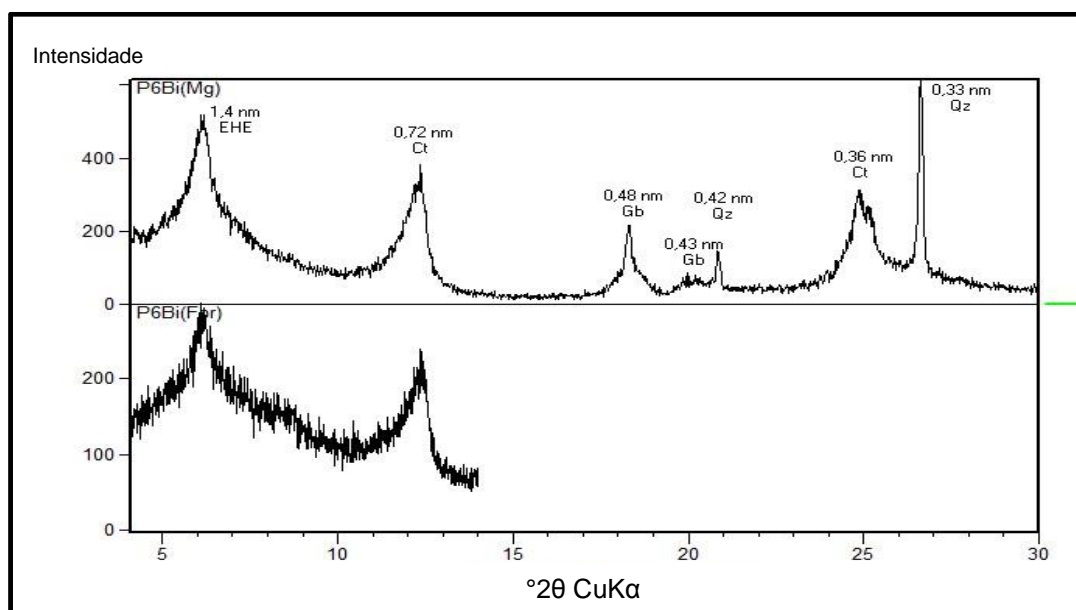
Todas as amostras foram tratadas com formamida e nenhuma apresentou qualquer alteração na posição dos reflexos, conforme é exemplificado para o horizonte Bi do perfil P-06 (CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico) (Figura 19).

Figura 18 - Difrátogramas de raios-X de minerais presentes na fração argila (amostras orientadas e desferrificadas) do horizonte Cr/R do perfil P4 (ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico) tratadas com magnésio (Mg), magnésio + etileno glicol (EG), e com potássio e aquecidas a 25, 110, 350 e 550°C (K, K110, K350 e K550). EHE: esmectita com hidróxi-Al entrecamadas; Ct: caulinita; Gb: Gibbsita; Qz: quartzo.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 19 - Difrátogramas de raios-X de minerais presentes na fração argila (amostras orientadas e desferrificadas) do horizonte Bi do perfil P6 (CAMBISSOLO HÍSTICO (Alítico) Distrófico típico) tratadas com magnésio (Mg) e formamida (For). EHE: esmectita com hidróxi-Al entrecamadas; Ct: caulinita; Gb: Gibbsita; Qz: quartzo.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 4.3 PROPRIEDADES ÂNDICAS

#### 4.3.1 Dissoluções seletivas de Al, Fe e Si

As dissoluções seletivas de Al, Fe e Si, utilizando oxalato ácido de amônio, pirofosfato de sódio e ditionito-citrato-bicarbonato são comumente realizadas em caracterizações de solos com propriedades ândicas. Em síntese, os elementos extraídos pelos três extratores estariam relacionados, respectivamente, às formas de baixo ordenamento estrutural, às formas ligadas à compostos orgânicos e a formas “livres” no solo, geralmente associadas aos óxidos, hidróxidos ou oxidróxidos. Porém, além das formas preferenciais citadas, cada extrator pode dissolver também elementos associados a outras formas, que somadas no seu resultado, podem levar a interpretações equivocadas, por isso o uso desses resultados necessita de cautela (MCKEAGUE, 1967; MCKEAGUE; BRYDON; MILNES, 1971; PARFITT; HENMI, 1982; SHOJI; FUJIWARA, 1984; WADA, 1989; DALHGREN; SAIGUSA, 1994; KAISER; ZECH, 1996; GARCÍA-RODEJA et al., 2004; COELHO et al., 2010; VENDRAME et al., 2011).

Os resultados das extrações seletivas podem ser observados na Tabela 28.  $Al_o$ ,  $Al_p$  e  $Al_d$  podem ser melhor observados no gráfico da Figura 20 e  $Fe_o$ ,  $Fe_p$  e  $Fe_d$  no gráfico da Figura 21.

A maioria das amostras apresentou valores muito baixos de Si com todos os extratores, sendo que  $Si_d$  apresentou valores abaixo do limite de detecção do equipamento para a maioria das amostras. Na comparação para um mesmo horizonte dos diferentes solos, o  $Si_o$  e o  $Si_p$  apresentaram valores baixos e muito próximos entre si, diferentemente dos resultados de Dümig et al (2008), que obtiveram valores baixos para  $Si_o$  e  $Si_d$ , porém os valores de  $Si_p$  foram superiores aos encontrados neste trabalho, levando os autores a assumirem que este Si é resultado de intemperismo e estaria ligado à compostos orgânicos.

Os baixos valores de  $Si_o$  e  $Si_d$  confirmam a ausência de imogolita e alofanos, da mesma forma que os altos valores de  $Al_p$  demonstram que esse elemento ocorre complexado com compostos orgânicos nos solos estudados, mas pode incluir também parte da gibbsita eventualmente dissolvida por esse extrator. Porém os valores de  $Fe_p$ , relativamente elevados, na mesma ordem que o  $Al_p$ , não pode ser associado a formas ligadas a compostos orgânicos, revelando que outras formas de Fe podem estar

associadas a essa dissolução. Resultados, estes, que evidenciam a origem similar dos solos deste estudo com os solos investigados por Dümig et al (2008).

Os valores de Al e Fe extraídos com ditionito-citrato-bicarbonado foram, na maioria das amostras, muito superiores aos valores de Al e Fe extraídos com pirofosfato de sódio e oxalato ácido de amônio.

Tabela 28 - Extração seletiva de Al, Fe e Si de horizontes superficiais de solos desenvolvidos sobre rochas da Formação Serra Geral no sul do Brasil

Perfil	Hor.	Al <sub>o</sub>	Fe <sub>o</sub>	Si <sub>o</sub>	Al <sub>p</sub>	Fe <sub>p</sub>	Si <sub>p</sub>	Al <sub>d</sub>	Fe <sub>d</sub>	Si <sub>d</sub>	Al <sub>p</sub> /Al <sub>o</sub>	Al <sub>p</sub> /Al <sub>d</sub>	Fe <sub>p</sub> /Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>
%														
P1	A1	0,46	0,40	0,08	0,63	1,12	0,09	1,87	6,13	-	1,36	0,34	2,77	0,07
	A2	0,50	0,51	0,07	0,90	1,76	0,12	3,14	9,13	-	1,80	0,29	3,49	0,06
P2	O	1,29	1,44	0,06	4,85	6,04	-	3,33	6,54	-	3,77	1,46	4,18	0,22
	A	1,28	1,47	0,09	2,18	3,01	0,05	3,49	6,19	-	1,71	0,63	2,05	0,24
P3	O	1,32	2,60	0,07	2,31	4,33	0,10	3,69	8,25	-	1,75	0,63	1,67	0,32
	OA	1,50	2,11	0,03	2,30	3,69	0,03	5,07	10,20	-	1,53	0,45	1,75	0,21
	A	1,26	1,54	0,06	1,86	3,66	0,09	2,78	7,01	-	1,48	0,67	2,37	0,22
P4	O1	1,65	1,44	-	1,60	1,15	0,10	4,94	8,06	0,10	0,97	0,32	0,80	0,18
	O2	1,65	1,39	0,02	1,72	1,20	0,10	3,98	5,64	-	1,04	0,43	0,87	0,25
P5	A1	1,02	0,88	0,14	1,58	2,06	0,10	2,67	5,98	-	1,56	0,59	2,33	0,15
	A2	1,02	1,02	0,09	1,92	2,70	0,09	2,70	5,87	-	1,87	0,71	2,65	0,17
P6	O1	1,43	2,13	0,12	2,05	2,77	0,02	2,83	6,20	-	1,43	0,72	1,30	0,34
	O2	1,83	2,87	0,06	1,64	2,02	0,07	3,20	5,69	-	0,90	0,51	0,70	0,50
	OA	2,00	2,40	0,01	2,58	2,47	-	3,71	6,99	-	1,29	0,70	1,03	0,34
	A	1,73	2,15	0,05	2,89	3,96	-	4,23	8,87	-	1,67	0,68	1,85	0,24
P7	O	0,84	1,00	0,05	1,23	2,38	-	4,10	15,00	-	1,48	0,30	2,38	0,07
	A	0,74	0,66	0,04	0,85	1,97	-	5,35	21,35	-	1,14	0,16	2,96	0,03
P8	O1	1,47	1,97	0,12	1,61	2,08	0,10	3,98	11,58	0,08	1,10	0,40	1,05	0,17
	O2	1,84	1,91	0,08	2,19	3,38	0,08	4,72	11,79	-	1,19	0,47	1,77	0,16
	A	1,42	1,21	0,06	1,94	2,92	0,08	4,59	11,43	-	1,36	0,42	2,40	0,11
P9	O1	1,97	1,35	-	3,02	1,94	0,03	2,52	1,62	-	1,54	1,20	1,44	0,83
	O2	2,72	2,09	0,03	2,20	1,08	0,01	5,49	4,60	-	0,81	0,40	0,52	0,45
	A	2,23	1,46	0,04	2,30	1,82	0,08	5,39	7,20	-	1,03	0,43	1,25	0,20
P10	O1	1,93	0,77	0,00	1,34	0,91	0,03	1,68	2,35	0,39	0,70	0,80	1,18	0,33
	O2	1,46	1,79	0,01	2,30	1,45	0,07	2,42	7,14	-	1,57	0,95	0,81	0,25
P11	O1	1,33	1,42	0,01	2,36	1,52	0,12	2,39	3,03	0,20	1,77	0,99	1,07	0,47
	O2	2,48	3,39	0,02	3,28	2,84	-	5,21	8,13	0,06	1,32	0,63	0,84	0,42
	O3	3,91	2,97	0,56	7,15	4,30	-	7,07	6,43	0,06	1,83	1,01	1,45	0,46
P12	O1	1,83	1,60	0,27	2,59	2,47	0,04	3,92	7,96	-	1,41	0,66	1,55	0,20
	O2	1,92	2,75	0,04	3,38	4,97	0,06	5,04	10,68	-	1,76	0,67	1,81	0,26
	A	1,93	2,70	0,03	4,24	4,47	-	4,21	11,77	-	2,20	1,01	1,65	0,23
P13	O1	2,14	0,90	-	3,22	0,97	0,06	2,29	2,00	0,11	1,50	1,41	1,08	0,45
	O2	2,70	1,11	-	2,57	0,99	0,08	3,16	2,27	0,08	0,95	0,81	0,90	0,49

Al<sub>o</sub>, Fe<sub>o</sub> e Si<sub>o</sub> - Extração com oxalato ácido de amônio

Al<sub>p</sub>, Fe<sub>p</sub> e Si<sub>p</sub> - Extração com pirofosfato de sódio

Al<sub>d</sub>, Fe<sub>d</sub>, Si<sub>d</sub> - Extração com ditionito-citrato-bicarbonato (DCB)

(-) abaixo do limite de detecção

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



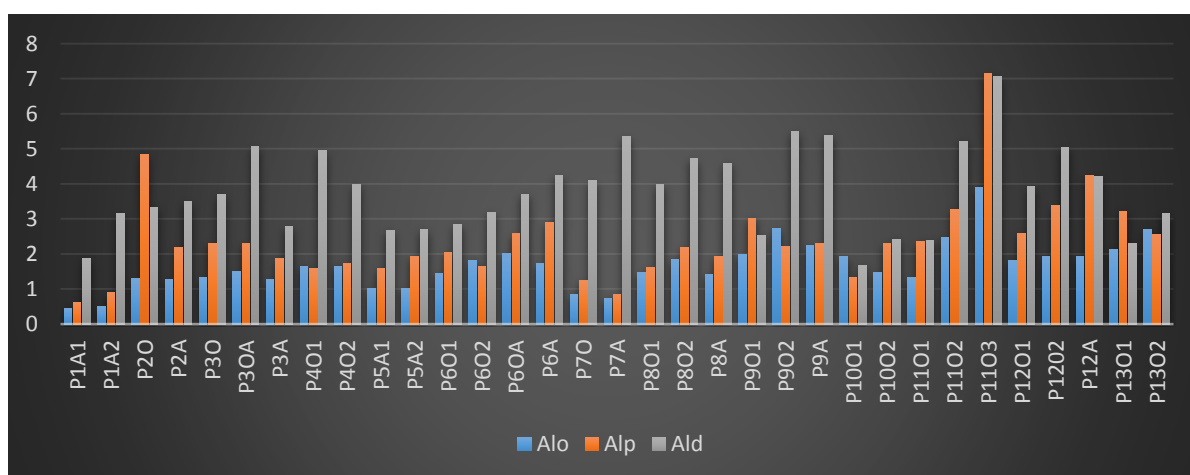
A tendência foi  $Al_o < Al_p < Al_d$  e  $Fe_o < Fe_p < Fe_d$ .

Entretanto diferenças substanciais nos resultados dos dois estudos devem ser consideradas. Dümig et al. (2008) consideraram altas as relações  $Fep/Feo$  entre 0,9 e 1,6 obtidas para os solos de São Francisco de Paula. Entretanto, esses valores podem ser considerados baixos quando comparados com os resultados deste trabalho, onde essa relação variou entre 0,52 e 4,18.

Considerando a ausência de alofanos e imogolita, indicada pelos baixos valores de  $Si_o$  e  $Si_d$ , considerou-se que os valores de  $Al_o$  (0,46 – 3,91 %) são resultado de formas ligadas, basicamente, a compostos orgânicos, corroborando os resultados de Shoji et al. (1985) em solos ândicos não-alofânicos no Japão, também relacionado em Dümig et al. (2008).

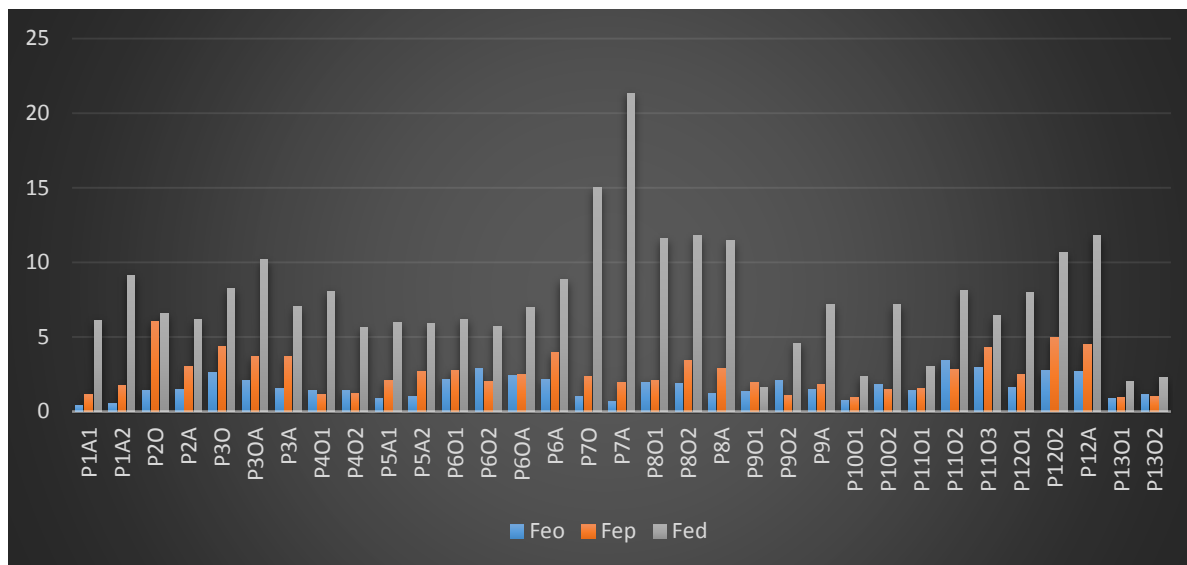
Os teores de  $Al_d$  foram elevados, variando entre 1,68 – 7,07 %. Tokashiki; Wada (1975) sugerem que quantidades consideráveis de  $Al_d$  em solos ândicos não alofânicos está relacionada com a grande quantidade desse elemento no sistema, tanto ligado à compostos orgânicos, em formas “livre” e/ou associados à óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos, sendo o componente essencial que estabiliza a matéria orgânica contra a degradação e a lixiviação bióticas é o alumínio (TOKASHIKI; WADA, 1975).

Figura 20 - Extração seletiva de  $Al_o$ ,  $Al_p$  e  $Al_d$  (%) de horizontes superficiais de solos desenvolvidos sobre litologias da Formação Serra Geral no sul do Brasil



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 21 - Extração seletiva de  $Fe_o$ ,  $Fe_p$  e  $Fe_d$  (%) de horizontes superficiais de solos desenvolvidos sobre litologias da Formação Serra Geral no sul do Brasil



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.3.2 Critérios diagnósticos para solos com propriedades ândicas

Os critérios requeridos para propriedades ândicas, segundo WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015) são:

- Valor de  $Al_o + 1/2Fe_o \geq 2 \%$ ; e
- Densidade aparente  $\leq 0,9 \text{ kg.dm}^{-3}$ ; e
- Retenção de fosfato  $\geq 85 \%$ .

Em *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2014) os critérios são os mesmos para solos não originários de materiais piroclásticos, porém, não se enquadram nesse caso, solos com mais de 25 % de carbono orgânico.

Com base nesses critérios, a maioria dos solos estudados apresentaram propriedades ândicas em seus horizontes superficiais, conforme mostram os resultados da Tabela 29.

De acordo com os critérios da WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015), pode-se definir a natureza das propriedades ândicas com base nos seguintes critérios, definido por Poulenard; Herbillon (2000):

- Silândica =  $Si_o \geq 0,6 \%$  ou  $Al_p / Al_o < 0,5$  (predomínio de alofana, imogolita e minerais semelhantes);

b) Aluândica =  $Si_o < 0,6 \%$  e  $Al_p / Al_o \geq 0,5$  (predomínio de Al complexado por ácidos orgânicos) e

c) Alusilândica =  $Si_o \geq 0,6 \%$  e  $< 0,9 \%$  e  $Al_p / Al_o \geq 0,3$  e  $< 0,5$  (condição transicional considerada um caso especial de propriedade silândica).

Todos os horizontes com propriedades ândicas foram classificados como aluândicos, confirmando assim o predomínio de Al associado a complexos orgânicos nesses solos. Outras características relacionadas aos solos aluândicos são pH em água  $< 4,5$  e matéria orgânica (MO)  $\geq 5$ . Essas características são consideradas acessórias por WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015). Esses dados podem ser verificados na Tabela 30.

A maioria das amostras com propriedades ândicas apresentou pH em água  $> 4,5$ , algumas chegaram a valores  $> 5$ , mas considerando que a formação e manutenção de alofanos ocorre em  $pH_{\text{água}} > 4,9$  (Shoji; Fujiwara, 1984), esse ambiente não favorece essa formação e manutenção de alofanos e sim favorece a formação de complexos organometálicos.

Aran; Gury; Jeanroy (2001), encontraram Andossolo não-alofânico nas montanhas Vosgues, nordeste da França, sobre rochas vulcânicas antigas, com grande acúmulo de matéria orgânica, Al complexado com compostos orgânicos e pH baixo. Consideraram as razões  $Al_p / Al_o$  e  $Fe_p / Fe_o > 0,8$  relativamente altas, sugerindo que o Al e Fe ativos estavam em grande parte complexados com compostos orgânicos. No presente trabalho essas razões foram ainda mais altas, com valores para a razão  $Al_p / Al_o$  entre 0,81 – 3,77 (com a exceção da amostra P-10 O1 que apresentou um valor de 0,70) e valores entre 0,52 – 3,49 para a razão  $Fe_p / Fe_o$ .

Nos Andossolos alofânicos, as principais formas de Al e Fe ativos são alofanos, imogolita e ferrihidrita. Já nos não-alofânicos, eles consistem em grande parte de Al e Fe complexados com húmus, que podem ser preferencialmente dissolvidos pelo pirofosfato de sódio. Portanto, a razão  $Al_p / Al_o$  é frequentemente usada para identificação desses solos (DÜMIG et al., 2008). Segundo os critérios de Nanzoy; Dahlgren; Shoji (1993), esta razão deve situar-se entre 0,1 - 0,4 para os Andossolos alofânicos e entre 0,8 - 1,0 para os Andossolos não-alofânicos. Todos os solos com propriedades ândicas do presente trabalho apresentaram razões  $Al_p / Al_o$  superiores a 0,8, sendo a maioria superiores a 1,0 (Tabela 30).

Tabela 29 - Critérios diagnósticos para propriedades ândicas em solos sobre a Formação Serra Geral no sul do Brasil

Perfil	Hor.	$Al_o + \frac{1}{2} Fe_o$	$D_s \leq 0,9$	Ret. de P	$C_{org}$	WRB/FAO	Soil Taxonomy
		$\geq 2$		$\geq 85$	$< 25$		
		%	kg dm <sup>-3</sup>	%	%		
P1	A1	0,67	0,75	48,49	5,67	-	-
	A2	0,76	0,83	54,04	4,23	-	-
P2	O	2,01	0,49	93,02	8,95	a	a
	A	2,01	0,75	92,67	5,38	a	a
P3	O	2,62	0,52	93,40	9,66	a	a
	OA	2,56	0,61	95,45	5,45	a	a
	A	2,03	0,80	89,51	2,82	a	a
P4	O1	2,38	0,44	95,39	17,94	a	a
	O2	2,34	0,54	93,89	11,84	a	a
P5	A1	1,46	0,77	78,64	5,89	p	-
	A2	1,53	0,79	86,66	4,68	p	-
P6	O1	2,50	0,49	95,54	11,83	a	a
	O2	3,27	0,60	98,52	12,31	a	a
	OA	3,20	0,72	97,74	6,25	a	a
	A	2,80	0,80	98,26	4,85	a	a
P7	O	1,34	0,52	81,39	8,12	-	-
	A	1,07	0,66	79,90	3,96	-	-
P8	O1	2,45	0,63	91,61	12,14	a	a
	O2	2,80	0,69	97,27	10,58	a	a
	A	2,03	0,78	91,32	3,88	a	a
P9	O1	2,64	0,63	95,96	25,97	a	-
	O2	3,76	0,69	98,86	20,66	a	a
	A	2,96	0,80	98,49	6,14	a	a
P10	O1	2,31	0,55	94,67	27,43	a	-
	O2	2,35	0,62	94,45	11,11	a	a
P11	O1	2,04	0,51	89,98	22,23	a	a
	O2	4,17	0,55	98,94	12,4	a	a
	O3	5,39	0,59	99,15	10,3	a	a
P12	O1	2,63	0,50	96,64	9,85	a	a
	O2	3,29	0,53	97,53	9,61	a	a
	A	3,28	0,58	98,26	5,12	a	a
P13	O1	2,59	0,50	97,98	27,87	a	-
	O2	3,25	0,52	98,65	27,22	a	-

WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015)

Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 2014)

a – ândico; p – protoândico; - não ândico

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Foram encontradas correlações significativas ( $\alpha = 0,01$ ;  $n = 32$ ) entre a retenção de fosfato e  $Al_o$  ( $r = 0,70$ ),  $Al_p$  ( $r = 0,51$ ),  $Fe_o$  ( $r = 0,62$ ) e entre o  $C_{org}$  e  $Fe_d$  ( $r = 0,62$ ),  $Fe_p$  ( $r = 0,50$ ) e  $Al_o$  ( $r = 0,44$ ), diferentemente dos resultados de Dümig et al., (2008) para solos similares da região estudada, que encontraram correlações mais altas entre a retenção de fosfato e o Al das dissoluções seletivas, na seguinte ordem para o Al:  $Al_o > Al_d > Al_p$  e um pouco mais baixas com o Fe, porém, também significativas ( $Fe_p > Fe_o > Fe_d$ ). Além disso, obtiveram uma correlação entre  $C_{org}$  e  $Al_p$ , associando as interações entre húmus e diferentes formas de Al e Fe ativos a compostos orgânicos fortemente humificados. Essa relação não foi encontrada neste trabalho, o que pode estar associado ao fato ter sido trabalhado com uma população mais homogênea de solos, sendo a maioria deles com conteúdos muito altos de carbono orgânico.

Mizota; Wada (1980), encontraram correlações entre o teor de carbono das amostras e  $Al_d$ , em um aumento curvilíneo que sugere maiores proporções do alumínio envolvido no acúmulo de húmus.

Correlações significativas entre a distância da borda da escarpa e a retenção de fosfato ( $r = -0,92$ ),  $Al_o$  ( $r = -0,28$ ) e  $Fe_o$  ( $r = -0,44$ ), indicam que as propriedades ândicas nos solos estudados ficam limitadas a uma estreita faixa a partir da borda da escarpa da Formação Serra Geral. Não pode ser desconsiderado, entretanto, o efeito da altitude, já que condicionam baixas temperaturas e grande umidade, decorrente da constante nebulosidade e precipitação pluviométrica mais elevada. Indicações neste sentido, são confirmadas quando se consideram os dados obtidos para os perfis P11 e P13, os quais encontram-se relativamente mais distantes da borda da escarpa, porém encontram-se em altitudes acima de 1.600 m.

Falkenberg (2003) e Dümig et al. (2008) alertam sobre o uso dos índices climáticos de estações meteorológicas nas regiões altomontanas do Sul do Brasil, pois as mesmas se encontram a uma grande distância dos locais constantemente cobertos por nebulosidade forte e podem apresentar precipitação pluviométrica maior do que os dados oficiais.

Tabela 30 – Características adicionais em solos ândicos não-alofânicos sobre a Formação Serra Geral no sul do Brasil

Perfil	Hor.	Si <sub>o</sub> < 0,6 %	Al <sub>p</sub> / Al <sub>o</sub> ≥ 0,5	Prop. aluândica	pH água < 4,5	MO ≥ 5 %
P2	O	0,06	3,77	aluândica	4,6	15,4
	A	0,09	1,71	aluândica	4,8	9,3
P3	O	0,07	1,75	aluândica	4,4	16,7
	OA	0,03	1,53	aluândica	4,5	9,4
	A	0,06	1,48	aluândica	4,8	4,9
P4	O1	–	0,97	aluândica	4,4	30,9
	O2	0,02	1,04	aluândica	4,4	20,4
P6	O1	0,12	1,43	aluândica	4,6	20,4
	O2	0,06	0,90	aluândica	4,6	21,2
	OA	0,01	1,29	aluândica	4,6	10,8
	A	0,05	1,67	aluândica	4,6	8,4
P8	O1	0,12	1,10	aluândica	4,8	20,9
	O2	0,08	1,19	aluândica	4,8	18,2
	A	0,06	1,36	aluândica	5,0	6,7
P9	O1	–	1,54	aluândica	4,3	44,8
	O2	0,03	0,81	aluândica	4,4	35,6
	A	0,04	1,03	aluândica	4,7	10,6
P10	O1	0,00	0,70	aluândica	4,4	47,3
	O2	0,01	1,57	aluândica	4,5	19,2
P11	O1	0,01	1,77	aluândica	5,2	38,3
	O2	0,02	1,32	aluândica	5,0	21,4
	O3	0,56	1,83	aluândica	5,1	17,8
P12	O1	0,27	1,41	aluândica	4,8	17,0
	O2	0,04	1,76	aluândica	4,8	16,6
	A	0,03	2,20	aluândica	4,8	8,8
P13	O1	–	1,50	aluândica	5,0	48,0
	O2	–	0,95	aluândica	4,6	46,9

– abaixo do limite de detecção

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS

Os sistemas de classificação de solos, geralmente, seguem uma ordem hierárquica de subdivisão das classes, o que implica na conferência de uma série de critérios e a verificação obrigatória em classes precedentes. Em *Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 2014), a sequência hierárquica até a classe principal dos solos com propriedades ândicas é *Gelisols*, *Histosols*, *Spodosols* e *Andisols*. Já em WRB/FAO

(IUSS WORKING GROUP WRB, 2015), a sequência requerida é *Histosols*, *Anthrosols*, *Technosols*, *Cryosols*, *Leptosols*, *Solonets*, *Vertisols*, *Solonchaks*, *Gleysols* e *Andosols*.

Os critérios exigidos à classe dos *Andosol* da WRB/FAO são:

Outros solos que tem:

1. uma ou mais camadas com propriedades ândicas ou vítricas com uma espessura combinada de:

a.  $\geq 30$  cm dentro de  $\leq 100$  cm da superfície do solo e que começa a  $\leq 25$  cm da superfície do solo; ou

b.  $\geq 60\%$  de toda a espessura do solo, se rocha contínua, material duro técnico ou uma camada cimentada ou endurecida começa entre  $> 25$  e  $\leq 50$  cm da superfície do solo; e

2. não têm horizonte árgico, ferrálico, petroplântico, pisoplântico, plântico ou espódico, a menos que esteja enterrado a mais de 50 cm da superfície do solo mineral.

Para *Soil Taxonomy* é:

Outros solos que tem propriedades ândicas em 60 % ou mais de espessura, em um ou outro:

1. Dentro de 60 cm da superfície do solo mineral ou da parte superior de uma camada orgânica com propriedades ândicas (qual for mais superficial), se não existir um contato dênsico, lítico ou paralítico, duripan ou horizonte petrocálcico dentro dessa profundidade; ou

2. Entre a superfície do solo mineral ou a parte superior de uma camada orgânica com propriedades ândicas (qual for mais superficial), e um contato dênsico, lítico ou paralítico, um duripan ou horizonte petrocálcico.

Os solos deste estudo foram classificados de acordo com esses critérios e uma síntese dos resultados pode ser observada na Tabela 31.

São 8 *Andosol Aluandic*, 2 *Histosols* com propriedades ândicas, 2 *Umbrisols*, sendo P5 protoândico e 1 *Cambisol*, pelo sistema WRB/FAO.

Pela *Soil Taxonomy* são 8 *Andisols*, 1 *Histosol* e 4 *Inceptisols*, sendo o P5 ândico, porém os critérios de ândico para o quarto nível categórico de classificação é equivalente ao qualificador protoândico da WRB/FAO, e P-10 ândico propriamente dito.



Deve-se ressaltar que as metodologias para obtenção dos valores de  $C_{org}$  utilizadas para classificação no SiBCS e na *Soil Taxonomy* são diferentes e não foi feito nenhum ajuste para equipará-las.

O perfil P8, classificado como *Andisol* e *Andosol* é formado sobre andesito/basalto, enquanto os demais solos com propriedades ândicas são desenvolvidos de riodacitos. P7 é derivado de basalto, porém ocorre mais distante da borda da escarpa, em relação ao P8, não atendendo aos critérios para propriedades ândicas em nenhum dos dois sistemas utilizados.

Pelo SiBCS 10 solos apresentaram horizonte Hístico, todos com propriedades ândicas, segundo critério da WRB/FAO e 3 apresentaram horizonte A Húmico, sem propriedades ândicas. Três solos foram classificados, ao nível de subordem, como Cambissolos Húmicos, 5 como Cambissolos Hísticos e 5 como Organossolos Fólicos.

Tabela 31 - Classificação dos solos sobre a Formação Serra Geral no sul do Brasil, segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 2013 (SiBCS), *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014 – Actualización 2015* (WRB/FAO) e *Keys to Soil Taxonomy 2014* (Soil Taxonomy).

Perfil	Sistema	Classificação
P-01	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico <i>Cambic Umbrisol (Clayic, Colluvic)</i> <i>Typic Humudept.</i>
P-02	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico <i>Hyperdystric Aluandic Andosol (Clayic)</i> <i>Alic Hapludand</i>
P-03	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico <i>Hyperdystric Aluandic Andosol (Clayic, Colluvic, Fulvic)</i> <i>Alic Hapludand</i>
P-04	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico <i>Hyperdystric Leptic Aluandic Andosol (Siltic, Fulvic)</i> <i>Lithic Hapludand</i>
P-05	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico <i>Cambic Umbrisol (Protoandic, Clayic, Colluvic)</i> <i>Andic Humudept</i>
P-06	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico <i>Hyperdystric Aluandic Andosol (Clayic, Melanic)</i> <i>Pachic Melanudand</i>
P-07	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	CAMBISSOLO HÚMICO Distroférico típico <i>Hyperdystric Cambisol (Clayic, Colluvic, Humic)</i> <i>Typic Humudept</i>
P-08	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico <i>Hyperdystric Aluandic Andosol (Loamic, Colluvic, Fulvic)</i> <i>Alic Hapludand</i>
P-09	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico <i>Ombric Sapric Folic Histosol (Andic, Hyperdystric, Cambic)</i> <i>Alic Hapludand</i>
P-10	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) léptico <i>Folic Leptic Aluandic Andosol (Hyperdystric, Clayic, Colluvic)</i> <i>Andic Dystrudept</i>
P-11	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico <i>Hyperdystric Folic Aluandic Andosol (Siltic, Fulvic/Melanic)</i> <i>Pachic Melanudand</i>
P-12	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico <i>Hyperdystric Leptic Aluandic Andosol (Siltic, Fulvic)</i> <i>Alic Hapludand</i>
P-13	SiBCS WRB/FAO Soil Taxonomy	ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico <i>Sapric Folic Rockic Histosol (Leptic, Ombric, Andic)</i> <i>Lithic Udifolist</i>

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.5 PROPRIEDADES ÂNDICAS E OUTRAS PROPOSTAS

As diversas pesquisas, já citadas neste trabalho, sobre solos com propriedades ândicas desenvolvidos sobre material não vulcanoclásticos, também chamados de solos ândicos não-alofânicos, deixam claro que há necessidade de uma revisão no conceito central de “solos ândicos”. Essa mudança recai, também, sobre a necessidade de verificação da ocorrência desses solos em lugares antes não considerados, e a inclusão desse atributos nos sistemas de classificação que ainda não o contemplem.

De acordo com Oliveira; Berg (1996), Andossolos são solos formados em depósitos vulcânicos recentes. Não havendo vulcanismo recente no Brasil, tais solos não são contabilizados no “Sistema Brasileiro” de classificação de solos.

Considerando a identificação de solos com propriedades ândicas em São Francisco de Paula, RS por Dümig et al. (2008), seguida do reconhecimento da ocorrência desses solos em território brasileiro na WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2014) e com os resultados apresentados nesse trabalho, ampliando a área de ocorrência conhecida de solos ândicos no Brasil, faz-se necessária a inclusão da definição desse atributo no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos atual.

Os critérios exigidos pelos sistemas de classificação de solos WRB/FAO 2015 e *Soil Taxonomy 2014*, mostraram-se aplicáveis aos solos brasileiros. Porém, algumas diferenças entre eles devem ser consideradas, tais como a exigência do limite do teor de  $C_{org}$  para propriedades ândicas em *Soil Taxonomy*, a qual deve ser inferior a 25% e a definição de material orgânico, em ambos os sistemas ( $\geq 20\%$  de  $C_{org}$ ), as quais impossibilitam equiparar camadas orgânicas naqueles sistemas com o SiBCS, já que este exige para definição de material orgânico que o conteúdo de carbono orgânico deva ser igual ou superior a  $80 \text{ g kg}^{-1}$  na fração TFSA.

A revisão do critério de teor de carbono para definição de material orgânico no SiBCS, equiparando-os com os da *Soil Taxonomy* de 1975 e do Mapa mundial de solos da FAO de 1974 parece inviável, uma vez que foi fruto de decisão baseada em análise de grande número de solos com horizontes com altos conteúdos de matéria orgânica em vários ambientes do Brasil, publicados nos trabalhos de Valladares et al. (2008a, b). Os autores também constataram que a redução do limite de carbono proposto é necessária em função das diferenças entre os métodos de quantificação nos vários sistemas. Além disso, o impacto direto na definição de horizonte Hístico,

e, conseqüentemente, na classe dos Organossolos e Cambissolos Hísticos, geraria uma modificação intensa no SiBCS, o que seria indesejável. Mas é necessário que essas diferenças na definição de material orgânico e a diferença nas metodologias fiquem claras.

A criação do atributo “propriedades ândicas” para as condições dos solos brasileiros, no entanto, parece pertinente, levando em conta a importância e peculiaridades dos solos que se enquadram nessa categoria.

Considerando ainda a ausência de materiais vulcanoclásticos e/ou materiais ricos em vidro vulcânico que propiciem a ocorrência de propriedades siluândicas no Brasil, uma definição direcionada aos solos ândicos aluândicos (ou não-alofânicos), mostra-se pertinente, não havendo a necessidade da exigência dos critérios exigidos em *Soil Taxonomy* para essas outras condições não ocorrentes no Brasil. Já os critérios exigidos pela WRB/FAO, mais generalistas, mostram-se adequados.

Para tanto, os seguintes critérios para um novo atributo denominado “propriedades ândicas”, a ser discutido para futura introdução no SiBCS, são propostos:

Referem-se à presença de horizontes e/ou camadas do solo que atendam na fração terra-fina, os seguintes critérios:

- 1)  $Al_o + \frac{1}{2}Fe_o \geq 2 \%$ ; e
- 2) Densidade do solo  $\leq 0,90 \text{ kg cm}^{-3}$ ; e
- 3) Retenção de fosfato  $\geq 85 \%$ .

Considerando-se o processo de formação das propriedades ândicas, denominado andolização (SHOJI; DAHLGREN; NANZYO, 1993), como o resultado da natureza do ambiente, seria possível justificar a criação de uma nova ordem no SiBCS, denominada Andossolos, embora os efeitos desse processo estejam restritos à horizontes e/ou camadas superficiais. Esta proposta, no entanto, merece reflexão mais profunda e ainda carece de maior número de estudos em solos altomontanos com horizontes orgânicos em outros ambientes brasileiros, com materiais de origem distintos dos aqui estudados.

A combinação dos fatores climáticos em ambientes de altitudes elevadas com a ocorrência das propriedades ândicas parecem estar fortemente relacionadas, criando uma condição de forte estabilização da matéria orgânica, em função da acumulação de complexos organometálicos, propiciando um espessamento de camadas orgânicas na maioria dos solos com essa propriedade nas condições do

estudo apresentado, e isso pode ser uma justificativa acessória para a eventual criação futura de uma nova ordem.

A proposta mais viável tecnicamente, por causar um menor impacto na estrutura do SiBCS, seria a inclusão no quarto nível categórico de subgrupos ândicos, precedentes aos demais, em um primeiro momento, nas classes nas quais já se tenha verificada a ocorrência das propriedades ândicas como a seguir:

- a) Organossolos Fólicos Sápricos ândicos
- b) Cambissolos Hísticos Alumínicos ândicos
- c) Cambissolos Hísticos Alíticos ândicos
- d) Cambissolos Hísticos Distróficos ândicos

O item c), referente ao grande grupo Cambissolo Hístico Alítico, fica aqui como uma proposta de criação, como já discutido nesse trabalho, pois não há a previsão deste dentro da subordem Cambissolo Hístico.

Como critério para todas as classes ândicas propõe-se: solos que apresentam propriedades ândicas em 60% dos primeiros 60 cm do solo, desde sua superfície (ou 36 cm) ou 60% de todo o solo se houver contato lítico, lítico fragmentário ou uma camada cimentada ou endurecida iniciando entre 20 cm e < 60 cm.

Sugere-se também, a alteração da definição do sufixo “a” da designação e características dos horizontes e camadas subordinadas do Manual de descrição e coleta de solo no campo (Santos et al., 2013a) para:

a – Propriedade ândica – é usado para designar constituição dominada por material de baixo ordenamento estrutural e/ou alta quantidade de Al ligado a complexos organometálicos, oriundos do intemperismo ácido de material rico em sílica, na presença de matéria orgânica em ambientes úmidos e frios de elevada altitude.

## 5 CONCLUSÕES

O clima frio e a alta nebulosidade das áreas de altitude elevada, que propiciam a formação de um ambiente constantemente úmido, ocorrente numa estreita faixa da borda da escarpa da Formação Serra Geral nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, favorecem: o intemperismo ácido do material de origem, o acúmulo de matéria orgânica no solo e sua estabilização pela formação de complexos organometálicos, principalmente Al-húmus. O conjunto desses fatores conferem aos horizontes superficiais dos solos estudados baixa densidade aparente, alta retenção de fosfato e valores de  $Al_o + \frac{1}{2}Fe_o \geq 2\%$ , atendendo aos critérios exigidos pela WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015) para propriedades ândicas.

Os solos estudados, com propriedades ândicas, apresentam horizontes de constituição orgânica bem escurecidos e de baixa densidade; horizontes subsuperficiais predominantemente argilosos, com alto grau de flocculação, de coloração brunada e Ki baixo; são rasos a pouco profundos, de baixa fertilidade, com predominância de cargas negativas, baixa saturação por bases, baixos terrores de bases trocáveis, baixa CTC, quantidades significativas de Al trocável em sua composição e uma mineralogia composta basicamente por minerais 2:1 HE, caulinita e gibbsita.

Ocorrem nos rebordos da escarpa da Formação Serra Geral do planalto sul catarinense e do planalto nordeste do estado do Rio Grande do Sul, acima dos 900 m de altitude e são classificados, segundo critério do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013b), como Cambissolos Hísticos e Organossolos Fólicos.

Os critérios estabelecidos pela WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015), mostrou-se adequado para a identificação de propriedades ândicas nos solos estudados e a adaptação dos critérios para enquadramento desses solos na ordem dos *Andisols* da *Keys to Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 2014), serviu de base para a proposta de criação do atributo “propriedades ândicas” e subgrupos ândicos, para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Estudos complementares sobre a formação dos complexos organometálicos e sobre o intemperismo de riodacito e andesito/basalto, sob a influência do clima desse ambiente peculiar, são necessários para o entendimento mais profundo das propriedades ândicas. Há a necessidade da delimitação da área de ocorrência desses

solos, assim como estudos conjuntos dos fatores microclimáticos e o alcance de sua influência a partir da borda da escarpa. Transectos partindo da borda da escarpa, de maneira sistematizada, adentrando alguns quilômetros em direção ao planalto, desde São Francisco de Paula, RS até as áreas mais ao norte da Formação Serra Geral no estado de Santa Catarina, são recomendadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-SANDOVAL, O.; PRIETO-GARCIA, F.; GORDILLO-MARTÍNEZ, A. Identificar las fracciones de aluminio en un andosol del estado de Hidalgo, México. **Revista de la Sociedad Geológica de España**, v. 21, n. 3-4, p. 125-132, 2008.

ARAN, D.; GURY, M.; JEANROY, E. Organo-metallic complexes in an Andosol: a comparative study with a Cambisol and Podzol. **Geoderma**, v. 99, p. 65–79, 2001.

ARMAS-ESPINEL, S. et al. Physical properties of “sorriba” – cultivated volcanic soils from Tenerife in relation to andic diagnostic parameters. **Geoderma**, v. 117, p. 297–311, 2003.

ARNALDS, O.; HALLMARK, C.T.; WILDING, L.P. Andisols from different regions of Iceland. **Soil Science Society of America Journal**, v. 59, p. 161-169, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6502**: rochas e solos – terminologia. Rio de Janeiro, 1995.

AUXTERO, E.; MADEIRA, M. Phosphorus desorbability in soils with andic properties from the Azores, Portugal. **Revista de Ciências Agrárias**, jan., 2009.

AZEVEDO, A.C.; VIDAL-TORRADO, P. Esmeclita, vermiculita, minerais com hidróxi entrecamadas e clorita. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Eds.) **Química e mineralogia do solo**: Parte I – Conceitos básicos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. 381-426p.

BAHAM, J.; SIMONSON, G.H. Classification of soils with andic properties from the Oregon Coast. **Soil Science Society American Journal**, v. 49 p. 777-780, 1985.

BÄUMLER, R. et al. Andic properties in soil developd from nonvolcanic materials in Central Bhutan. **Jounal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, p. 703-713, 2005.

BAUMLER, R.; ZECH, W. Characterization of Andisols developed from nonvolcanic material in Eastern Nepal. **Soil Science**, v. 158, p. 211–217, 1994.



BECH-BORRAS, J.; FEDOROFF, N.; SOLE, A. Etude des andosols d'Olot (Gerona, Espagne) 3<sup>e</sup> partie: Micromorphologie. **Cah. ORSTOM**, sér. Pédol., v. XV, n. 4, p. 381-390, 1977.

BEHLING, H.; PILLAR, V.P. Late quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazil highland and their implication for conservation and management of modern araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 362, p. 243-251, 2007.

BELLIENI G. et al. Petrogenetic aspects of acid and basaltic lavas from the Paraná plateau (Brazil): geological, mineralogical and petrochemical relationships. **Journal of Petrology**, v. 27, p. 915-944, 1986.

BENITES, V.M. et al. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 569-577, out.-dez. 2007.

BENNEMA, J.; CAMARGO, M. N. **Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros**: subsídios a IV Reunião Técnica de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Ministério de Agricultura. Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1964. 17p.

BESSER, M.L.; VASCONCELLOS, E.M.G.; NARDY, A.J.R. Platô de São Joaquim, Província Magmática do Paraná: Feições de Campo e Questões Genéticas. **Boletim de geociências paranaense**, v. 72, n. 1, p. 13-28, 2015.

BLAKEMORE, L.C.; SEARLE, P.L.; DALY, B.K., Methods for chemical analysis of soils. **New Zealand Soil Bureau Scientific Reports**, vol. 80. New Zealand Society of Soil Science, Lower Hutt, 1987.

BORTOLUZZI, E.C.; PERNES, M.; TESSIER, D. Interestratificado caulinita-esmectita em um argissolo desenvolvido a partir de rocha sedimentar do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1291-1300, 2007.

BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: BRINDLEY, G.W.; BROWN, G. (Eds.). **Crystal structures of clay minerals and their X ray identification**. London, Mineralogical Society, 1984. p. 305-360.

BUYTAERT, W.; DECKERS, J.; WYSEURE, G. Description and classification of nonallophanic Andosols in south Ecuadorian alpine grasslands (páramo). **Geomorphology**, 2005.

CANER, L. et al. Characteristic of non-allophanic andisol derived from low-activity regoliths in Nilgiri Hills (Southern India). **European Journal of Soil Science**, 51: 553-563, 2000.

CANER, L.; BOURGEON, G. Andisols of the Nilgiri highlands: new insight into their classification, age and genesis. In: GUNNELL, Y., RADHAKRISHNA, B. P. (eds.). **Sahyadri: The Great Escarpment of the Indian Subcontinent (Patterns of Landscape Development in the Western Ghats)**. Bangalore: Memoirs Geological Society of India, 2001, n.47. 905-918p.

CHURCHMAN, G.J. et al. Intercalation method using formamide for differentiating halloysite from kaolinite. **Clays and Clay Minerals**, v. 32, p. 241-248, 1984.

CLEMENTE, C.A. **Alterações e solos desenvolvidos sobre rochas vulcânicas ácidas da Formação Serra Geral nos Planaltos de Guarapuava e Palmas, região centro-sul do Estado do Paraná**. Piracicaba, 1988. 211p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1988.

CLEMENTE, E.P. **Ambientes terrestres da Ilha da Trindade, Atlântico Sul: caracterização do solo e do meio físico como subsídio para a criação e uma unidade de conservação**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. 2006, 167p.

CLEMENTE, E.P. et al. Topossequência de solos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1357-1371, 2009.

COELHO, M.R. et al. Fracionamento do alumínio por técnicas de dissoluções seletivas em espodossolos da planície costeira do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1081-1092, 2010.

CORRÊA, M. M.; ARAÚJO FILHO, J. C.; JACOMINE, P. K. T. Fases não-cristalinas associadas aos solos da Formação Solimões no Acre. In: **IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**, 2010, Rio Branco. IX RCC: Pesquisas coligadas. Rio Branco: Embrapa Acre, 2010. v. 1. p. 51-54.

DALHGREN, R.A.; SAIGUSA, M. Aluminum release rates from allophanic and non allophanic Andosols. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 40, p. 125-136, 1994.

DELVAUX, B. et al. An Andosol–Cambisol toposequence on granite in the Austrian Bohemian Massif. **Catena**, v. 56, p. 31–43, 2004.

DELVIGNE, J. Pedogénese en zone tropicale. **La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique**. Paris: Dunod, 1965. 177p.

DIAS, H.C.T. et al. Caracterização de solos altimontanos em dois transectos no Parque Estadual do Ibitipoca (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 469-481, 2003.

DIXON, J.B.; WEED, S.B. (Eds.). **Minerals in Soil Environments**. Soil Science Society American, 1989. 1244p.

DRIESSEN, P.; DECKERS, J. (Ed.). Lecture notes on major soils of the world. **World Soil Resources Reports**, n. 94, Roma: FAO, 2001. 337 p.

DÜMIG, A. et al. A mosaic of nonallophanic Andosols, Umbrisols and Cambisols on rhyodacite in the southern Brazilian highlands. **Geoderma**. 145: 158–173, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. Documentos SNLCS n. 3. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1983. 34 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. Versão modificada. Documentos SNLCS n. 3. Cópia Antecipada. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1984. 36 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Estudo expedito de solos do Estado de Santa Catarina, para fins de classificação, correlação e legenda preliminar**. Boletim Técnico, 65. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1980. 155 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2011. 230 p.

FALKENBERG, D.B. **Matinhas nebulares e vegetação rupícola dos Aparados da Serra Geral (SC/RS), sul do Brasil**. Tese (Doutorado) - Instituto de Biologia UNICAMP, Campinas, 2003. 558 f.

FALKENBERG, D.B.; VOLTOLINI, J.C. The Montane cloud forest in southern Brazil. **Ecological Studies**, v. 110, p. 138-149, 1995.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - FAO/Unesco. **Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash**, Tokyo, Japan, 11-27 June, World Soil Resources Report, 1964.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - FAO/Unesco. **Soil map of the world**, 1:5 000 000. Vol.1, legend. Paris: Unesco, 1974.

GAMA, J.R.N.F. et al. Influência de material vulcânico em alguns solos do Estado do Acre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 103-106, 1992.

GARCÍA-RODEJA, E. et al. Aluminium fractionation of European volcanic soils by selective dissolution techniques. **Catena**, v. 56, p. 155-183, 2004.

GARCIA-RODEJA, E.; SILVA, B. M.; MACIAS, F. Andosols developed from non-volcanic materials in Galicia, NW Spain. **Journal of Soil Science**. 28: 573-591, 1987.

GHANI, N.L.B. **Caracterização morfológica, física, química, mineralógica, gênese e classificação de solos altimontanos derivados de riolito e migmatito da Serra do Mar-PR**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996. 174p.

GRAHAM, R.C. et al. Weathering of iron-bearing minerals in soils and saprolite on the North Carolina Blue Ridge Front: II. Clay mineralogy. **Clays and Clay Minerals**, v. 37, p. 29-40, 1989.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Instituto Antônio Houaiss. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2009. 2048 p.

HUNTER, C.R.; FRAZIER, B.E.; BUSACCA, A.J. Lytell series: a non-volcanic Andosol. **Soil Science Society American Journal**, v. 51, p. 376-383, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**: Sistema fitogeográfico, Inventário das formações

florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. (2 ed. rev. e amp.). Manuais técnicos em geociências, n. 1. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia**, 3 ed. Manuais técnicos em geociências, n. 4. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2015. 430 p.

IUSS WORKING GROUP WRB. **Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014**, Actualización 2015, Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre Recursos Mundiales de suelos. No. 106. FAO, Rome, 2015. 205p.

IUSS WORKING GROUP WRB. **World reference base for soil resources:** International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 2014. 181p.

IUSS WORKING GROUP WRB. **World reference base for soil resources:** A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome, 2006. 132p.

JAKAB, S.; FAZAKAS, C.; FÜLEKY, G. Andosols of the East Carpathian volcanic range. **Acta Universitatis Sapientiae Agriculture and Environment**. 3: 110-121, 2011.

JIOMENECK, P.S.T. et al. Andolization of soils on a Strombolian Cone at Mount Bambouto, Cameroon. **Open Journal of Soil Science**, v.1, p. 97-105, 2011.

JOHNSON-MAYNARD, J.L. et al. Chemical and Mineralogical Conversion of Andisols following Invasion by Bracken Fern. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 2, Mar./Apr. 1997.

KAISER, K.; ZECH, W. Defects in estimation of aluminum in humus complexes of podzolic soils by pyrophosphate extraction. **Soil Science**, v. 161, p. 452-458, 1996.

KÄMPF, N. Haloisitas em saprólitos de rochas vulcânicas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p. 179-184, 1995.

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

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Goethitas na interface solo-rocha em amostras do Rio Grande do Sul e Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 359-366, 1995.

KARATHANASIS, A.D.; HAJEK, B.J. Transformation of smectite to kaolinite in naturally acid soil systems: Structural and thermodynamic considerations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 47, p.158-163, 1983.

KER, J. C. **Caracterização química, física, mineralógica e micromorfológica de Solos Brunos Subtropicais**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988. 148f.

KER, J. C.; RESENDE, M. Caracterização química e mineralógica de Solos Brunos Subtropicais do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 14:215-255, 1990.

KUBOTERA, H. et al. Properties of nonallophanic Andosols surface horizons around Kuju Plateau to the northern area of Aso Somma. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v 86, n. 1, p. 17-23, Feb. 2015.

KUBOTERA, H.; KUSABA, T.; SHISHIBE, I. Distribution and horizons sequence of non-allophanic Kuroboku Soils in Kuju Plateau, Kyushu, Japan. **Pedologist**, Japan, v. 57, n. 2, p. 72-80, Dec. 2013.

KUBOTERA, H.; MASUDA, Y.; SHOJI, A. A profile of Kuroboku soil with non-allophanic and allophanic horizons in Kuju Plateau, Kyushu, Japan. **Pedologist**, Japan, v. 53, n. 1, p. 11-20, June 2009.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Exatas, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2001.

LEAMY, M. L. et al. **Final proposal of the International Committee on the Classification of Andisols (ICOMAND)**. Lower Hutt: New Zealand Soil Bureau, DSIR, 1988.

LOPEZ, A.; AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. Pagamento por serviços ambientais em ambientes de montanha. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, Dez. 2011.

LOVELAND, P.J.; BULLOCK, P. Chemical and mineralogical properties of brown podzolic soils in comparison with soils in other groups. **Journal of Soil Science**, v. 27, p. 523-540, 1976.

LOWE, D.J.; PALMER, D.J. Andisols of New Zealand and Australia. **Journal of Integrated Field Science**, v. 2, p.39-65, 2005.

MACHADO, F.B. et al. Geologia e litogeoquímica da Formação Serra Geral nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. **Geociências**, v. 28, n. 4, p. 523-540, 2009.

MACHADO, M. R. **O papel da avifauna na transformação geoquímica de substratos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, 2016, 92p.

MACHADO, M.R. Endemismo Pedológico e os Solos da Ilha da Trindade – Atlântico Sul, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, Volume Especial – Eixo 11, p. 238-248, 2017.

MASUI, J.; SHOJI, S.; UCHIYAMA, N. Clay mineral properties of volcanic ash soils in the northeastern part of Japan. **Tohoku journal of agricultural research**, v. 17, p. 17-36, 1966.

MCDANIEL, P.A. et al. Andisols In: HUANG, P.M.; SUMNER, M.E. (Eds.). **Handbook of soil science**. 2 ed. v. 1: Properties and Processes. Boca Raton: CRC Press (Taylor & Francis), 2012.

MCKEAGUE, J.A. An evaluation of 0,1 M pyrophosphate and pyrophosphate-dithionite in comparison with oxalate as extractants of the accumulation products in podzols and some other soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 46, p. 12-22, 1967.

MCKEAGUE, J.A.; BRYDON, J.E.; MILNES, N.M. Differentiation of forms of extractable iron and aluminum in soils. **Soil Science Society of America, Proceedings**, v. 35, p. 33-38, 1971.

MELO, V.F.; WYPYCH, F. Caulinita e haloisita. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Eds.) **Química e mineralogia do solo: Parte I – Conceitos básicos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. 427-504p.

MILANI E.J. et al. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v.15, p. 265-287, 2007.

MILANI, E.J. et al. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. **Boletim de Geociências da USP, Série Científica**, v. 29, p. 125-173, 1998.

MIZOTA, C.; WADA, K. Implications of clay mineralogy to the weathering and Chemistry of ap horizons of Ando soils in Japan. **Geoderma**, v. 23, p. 49-63, 1980.

MOCOCHINSKI, A.Y. **Campos de altitude na Serra do Mar Paranaense: Aspectos florísticos e estruturais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MOTA, F.S. Estudos do clima do estado do Rio Grande do Sul segundo o sistema de W. Koeppen. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13, n. 2, p. 275-84, 1951.

MSANYA, B. M. et al. Characterization of volcanic ash soils in southwestern Tanzania: Morphology, physicochemical properties, and classification. **African Study Monographs**, Suppl. 34, p. 39-55, Mar. 2007.

NAHON, D. **Introduction to the petrology of soils and chemical weathering**. New York: John Wiley & Sons, 1991.

NANZYU, M. Unique properties of volcanic ash soils. **Global Environmental Research**, v. 6, p. 99-112, 2002.

NANZYU, M.; DAHLGREN, R.; SHOJI, S. Chemical characteristics of volcanic ash soils. In: SHOJI, S.; NANZYU, M.; DAHLGREN, R. A. (Eds.). **Volcanic ash soils: genesis, properties and utilization**. Developments in Soil Science 21. Amsterdam: Elsevier, 1993. 145-188p.

NARDY, A.J.R. et al. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências**, v. 21, n.1 e 2, p.15-32, 2002.



NDAYIRAGIJE, S.; DELVAUX, B. Coexistence of allophane, gibbsite, kaolinite and hydroxyl-Al-interlayered 2:1 clay minerals in a perudic andosol. **Geoderma**, 117: 203-214, 2003.

NDAYIRAGIJE, S.; DELVAUX, B. Selective sorption of potassium in a weathering sequence of volcanic ash soils from Guadeloupe, French West Indies. **Catena**, v. 56, p. 185–198, 2004.

NORFLEET, M.L. KARATHANASIS, A.D.; SMITH, B.R. Soil solution composition relative to mineral distribution in Blue Ridge Mountain soils. **Soil Science Society of America Journal**. v. 57, p.1375-1380, 1993.

NOVÁK, P. et al. Do Andosols occur in the Czech Republic? **Soil and Water Research**, v. 5, n. 4, p. 161–171, 2010.

OLIVEIRA, J. B.; BERG, M. **Relation between the soil units of the FAO-UNESCO soil map of the world legend and the soil classes used in Brazilian surveys**. Wageningen: International Soil Reference and Information Center, 1996. 57p.

ORLANDI FILHO, V.; KREBS, A.S.J.; GIFFONI, L.E. Coluna White, Serra do Rio do Rastro, SC - Seção Geológica Clássica do Continente Gondwana no Brasil. In: WINGE, M. et al. (Eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. v. 2, CPRM, 2009. 515 p.

PALMIERI, F. **A study of a climosequence of soils derived from volcanic rock parent material in Santa Catarina and Rio Grande do Sul States, Brazil**. Tese (Doutorado) – Purdue University, West Lafayette, 1986. 259p.

PARFITT, R.L. Allophane in New Zealand - A review. **Australian Journal of Soil Research**, Australia, v. 28, p. 343-360, 1990.

PARFITT, R.L.; CHILDS, C.W. Estimation of form of Fe and Al: a review, and analysis of contrasting soils by dissolution and Moessbauer methods. **Australian Journal of Soil Research**. 26, 121–144, 1988.

PARFITT, R.L.; CLAYDEN, B. Andisols - the development of a new order in Soil Taxonomy. **Geoderma**, 49: 181-198, 1991.

PARFITT, R.L.; HENMI, T. Comparison of an oxalate-extraction method and an infrared spectroscopic method for determining allophane in soil clays. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 28, p. 183-190, 1982.

PEATE, D.W. The Paraná-Etendeka Province. In: MAHONEY J.J.; COFFIN M. (Eds.) Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic and Planetary Flood Volcanism. **American Geophysical Union**, Geophysical Monograph Series, v. 100, p. 217-245, 1997.

PIGNA, M.; VIOLANTE, A. Adsorption of sulfate and phosphate on Andisols. **Communications In Soil Science And Plant Analysis**, v. 34, n. 15 e 16, p. 2099–2113, 2003.

PINHEIRO, J.; TEJEDOR-SALGUERO, M.; RODRIGUEZ, A. Genesis of placic horizons in andisols from Terceira Island Azores, Portugal. **Catena**, v. 56, p. 85–94, 2004.

POTTER, R.O. et al. (Reds.). **Solos do Estado de Santa Catarina**. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 46) Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 727 p.

POULENARD, J.; HERBILLON, A.J. Sur l'existence de trois categories d'horizons de référence dans les Andosols. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Sciences de la Terre et des planètes, n. 331, p. 651-657, 2000.

QUANTIN, P. et al. Characteristics and genesis of two Andosols in Central Italy. In: CALDAS, E.F.; YAALON, D.H. (Eds.) **Volcanic Soils**. Catena Supplement, n. 7. Braunschweig, 1985. p. 107-117.

RAPOSO, M.I.B. **Evolução magmática e petrológica das rochas vulcânicas ácidas mesozóicas da Região de Piraju – Ourinhos (SP e PR)**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987. 159p.

REIS, G.S. et al. Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. **Pesquisas em Geociências**, v. 41, n. 2, p. 155-168, maio/ago. 2014.

RESENDE, M. et al. **Mineralogia de solos brasileiros**: Interpretações e aplicações. Lavras: Editora UFLA, 2005. 192p.

RODERJAN, C.V. **O gradiente Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro Anhangava, Quatro-Barras, PR.:** Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. 1994. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

ROISENBERG A.; VIERO, A.P. O vulcanismo mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M.; ROS, L.F. (Eds.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/ UFRGS, 2000. p. 335-354.

SÁ, M. M. F. **Caracterização ambiental, classificação e mapeamento dos solos da ilha da Trindade, Atlântico Sul**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, 2010, 58p.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 2013b. 353p.

SANTOS, P.G. **Mineralogia, gênese e relações pedo geomórficas de solos desenvolvidos de litologias das Formações Pirambóia, Sanga-do-Cabral e Guará na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Unioversidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015. 318p.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6 ed. rev. amp. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013a. 100p.

SCHEER, M.B.; CURCIO, G.R.; RODERJAN, C.V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1113-1126, 2011.

SCHERER, C.M.S. Preservation of Aeolian genetic units by lava flows in the Lower Cretaceous of the Paraná Basin, southern Brazil. **Sedimentology**, v. 49, p. 97-116, 2002.

SHOJI, S. et al. Properties of nonallophanic Andosols from Japan. **Soil Science**, v. 140, p. 264–277, 1985.

SHOJI, S.; DAHLGREN, R.; NANZYU, M. Genesis of volcanic ash soils. In: SHOJI, S.; NANZYU, M.; DAHLGREN, R. A. (Eds.). **Volcanic ash soils: genesis, properties and utilization**. Developments in Soil Science 21. Amsterdam: Elsevier, 1993. 37-72p.

SHOJI, S.; FUJIWARA, T. Active aluminum and iron in the humus horizons of Andosols from northeastern Japan: Their forms, properties, and significance in clay weathering. **Soil Science**, v.137, p. 216-226, 1984.

SHOJI, S.; ONO, T. Physical and chemical properties and clay mineralogy of Andosols from Kitakami, Japan. **Soil Science**, v. 126, p. 297-312, 1978.

SHOJI, S.; SAIGUSA, M. Amorphous clay materials of Towada ando soils. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, n. 4, p. 437-455, 1977.

SIMÕES, J.C. Glossário da língua portuguesa da neve, do gelo e termos correlatos. **Pesquisa Antártica Brasileira**, v. 4, p. 119-154, 2004.

SIMONSON, R. W. Origin of name "Ando soils". **Geoderma**, v. 22, p. 333-335, 1979.  
SMITH, G. D. **A preliminary proposal for reclassification of Andepts and some andic subgroups**. Lower Hutt: New Zealand Soil Bureau, DSIR, 1978.

SOIL SURVEY STAFF, **Soil classification**: A comprehensive system, 7<sup>th</sup> Approximation. Washington: United States Department of Agriculture, 1960. 265p.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 12. ed Washington: United States Department of Agriculture, 2014. 360p.

SPARKS, D.L. Kinetics and mechanisms of chemical reactions at the soil mineral/water interface. In:\_\_\_\_\_ (Ed.). **Soil Physical Chemistry**, Boca Raton: CRC Press, 1999. p. 135-191.

STEWART, K. et al. 3-D, <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar geochronology in the Paraná continental flood basalt province. **Earth and Planetary Letters**, v. 143, p. 95-109, 1996.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

TAKAHASHI, T. et al. Effect of liming on organically complexed aluminum of nonallophanic Andosols from northeastern Japan. **Geoderma**, v. 130, p. 26-34, 2006.

TAKAHASHI, T.; SHOJI, S. Distribution and classification of volcanic ash soils. **Global Environmental Research**, v. 6, p. 83-97, 2002.

TESTONI, S.A. **Mineralogia da fração argila de Latossolos e Nitossolos Brunos com caráter retrátil**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015. 155p.

TOKASHIKI, Y.; WADA, K. Weathering implications of the mineralogy of clay fractions of two Ando soils, Kyushu. **Geoderma**, v. 14, p. 47-62, 1975.

TRUFFI, S.A.; CLEMENTE, C.A. Alteração de plagioclásios dos riodacitos da Formação Serra Geral (JKsg) da região de Piraju – SP. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p.383-388, abr./jun. 2002.

TURNER, L.J.; KRAMER, J.R. Sulfate ion binding on goethite and hematite. **Soil Science**, v. 152, p. 226-230, 1991.

VALLADARES, G.S. et al. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 285-296, 2008.

VALLADARES, G.S. et al. Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 20, n. 1, p. 95-104, jan./mar., 2008a.

VAN REEUWIJK, L.P. **Procedures for soil analysis**, 6 ed. ISRIC, Wageningen. The Netherlands, 2002.

VASHCHENKO, Y. et al. Solos e vegetação dos picos Camacuã, Camapuã e Tucum – Campina Grande do Sul – PR. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.4, p.411-419, 2007.

VENDRAME, P.R.S. et al. Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolos do Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1657-1666, 2011.

VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; MELFI, J. A. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campo de altitude dos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 8, p. 277-283, 1984.

VOLKOFF, B; CERRI, C.C.; MELFI, A.J. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campo de altitude dos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 277-283, 1984.

WADA, K. Allophane and imogolite. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. (Eds.). **Minerals in Soil Environments**. Soil Science Society American, p. 1051-1087, 1989.

WADA, K., The distinctive properties of Andosols. **Advances in Soil Science**, v. 2, p. 173–229, 1985.

WADA, K.; AOMINE, S. Soil development on volcanic materials during the Quaternary. **Soil Science**, v. 116, p. 170-177, 1973.

WHITTIG, L.D.; ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1986. p. 331-362.

WHITTON, J.S.; LAFFAN, M.D.; Campbell, I.B. Clay mineralogy of some soils from Marlborough and Nelson. **Proc. Soil Dynamics and Land Use Seminar**, Blenheim, May 1985. New Zealand Society of Soil Science, Lower Hun, p. 26-48, 1985.



## APÊNDICES

**APÊNDICE A** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-01 CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico.

**APÊNDICE B** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-02 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico.

**APÊNDICE C** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-03 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico.

**APÊNDICE D** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-04 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.

**APÊNDICE E** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-05 CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico.

**APÊNDICE F** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-06 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico.

**APÊNDICE G** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-07 CAMBISSOLO HÚMICO Distroférico típico.

**APÊNDICE H** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-08 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico.

**APÊNDICE I** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-09 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico.

**APÊNDICE J** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-10 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) léptico.

**APÊNDICE K** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-11 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico.

**APÊNDICE L** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-12 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.

**APÊNDICE M** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P-13 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.





**APÊNDICE A** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P1 CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P1

Perfil nº P1

DATA – 27 de agosto de 2014

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Cambic Umbrisol (Clayic, Colluvic);
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Typic Humudept.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Rodovia RS-110, trecho Bom Jesus – Várzea do Cedro, 500m antes trevo (passo da Ilha) lado direito.

COORDENADAS – 29° 10' 59,2" S; 50° 27' 42,7" W (*Datum* WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Terço superior da encosta, com  $\pm$  6 a 7% de declividade, cobertura predominante de gramíneas, principalmente Poaceas, destacando-se *Andropogon lateralis* (Capim caninha), *Piptochaetium* sp. (Piptoquecium) e *Schizachyrium* sp.

ALTITUDE – 989m

LITOLOGIA – Derrames intermediários – Riodacitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração de Riodacitos com contribuição de material alóctone de natureza similar.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – não pedregoso

ROCHOSIDADE – não rochoso

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – suave ondulado com porções onduladas

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado

USO ATUAL – pastagem

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior e Jaime Antonio de Almeida.

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P1

A1 – 0-7 cm; preto (10YR 2/1, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); argilossiltosa; moderada pequena e muito pequena granular; dura, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 7-22,5 (20-25) cm; preto (10YR 2/1, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); argilosa; moderada pequena e muito pequena granular; dura, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e ondulada.

AB – 22,5-37,5 (35-40) cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmida) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seca); argilosa; fraca média e pequena blocos subangulares; dura a muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e ondulada.

BA – 37,5-65 cm; bruno-oliváceo-escuro (2,5Y 3/3, úmida) e bruno-oliváceo-claro (2,5Y 5/3, seca); argilosa; fraca média e pequena blocos subangulares; muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

Bi – 65-90 cm; bruno (10YR 4/3, úmida) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); argilosa pouco cascalhenta; fraca média blocos subangulares; dura a muito dura, friável a firme; muito plástica e pegajosa; transição clara e plana.

2BC/Cr – 90-102 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida) e bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seca) com mosqueado bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida) e cinzento-claro (10YR 7/2, seca); argilossiltosa; fraca grande blocos subangulares; muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

2C1 – 102-125 (120-130) cm; coloração variegada, composta de bruno-amarelado e cinzento-rosado (10YR 5/6 e 7,5YR 7/2, úmida); bruno-amarelado-claro e branco (10YR 6/4 e 7,5YR 8/1 seca); argilossiltosa; aspecto de maciço que se desfaz em fraca grande blocos angulares; muito dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e ondulada.

2C2 – 125 (120-130)-135 (130-140)cm<sup>+</sup>; não coletado.

OBSERVAÇÕES – Linha de fragmentos angulosos da rocha semi alterada no 2BC/Cr, ausentes no 2C1 e 2C2, indicativo de descontinuidade do material de origem; O 2C2 apresenta cores gleizadas (variegados de cor bruna, cinzenta e bruno-avermelhada); Presença de cascalhos de quartzo e calcedônia no Bi com diâmetros entre 2 e 6mm.

Raízes: Fasciculadas, muitas, finas e muito finas no A1 e A2; fasciculadas, comuns, finas e muito finas no AB; fasciculadas, comuns, finas no BA e fasciculadas, poucas, finas no Bi.

## Análises Físicas e Químicas

Perfil: P-01

[illegible]

**APÊNDICE B** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P2 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P2

Perfil n° P2

DATA – 27 de agosto de 2014

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Hyperdystric Aluandic Andosol (Clayic);
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Alic Hapludand

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Partindo de São Francisco de Paula, RS pela RS-020, entrando à direita na RS-484, seguindo aproximadamente 9,5km, virar à esquerda em estrada vicinal seguindo até a localidade de Gaúcha em direção a Reserva PROMATA, 800m após entroncamento, lado direito, perfil em barranco.

COORDENADAS – 29° 28' 34,6" S; 50° 13' 56,7" W (*Datum* WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Terço superior da elevação com  $\pm 12\%$  de declividade, cobertura gramíneas, campo recém queimado.

ALTITUDE – 919m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração de Riodacitos com possível contribuição coluvionar de material alterado de natureza similar.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – ligeiramente pedregoso

ROCHOSIDADE – não rochoso

RELEVO LOCAL – ondulado;

RELEVO REGIONAL – ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado

USO ATUAL – pastagem

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior e Jaime Antonio de Almeida.

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior



## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P2

O – 27-0cm; preto (10YR 2/1, úmida) e cinzento-escuro (10YR 4/1, seca); moderada pequena e muito pequena granular; extremamente dura, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição difusa e plana.

A – 0-10cm; preto (10YR 2/1, úmida) e cinzento muito escuro (10YR 3/1, seca); fraca média e pequena blocos subangulares e moderada pequena granular; extremamente dura, firme, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 10-25cm; preto (10YR 2/1, úmida) e cinzento muito escuro (10YR 3/1, seca); fraca média e pequena blocos subangulares e moderada média granular; dura, firme, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

BA – 25-38cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmida) e cinzento muito escuro (10YR 5/3, seca); fraca média e pequena blocos subangulares; dura a muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

Bi1 – 38-68cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida) e bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seca); fraca grande e média blocos subangulares; muito dura, friável a firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

Bi2 – 68-83cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida) e bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seca); fraca grande e média blocos subangulares; dura, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

C/Cr – 83-97cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4, seco); aspecto de maciço que se desfaz em fraca média blocos angulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e plana.

Cr – 97-103cm<sup>+</sup>; não coletado.

OBSERVAÇÕES – Poucos fragmentos centimétricos no Cr e no Bi1; Bolsões centimétricos de material orgânico preto no Bi1 (atividade de cupins); Canais escuros

de formigas e algumas fendas preenchidas por material orgânico proveniente dos horizontes superiores no Bi1 e Bi2; Poucos fragmentos de cascalho, alguns de calcedônias no AB e BA.

Raízes: Fasciculadas, muitas, finas e muito finas no O e A; fasciculadas, comuns, finas no AB; fasciculadas, poucas, finas no BA e fasciculadas, raras, finas no Bi1 e Bi2.

Análises Físicas e Químicas																														
Perfil: P-02																														
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg					Argila	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm³		Porosidade cm³/100cm³															
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm	dispersa em água g/kg	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Valor S (soma)	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	KCl N	Água	pH (1:2,5)	C( orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg			Relações Moleculares		Fe2O3 livre g/kg	Equivalente de CaCO3 g/kg	
																							SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	P2O5			MnO
O	27-0	0	0	1000	23	14	656	307	123	60	2,14	0,4886																		
A	-10	0	0	1000	30	6	509	455	173	62	1,12	0,7492																		
AB	-25	0	0	1000	54	23	465	458	250	45	1,02																			
BA	-38	0	0	1000	40	42	389	529	297	44	0,74																			
Bl1	-68	17	9	974	39	36	411	514	0	100	0,8																			
Bl2	-83	0	5	995	53	40	401	506	0	100	0,79																			
C/Cr	-97	32	12	956	150	71	371	408	0	100	0,91																			
Horizonte	Complexo Sortivo																			Valor V (sat. por bases) %	100Al3+ S + Al3+ %	P assimilável mg/kg								
	cmolc/kg																													
Horizonte	Complexo Sortivo																			Valor T	100Al3+ S + Al3+ %	P								
	cmolc/kg																													
O	4,6	3,9	1,5	1,5	0,29	0,09	3,4	4,7	29,4	37,5	9	58	2																	
A	4,8	4	1,3	1,3	0,15	0,08	2,7	4,5	21,2	28,4	10	62	1																	
AB	5,2	4	1	1	0,07	0,05	2,1	4,3	13,6	20	10	67	1																	
BA	4,9	4	0,8	1	0,08	0,04	1,9	3,9	11,5	17,3	11	67	<1																	
Bl1	5	4	0,6	0,7	0,07	0,03	1,4	3,9	6	11,3	12	74	<1																	
Bl2	5	4	1	0	0,07	0,03	1,1	5	4,4	10,5	10	82	<1																	
C/Cr	5	4	1	0	0,06	0,03	1,1	4,7	4,6	10,4	11	81	<1																	
Horizonte	C( orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico									Relações Moleculares g/kg			Fe2O3 livre g/kg	Equivalente de CaCO3 g/kg													
				SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	P2O5	MnO	SiO2/ Al2O3(K1)	SiO2/ R2O3 (K1)	Al2O3/ Fe2O3																		
O	89,5	5	18																											
A	53,8	2,7	20																											
AB	31,5	1,9	17																											
BA	19,9	1,1	12																											
Bl1	8,2	1	8	197	179	71	11,9	0,3	0,2	1,87	1,49	3,96																		
Bl2	5,8	0,9	6	198	176	74	12	0,4	0,2	1,91	1,51	3,73																		
C/Cr	5,3	0,6	9																											

**APÊNDICE C** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P3 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P3

Perfil nº P3

DATA – 28 de agosto de 2014

### CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Hyperdystric Aluandic Andosol (Clayic, Colluvic, Fulvic)
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Alic Hapludand

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Estrada secundaria no trecho entre Tainhas-Litoral, na BR453, entrando a esquerda em direção ao Canyon Josafá, a 9km da rodovia, lado esquerdo.

COORDENADAS – 29° 19' 10,02" S; 50° 07' 29,5" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Terço médio da encosta com 10% de declividade, cobertura Floresta Ombrófila Mista.

ALTITUDE – 978m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração de Riodacitos com forte influência de material coluvionar alterado de natureza similar.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – ligeiramente pedregoso

ROCHOSIDADE – não rochoso

RELEVO LOCAL – ondulado

RELEVO REGIONAL – forte ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado

USO ATUAL – Floresta

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior e Jaime Antonio de Almeida.

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P3

O – 41-21cm; preto (10YR 2/1, úmida); preto (10YR 2/1, seca); fraca media blocos subangulares e angulares e moderada pequena granular; extremamente dura, friável a firme, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

AO – 21-0cm; preto (10YR 2/1, úmida); preto (10YR 2/1, seca); fraca média blocos subangulares e moderada pequena granular; muito dura, firme, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

2A – 0-10cm; preto (10YR 2/1, úmida) e cinzento muito escuro (10YR 3/1, seca); fraca média e pequena blocos subangulares e moderada pequena granular; dura, friável a firme, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

2BA – 10-20cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno-acinzentado escuro (10YR 3/1, seca); fraca a moderada média e pequena blocos subangulares; abundantes “organs”; dura, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

2Bi1 – 20-60cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); fraca a moderada média blocos subangulares; comuns “organs”; dura, friável a firme; plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

2Bi2 – 60-100(90-110)cm; bruno (10YR 4/3, úmida) e bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, seca); fraca média blocos subangulares; poucos “organs”; muito dura, friável a firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e plana.

2Cr – 100-115cm; bruno (10YR 5/3, úmida) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seco); fraca média blocos angulares; ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa.

R – 115-130cm+;

OBSERVAÇÕES – Linha de cascalhos milimétricos e centímetros de riolacitos alterados no AO; fragmentos de rocha semi-intemperizada no 2Bi1; 2Cr constituído de saprolitos fragmentados dos riolacitos, cortáveis com faca e quebradiços.

Raízes: Fasciculadas, comuns, médias e finas no O e AO; fasciculadas, poucas, finas no A; fasciculadas, raras, finas 2Bi1 e 2Bi2.





**APÊNDICE D** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P4 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.

DESCRIÇÃO GERAL – P4

Perfil n° P4

DATA – 28 de agosto de 2014

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Hyperdystric Leptic Aluandic Andosol (Siltic, Fulvic)
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Lithic Hapludand

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Rodovia RS427, trecho Cambará do Sul – Borda da escarpa, ± 3km após a entrada do Parque Nacional de Aparados da Serra, lado esquerdo.

COORDENADAS – 29° 09' 51,8" S; 50° 02' 44,3" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Perfil em meia encosta com aprox. 25 de declividade, cobertura com Poaceas, destacando-se *Andropogon lateralis* (Capim caninha) e *Schizachyrium* sp. Alguns arbustos como *Vassouras*.

ALTITUDE – 1003m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração de Riodacitos com acúmulo de material orgânico

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – pedregoso

ROCHOSIDADE – ligeiramente rochoso

RELEVO LOCAL – forte ondulado

RELEVO REGIONAL – forte ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – bem a moderadamente drenado

USO ATUAL – campos naturais

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior e Jaime Antonio de Almeida.

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P4

O1 – 0-14cm; preto (10YR 2/1, úmida); preto (10YR 2/1, seca); moderada média e pequena granular e fraca média blocos subangulares; muito dura, friável a firme, não plástica e não pegajosa; transição difusa e plana.

O2 – 14-30cm; preto (10YR 2/1, úmida); preto (10YR 2/1, seca); fraca média e grande blocos subangulares que se desfazem em moderada média e pequena granular; dura, friável a firme, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

Cr/R – 30-55cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seco); ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa.

R – 55-88cm+

OBSERVAÇÕES – Horizonte Cr/R representado por fragmentos irregulares e alguns horizontalizados do Cr em mistura com fragmentos irregulares do R, não cortáveis com a faca, ligados por material argiloso pouco expressivo de C; Alguns afloramentos de rocha à montante; atividades de cupins nos horizontes O1 e Cr/R.

Raízes: Fasciculadas, muitas, finas e muito finas no O1 e O2.



**APÊNDICE E** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P5 CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico.

DESCRIÇÃO GERAL – P5

Perfil n° P5

DATA – 28 de agosto de 2014

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013): CAMBISSOLO HÚMICO Alítico típico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Cambic Umbrisol (Protoandic, Clayic, Colluvic, Hyperdystric, Profundihumic)
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Andic Humudept

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Trecho Cambará do Sul – escarpa de Aparados da Serra, 15 km após entrada de Cambará do Sul, entrando a direita e percorrendo aproximadamente 1 km em direção a localidade de Crespos, lado esquerdo.

COORDENADAS – 29° 07' 33,5" S; 50° 06' 42,6" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Barranco marginal à estrada, no terço superior da encosta, com aproximadamente 10% de declividade, cobertura de gramíneas, área recém queimada.

ALTITUDE – 1023m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração de Riodacitos com forte influência de material coluvionar alterado de natureza similar.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – não pedregoso

ROCHOSIDADE – ligeiramente rochoso nos topos de morro

RELEVO LOCAL – ondulado

RELEVO REGIONAL – ondulado com partes forte ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado

USO ATUAL – Campos naturais

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior e Jaime Antonio de Almeida.

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P5

A1– 0-13cm; preto (10YR 2/1, úmida) e cinzento muito escuro (10YR 3/1, seca); moderada media e pequena granular; dura a muito dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição difusa e plana.

A2 – 13-48cm; preto (10YR 2/1, úmida e seca); fraca média e pequena blocos subangulares que se desfaz em moderada média granular; dura, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 48-62cm; preto (10YR 2/1, úmida) e cinzento muito escuro (10YR 3/1, seca); fraca a moderada pequena blocos subangulares e moderada média e pequena granular; dura, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

2BA1 – 62-77cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2, seca); fraca a moderada média e pequena blocos subangulares; muito dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

2BA2 – 77-92cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmida) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seca) fraca a moderada média e pequena blocos subangulares; dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

2Bi – 92-107,5(105-110)cm; bruno (10YR 4/3, úmida) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); fraca média blocos subangulares; dura a muito dura, friável a firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e ondulada.

2BC – 107,5-132,5(130-135)cm; bruno (10YR 4/3, úmida) e bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, seca); maciça; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e ondulada.

2C – 132,5-152,5(145-160); bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca) com mosqueado bruno-avermelhado (2,5YR 4/4, úmida) e bruno-avermelhado-claro (2,5YR 6/4, seca); maciça; dura, friável a firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e irregular.

R – 152,5-180cm+

OBSERVAÇÕES – Presença de linha de cascalhos centimétricos ocupando toda uma extensão lateral de  $\pm 80\text{m}$ , separando nitidamente o AB do 2BA1; Intensa presença de fragmentos de riodacitos róseos e cinzentos com diâmetros entre 2 e 5cm, muito quebradiços, outros pouco alterados ao longo do 2BA2 e 2Bi e em menor quantidade no 2BC e 2C; Linha de cascalhos constituída de fragmentos duros e semi-alterados de riodacitos, em conjunto com fragmentos de calcedônia e quartzo; Intensa atividade de cupins no 2BA2, 2Bi e 2BC.

Raízes: Fasciculadas, muitas, finas e muito finas no A1; fasciculadas, comuns, finas e muito finas no A2 e AB; fasciculadas, poucas, finas e muito finas em 2BA1 e 2BA2; fasciculadas, raras, finas e muito finas nos demais.



## Análises Físicas e Químicas

Perfil: P-05

[illegible]

**APÊNDICE F** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P6 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P6

Perfil nº P6

DATA – 02 de fevereiro de 2015

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) típico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Hyperdystric Aluandic Andosol (Clayic, Melanic);
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Pachic Melanudand

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Trecho RS020 entrando pela localidade Ouro Verde, 15 km após Cambará do Sul, entrando a direita e percorrendo aproximadamente 8,5 km em direção a escarpa, lado esquerdo.

COORDENADAS – 28° 56' 52,7" S; 49° 58' 56,9" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Perfil em barranco ao lado da estrada, no terço superior da encosta, com aproximadamente 20% de declividade, cobertura arbórea.

ALTITUDE – 1130m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração de Riodacitos

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – não pedregoso

ROCHOSIDADE – rochoso nos topos de morro

RELEVO LOCAL – ondulado

RELEVO REGIONAL – ondulado com partes forte ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado

USO ATUAL – Regeneração natural estágio inicial de Floresta Ombrófila Mista com campos naturais

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P6

O1 – 47-34cm; preto (10YR 2/1, úmida e seca); fraca pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

O2 – 34-13cm; preto (10YR 2/1, úmida); preto (10YR 2/1, seca); fraca média e pequena blocos subangulares; extremamente dura, friável a firme, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

OA – 13-0cm; preto (10YR 2/1, úmida); preto (10YR 2/1, seca); fraca pequena blocos subangulares e moderada média e pequena granular; muito dura, friável a firme, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

A – 0-8cm; preto (2,5Y 2,5/1, úmida e seca); fraca pequena blocos subangulares e moderada média e pequena granular; ligeiramente dura, friável a firme, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 8-17,5(13-22)cm; preto (2,5Y 2,5/1, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (2,5Y 3/2, seca); fraca a moderada média e pequena blocos subangulares; macia a ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição clara e irregular.

Bi – 17,5-55cm; bruno (10YR 5/3, úmida) e bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, seca); fraca média e pequena blocos subangulares que se desfaz em moderada média e pequena granular; dura a muito dura, friável a firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

BC/Cr – 55-83cm+; não coletado

**OBSERVAÇÕES** – Fragmentos duros e semi-alterados de riodacitos, em conjunto com fragmentos de calcedônia e quartzo distribuídos ao longo do perfil

**Raízes:** Fasciculadas, muitas, finas e muito finas no O1; fasciculadas, comuns, finas e muito finas no O2; fasciculadas, poucas, muito finas em OA; fasciculadas, raras, muito finas nos demais.

Análises Físicas e Químicas																
Perfil: P-06																
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm3		Porosidade cm3/100cm3		
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas			
O1	0-13	0	38	962	65	15	573	347	152	56	1,65	0,4926				
O2	-34	0	52	948	109	22	497	372	153	59	1,34	0,5991				
OA	-47	0	13	987	124	23	319	534	192	64	0,6	0,7168				
A	-55	0	5	995	145	32	260	563	260	54	0,46	0,7982				
AB	-69	0	0	1000	97	52	242	609	90	85	0,4					
Bi	-102	0	0	1000	68	56	291	585	0	100	0,5					
Complexo Sortivo																
Horizonte		pH(1:2,5)		cmolc/kg												
	Água	KCl N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Valor	T	Valor V (sat. por bases) %		100,Al3+ S + Al3+ %	P assimilável mg/kg	
O1	4,6	3,7	0,4		0,25	0,14	0,8	8	46	54,8		1		91	7	
O2	4,6	3,8	0,2		0,11	0,1	0,4	10,2	46,7	57,3		1		96	1	
OA	4,6	3,9	0,2		0,05	0,1	0,3	9	34,3	43,6		1		97	1	
A	4,6	3,9	0,1		0,03	0,03	0,2	7,9	23,7	31,8		1		98	<1	
AB	4,6	3,9	0,1		0,02	0,02	0,1	7,7	12,6	20,4		0		99	<1	
Bi	4,7	3,9	0,2		0,02	0,02	0,2	7,7	9	16,9		1		97	<1	
Horizonte		C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico				g/kg				Relações Moleculares		Fe2O3 livre g/kg	Equivalente de CaCO3 g/kg
					SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	P2O5	MnO	SiO2/ Al2O3 (KI)	SiO2/ R2O3 (Kr)	Al2O3/ Fe2O3			
O1	118,3	8,7	14													
O2	123,1	7,4	17													
OA	62,5	3,2	20													
A	48,5	2,5	19													
AB	24,6	1,7	14													
Bi	15	1,1	11		218	205	97	13,8	0,6	0,3	1,81	1,39	3,32			

**APÊNDICE G** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P7 CAMBISSOLO HÚMICO Distroférrico típico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P7

Perfil n° P7

DATA – 23 de maio de 2015

### CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): CAMBISSOLO HÚMICO Distroférrico típico (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distroférrico típico).
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Hyperdystric Cambisol (Clayic, Colluvic, Humic);
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Typic Humudept

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Trecho SC390 entre Bom Jardim da Serra – Serra do Rio do Rastro, aproximadamente 4,5 km após Bom Jardim da Serra, lado direito.

COORDENADAS – 28° 21' 59,4" S; 49° 34' 45,1" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Perfil em barranco ao lado da estrada, no terço superior da encosta, com aproximadamente 8% de declividade, campo nativo.

ALTITUDE – 1423m

LITOLOGIA – Eruptivas básicas - Basalto

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração da rocha supracitada com contribuição de material alóctone de natureza similar.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – pedregoso

ROCHOSIDADE – rochoso a muito rochoso

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – suave ondulado a ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente a bem drenado

USO ATUAL – campo nativo

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior e Marciano Istchuk Junior

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P7

O – 12-0cm; preto (10YR 2/1, úmida e seca); fraca pequena a muito pequena granular; muito dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

A – 0-9cm; bruno muito escuro (10YR 2/2 úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); fraca média e pequena blocos subangulares e fraca pequena a muito pequena granular; dura a muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

AB – 9-17cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida e seca); fraca média e pequena blocos subangulares que se desfaz em moderada a fraca média e pequena granular; muito dura, friável a firme, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

2BA – 17-30cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmida) e bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, seca); moderada grande e média blocos subangulares; dura, friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

2Bi1 – 30-51cm; bruno-avermelhado (5YR 4/3, úmida) e bruno (7,5YR 5/4, seca); moderada a forte grande e média blocos subangulares; ligeiramente dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

2Bi2 – 51-70cm; bruno (7,5YR 4/4, úmida e 7,5YR 5/4, seca); moderada média e pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

2BC– 70-84cm; bruno (7,5YR 4/4, úmida e 7,5YR 5/4, seca); moderada média e pequena blocos subangulares; ligeiramente dura a dura, firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

2C– 84-120cm+; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmida) e bruno-claro (7,5YR 6/4, seca) com mosqueado bruno-claro (7,5YR 6/4, úmida) e rosado (7,5YR 8/4, seca); moderada média e pequena blocos subangulares; dura, firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.



OBSERVAÇÕES – Linha de cascalhos constituída de fragmentos duros e semi-alterados de basalto, em conjunto com fragmentos de calcedônia e quartzo separando nitidamente o AB do 2BA.

Raízes: Fasciculadas, comuns, finas e muito finas no O; fasciculadas, poucas, muito finas no A e AB.



**APÊNDICE H** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P8 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P8

Perfil n° P8

DATA – 23 de maio de 2015

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico típico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Hyperdystric Aluandic Andosol (Loamic, Colluvic, Fulvic);
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Alic Hapludand

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Trecho SC390 entre Bom Jardim da Serra – Serra do Rio do Rastro, aproximadamente 6 km após Bom Jardim da Serra, lado direito.

COORDENADAS – 28° 22' 19,1" S; 49° 33' 53,7" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – terço médio de elevação com 32% de declividade sob vegetação de gramíneas (pastagem).

ALTITUDE – 1372 m

LITOLOGIA – Eruptivas básicas – Andesito/Basalto

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto de decomposição das rocha supracitada com contribuição de material alóctone de natureza similar.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – pedregoso

ROCHOSIDADE – rochoso

RELEVO LOCAL – forte ondulado

RELEVO REGIONAL – forte ondulado a ondulado

EROSÃO – moderada

DRENAGEM – moderadamente drenado

USO ATUAL – pastagem

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior e Marciano Istchuk Junior

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P8

O1 – 33-20cm; preto (10YR 2/1 úmido), preto (10YR 2/1, seco); franca; moderada média e grande granular; firme; não pegajoso e ligeiramente plástico; transição gradual e plana.

O2 – 20-0cm; preto (10YR 2/1 úmido), preto (10YR 2/1, seco); franco argilosa; moderada a fraca grande e média blocos angulares e subangulares; firme; ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

A – 0-8cm; preto (10YR 2/1, úmido), preto (10YR 2/1, seco); franco argilosa; fraca a moderada média blocos subangulares e angulares; friável a firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

2BA – 8-20cm; bruno (10YR 4/3, úmido), bruno amarelado escuro (10YR 4/4,5, seco); argila cascalhenta; fraca média blocos subangulares e angulares; friável a firme; plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

2Bi1 – 20-50cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido), bruno amarelado escuro (10YR 4/4,5, seco); argila cascalhenta; fraca grande blocos subangulares; firme; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

2Bi2 – 50-86cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10YR 5/4, seco); argila; aspecto de maciça que se desfaz em fraca grande blocos subangulares; firme; ligeiramente plástico e pegajoso.

2BC – 86-107cm+; bruno amarelado escuro (10YR4/6, úmido), bruno amarelado (10YR5/4, seco); argila; aspecto de maciço que se desfaz em fraca grande blocos subangulares; firme; ligeiramente plástico e pegajoso.

OBSERVAÇÕES – Linha de cascalhos milimétricos e centimétricos no BA e linha de pedra (Stone line) separando A de 2BA. Fragmentos de rocha disseminados no 2Bi1 e 2Bi2; Fragmentos de rocha com aspecto corroído no 2Bi1; Fragmentos de calcedônia e quartzo ao longo do perfil

Raízes: muitas, fasciculadas e finas no O1; muitas, comuns, fasciculadas e finas no O2; comuns, fasciculadas e finas no A; poucas e finas no BA; raras nos demais horizontes.

Análises Físicas e Químicas															
Perfil: P-08															
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm³		Porosidade cm³/100cm³	
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,002-0,005 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas		
O1	33-20	0	5	995	147	143	457	253	105	58	1,81	0,6341			
O2	0	0	10	990	508	38	202	252	84	67	0,8	0,6937			
A	-8	0	261	739	376	48	243	333	21	94	0,73	0,7822			
2BA	-20	108	399	493	308	37	239	416	42	90	0,57				
2B1	-50	0	101	899	142	44	292	522	0	100	0,56				
2B2	-86	0	31	969	149	35	258	558	0	100	0,46				
2BC	-107+	0	32	968	143	68	375	414	0	100	0,91				
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo											P assimilável mg/kg	
	Água	KCl N	Ca²⁺	Mg²⁺	K⁺	Na⁺	Valor S (soma)	Al³⁺	H⁺	Valor	T	Valor V (sat. por bases) %		100Al³⁺ + S + Al³⁺ %	
O1	4,8	4,2	3,3	1,7	0,58	0,19	5,8	4,4	37	47,2		12		43	5
O2	4,8	4,3	0,7	0,6	0,17	0,08	1,5	3,7	36,6	41,8		4		71	5
A	5	4,5	0,7		0,06	0,04	0,8	1,9	15,1	17,8		4		70	2
2BA	5,3	4,6	0,7		0,03	0,04	0,8	1,2	7,8	9,8		8		60	2
2B1	5,2	4,4	0,7		0,03	0,04	0,8	2,2	5,7	8,7		9		73	<1
2B2	5,1	4,3	0,5		0,02	0,04	0,6	2,3	4,5	7,4		8		79	<1
2BC	5,2	4,2	0,7		0,04	0,06	0,8	4,3	3,7	8,8		9		84	1
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico					g/kg			Relações Moleculares		Equivalente de CaCO3 g/kg	
				SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	TiO₂	P₂O₅	MnO	SiO₂/ Al₂O₃(KI)	SiO₂/ R₂O₃ (Kf)	Al₂O₃/ Fe₂O₃	Fe2O3 livre g/kg		
O1	121,4	7,6	16												
O2	105,8	6	18												
A	38,8	2,5	16												
2BA	17,5	1,6	11												
2B1	10,7	1,1	10	163	202	159	37,6			1,37	0,91	1,99			
2B2	6,6	0,8	8	180	203	158	36,8			1,51	1,01	2,02			
2BC	4	0,6	7	190	215	158	29,8			1,5	1,02	2,14			

**APÊNDICE I** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P9 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P9

Perfil n° P9

DATA – 23 de maio de 2015

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico cambissólico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Ombric Sapric Folic Histosol (Andic, Hyperdystric, Cambic, Thixotropic);
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Alic Hapludand

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Rodovia SC-382, trecho Bom Jardim da Serra – Lauro Muller, próximo ao mirante da serra do Rio do Rastro na estrada para o Parque Eólico, no lado esquerdo da via.

COORDENADAS – 28° 24' 16,6" S; 49° 33' 20,7" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – barranco em beira de estrada com declive de 25-30% coberto por gramíneas.

ALTITUDE – 1445 m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacito

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração do material supracitado com contribuição de material alóctone de natureza similar e acúmulo de material orgânico.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – Moderadamente pedregoso



ROCHOSIDADE – rochoso

RELEVO LOCAL – ondulado

RELEVO REGIONAL – ondulado a suave ondulado

EROSÃO – voçorocas

DRENAGEM – moderadamente drenado

USO ATUAL – pastagem natural

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior e Marciano Istchuk Junior

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P9

O1 – 0-21cm; preto (10YR 2/1 úmido), preto (10YR 2/1, seco); forte média e pequena granular; dura a extremamente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

O2 – 21-60 cm; preto (10YR 2/1 úmido), preto (10YR 2/1, seco); forte média e pequena granular e forte pequena blocos angulares; extremamente dura, friável a firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.

A – 60-75cm; preto (10YR 2/1, úmido), preto (10YR 2/1, seco); forte média blocos e angulares e moderada a forte média blocos subangulares que se desfaz em forte pequena e média granular; extremamente dura, friável a firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara.

2AB – 75-86 (85-87)cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido), bruno (10YR 4/3, úmido); moderada média e pequena granular; extremamente dura, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara.

2Bi – 86-127cm+; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmida) e bruno-forte (7,5YR 4/6, seca); fraca grande e média blocos subangulares; muito dura, firme, plástico e pegajoso a muito pegajoso.

OBSERVAÇÕES – Fragmentos de riodacitos semi-intemperizados disseminados no 2AB e 2Bi; Fragmentos milimétricos de quartzo disseminados no 2Bi; Presença expressiva de cascalho e de calhaus constituídos de linhas de fragmentos de riodacito semi-intemperizado, calcedônia, ágata e quartzo no 2AB e topo do 2Bi, poucos no A e O2; Intenso fendilhamento dos horizontes superficiais até o topo do 2AB.

Raízes: Abundantes fasciculadas finas no O1 e O2; poucas fasciculadas finas no A; e raras fasciculadas finas no 2AB e 2Bi.



**APÊNDICE J** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P10 CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) léptico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P10

Perfil n° P10

DATA – 08 de dezembro de 2015

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (Alítico) léptico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Folc Leptic Aluandic Andosol (Hyperdystric, Clayic, Colluvic);
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Andic Dystrudept

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Acesso pela estrada municipal Silveira, distante 45 km da sede do município de São José dos Ausentes, RS, na borda do canyon Monte Negro, na base do Pico Monte Negro.

COORDENADAS – 28° 37' 00,4" S; 49° 47' 57,7" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – barranco na beira do acesso ao Pico Monte Negro sob campo de altitude, em um declive de aproximadamente 12%, na base da elevação que apresenta floresta Ombrófila Mista altomontana.

ALTITUDE – 1330 m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacito

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração do material supracitado com contribuição de material alóctone de natureza similar e acúmulo de material orgânico.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – Moderadamente pedregoso

ROCHOSIDADE – rochoso

RELEVO LOCAL – ondulado

RELEVO REGIONAL – montanhoso

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado

USO ATUAL – vegetação nativa – campos de altitude

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P10

O1 – 30-20 cm; preto (10YR 2/1 úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca pequena blocos subangulares e pequena e média fraca granular; muito dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

O2 – 20-0 cm; preto (10YR 2/1 úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca média blocos angulares que se desfaz em fraca a moderada pequena blocos subangulares; dura, friável a firme, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

2Bi – 0-17,5 cm; cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2, seca) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmida); fraca a moderada média blocos angulares; dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

2Cr – 17,5-60 cm; bruno-avermelhado (5YR 4/4, seca) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmida); aspecto de maciça que se desfaz em fraca pequena e muito pequena blocos subangulares; extremamente dura, friável, não plástica e ligeiramente pegajosa.

R – 60-90 cm+;

OBSERVAÇÕES – Fragmentos milimétricos de quartzo disseminados no O1, O2 e 2Bi; Linha de cascalho com fragmentos de quartzo e de riodacito semi-intemperizado, no topo do 2Bi.

Raízes: Muitas finas fasciculadas em O1 e O2; raras finas e muito finas fasciculadas nos demais horizontes.

## Análises Físicas e Químicas

Perfil: P-10

[illegible]

**APÊNDICE K** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P11 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P11

Perfil n° P11

DATA – 06 de abril de 2016

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico típico;

- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Hyperdystric Folic Aluandic Andosol (Siltic, Fulvic/Melanic);

- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Pachic Melanudand

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Acesso pela rodovia SC112, distante 6km do centro de Urupema, SC, acesso em estrada vicinal do lado esquerdo da rodovia em direção ao Morro da Serra do Campo Novo (Morro das Torres ou Morro das Antenas)

COORDENADAS – 27° 55' 30,7" S; 49° 51' 26,6" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – perfil em barranco na beira do acesso ao Morro da Serra do Campo Novo (Morro das Torres ou Morro das Antenas) sob campo de altitude, em um declive de 30-40%, no terço superior da encosta.

ALTITUDE – 1676 m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacito

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração do material supracitado com acúmulo de material orgânico.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – pedregosa

ROCHOSIDADE – muito rochosa

RELEVO LOCAL – forte ondulado

RELEVO REGIONAL – montanhoso

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado



USO ATUAL – vegetação nativa – campos de altitude

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior, Fagner Taiano e Gustavo Pereira

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P11

O1 – 0-10 cm; preto (10YR 2/1, úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca pequena e muito pequena granular; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

O2 – 10-32,5 cm; preto (10YR 2/1, úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca média blocos subangulares que se desfaz em fraca média e pequena granular; muito dura, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e difusa.

O3 – 32,5-67,5 cm; preto (10YR 2/1, úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca média blocos subangulares que se desfaz em fraca média e pequena granular; dura, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e abrupta.

O/Cr – 67,5-75 cm; amarelo-brunado (10YR 6/6, seca) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmida) com mosqueado comum médio difuso a distinto bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seca) e preto (10YR 2/1, úmida); aspecto de maciça que se desfaz em fraca pequena e muito pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa.

Cr – 75-130 cm; bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4, seca) e bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmida); aspecto de maciça que se desfaz em moderada média e pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

R – 130 cm+;

OBSERVAÇÕES – Fragmentos milimétricos de quartzo e riodacito disseminados no O1, O2 e O3; Linha de cascalho com fragmentos de quartzo e de riodacito semi-intemperizado, no topo do O2.

Raízes: Muitas finas fasciculadas nos horizontes orgânicos; raras muito finas fasciculadas nos demais horizontes.



**APÊNDICE L** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P12 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P12

Perfil nº P12

DATA – 14 de abril de 2016

CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013b): ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Hyperdystric Leptic Aluandic Andosol (Siltic, Fulvic);
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Alic Hapludand

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Acesso pela rodovia BR285, sentido São José dos Ausentes, RS. – Timbé do Sul, SC., 500 m antes da divisa entre os estados. Serra da Rocinha

COORDENADAS – 28° 47' 37,5" S; 49° 57' 57,8" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – perfil em barranco na beira do acesso ao Morro da Serra do Campo Novo (Morro das Torres ou Morro das Antenas)

sob campo de altitude, em um declive de 30-40%, no terço superior da encosta

ALTITUDE – 1213 m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacito

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da alteração do material supracitado e acúmulo de material orgânico.

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)

PEDREGOSIDADE – não pedregosa

ROCHOSIDADE – rochosa

RELEVO LOCAL – ondulado

RELEVO REGIONAL – montanhoso

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado

USO ATUAL – vegetação nativa – campos de altitude

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P12

O1 – 0-13cm; preto (10YR 2/1, úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca pequena blocos subangulares e fraca pequena e média granular; ligeiramente dura, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

O2 – 13-30cm; preto (10YR 2/1, úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca média blocos subangulares e fraca pequena e média granular; muito dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e difusa.

A – 30-50cm; preto (10YR 2/1, úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca pequena e média blocos subangulares; muito dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e abrupta.

Cr/R –50-80cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, seca) e bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmida); fraca pequena e média blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

R – 80cm+;

OBSERVAÇÕES – Fragmentos de quartzo e riodacito disseminados no O1, O2 e A.

Raízes: Muitas, finas e muito finas, fasciculadas no O1 e O2; comuns finas e muito finas fasciculadas no A; raras, muito finas, fasciculadas no Cr/R.

## Análises Físicas e Químicas

Perfil: P-12

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg					Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm³		Porosidade cm³/100cm³	
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm	Argila dispersa em água g/kg	%	Silte/Argila	Solo	Partículas	cm³/100cm³		
		Complexo o Sortivo										Valor V (sat. por bases) %			100.Al3+ S + Al3+ %	P assimilável mg/kg
pH (1:2,5)		cmolc/kg														
Horiz.onte	Água	KCl N	Ca²⁺	Mg²⁺	K⁺	Na⁺	Valor S (soma)	Al³⁺	H⁺	Valor T						
	O1	4	0,4	1,9	0,3	0,2	2,8	9,3	24,8	36,9	8					7
	O2	3,9	0	1,2	0,11	0,08	1,4	12	39	52,4	3					3
	A	4,1	0,8		0,03	0,03	0,9	7,7	20,6	29,2	3					1
	Qr/R	4,2	0,7			0,03	0,02	0,7	5,2	5,8	11,7	6				
Horiz.onte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg					Relações Moleculares			Fe2O3 livre g/kg	Equivalente de CaCO3 g/kg			
				SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	TiO₂	P₂O₅	MnO	SiO₂/ Al₂O₃ (Ki)	SiO₂/ R₂O₃ (Kr)	Al₂O₃/ Fe₂O₃				
	O1	6	16													
	O2	5,4	18													
	A	2,6	20													
Qr/R	13,5	1,5	9	182	200	104	13,6	0,6	0,5	1,55	1,16	3,02				

**APÊNDICE M** – Descrição Geral, Descrição Morfológica, Análises Físicas e Químicas do perfil P13 ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico.

## DESCRIÇÃO GERAL – P13

Perfil nº P13

DATA – 28 de abril de 2016

### CLASSIFICAÇÃO:

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (SANTOS et al., 2013): ORGANOSSOLO FÓLICO Sáprico lítico;
- Base referencial mundial del recurso suelo 2014 (Actualización 2015) - FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015): Sapric Follic Rockic Histosol (Leptic, Ombric, Andic, Hyperdystic);
- Keys to Soil Taxonomy – USDA (SOIL SURVEY STAFF, 2014): Lithic Udifolist

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Acesso pela rodovia SC110, São Joaquim, SC. – Urubici, SC., localidade denominada Vacas Gordas, estrada vicinal à direita (entrada para o Parque Nacional de São Joaquim); 5,5 km da guarita do parque, entrada à direita (200m) e trilha para subir o Morro do Baú

COORDENADAS – 28° 09' 54,9" S; 49° 37' 20,3" W (Datum WGS 84)

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – perfil em barranco natural na face sudeste do Morro do Baú sob campo de altitude, em um declive de 45-60%, próximo ao cume.

ALTITUDE – 1721 m

LITOLOGIA – Derrames intermediários - Riodacito

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – Acúmulo de material orgânico

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma (Mesozóico)



PEDREGOSIDADE – não pedregosa

ROCHOSIDADE – muito rochosa

RELEVO LOCAL – montanhoso

RELEVO REGIONAL – montanhoso

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – imperfeitamente drenado

USO ATUAL – vegetação nativa – campos de altitude

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

CLASSIFICADO POR – Jaime Barros dos Santos Junior

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA P13

O1 – 0-10 cm; preto (10YR 2/1 úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca pequena e muito pequena blocos subangulares e fraca pequena granular; ligeiramente dura, friável, não plástica e pegajosa; transição plana e clara.

O2 – 10-38 cm; preto (10YR 2/1 úmida) e preto (10YR 2/1, seca); fraca pequena e muito pequena blocos subangulares e fraca pequena granular; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa.

R – 38-80 cm+;

OBSERVAÇÕES – Poucos fragmentos de quartzo e riodacito disseminados no O1, O2.

Raízes: Muitas, finas e muito finas, fasciculadas no O1 e O2.

Análises Físicas e Químicas															
Perfil: P-13															
Símbolo	Horizonte	Frações da amostra total g/kg				Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de flocculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm3		Porosidade cm3/100cm3
		Calhaus >20 mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2 mm		Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002mm				Solo	Partículas	
O1	0-10	0	12	988		31	7	844	118	118	0	7,15	0,4969		
O2	-38	0	16	984		52	6	834	108	108	0	7,72	0,5213		
Horizonte	Complexo o Sortivo														
	pH (1:2,5)														
	Água	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Valor T	Valor V (sat. por bases) %		100Al3+ S + Al3+ %		P assimilável mg/kg
O1	5	4,1	0,5	1,7	0,54	0,12	2,9	5,6	24,1	32,6	9		66		6
O2	4,6	4,1	0,3	1,7	0,73	0,13	2,9	4	63,5	70,4	4		58		6
Horizonte	Ataque sulfúrico														
	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe2O3 livre g/kg		Equivalente de CaCO3 g/kg
O1	278,7	18,2	15												
O2	272,2	21,9	12	64	57	21	3,3	3,4	0,1	1,91	1,54	4,26			

## ANEXO – Autorização para atividade com finalidade científica – ICMBio



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número:</b> 52984-1	<b>Data da Emissão:</b> 24/03/2016 16:14	<b>Data para Revalidação*:</b> 23/04/2017
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: JAIME BARROS DOS SANTOS JUNIOR	CPF: 034.482.299-03
Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO, OCORRÊNCIA E GÊNESE DE SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS EM AMBIENTE ALTIMONTANO NO SUL DO BRASIL	
Nome da Instituição : UDESC - UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA	CNPJ: 83.891.283/0001-36

#### Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Caracterização e coleta de solo	03/2016	12/2016

#### Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NAO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
5	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
6	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/cgen">www.mma.gov.br/cgen</a> .
7	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

#### Outras ressalvas

1	Determinar o ponto de amostragem em acordo com a equipe gestora do Parque, na ocasião da visita (agendar).
---	--

#### Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		SC	PARQUE NACIONAL DE SÃO JOAQUIM	UC Federal
2		SC	PARQUE NACIONAL DA SERRA GERAL	UC Federal
3		SC	PARQUE NACIONAL DE APARADOS DA SERRA	UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 21266232**



Página 1/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 52984-1</b>	<b>Data da Emissão: 24/03/2016 16:14</b>	<b>Data para Revalidação*: 23/04/2017</b>
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: JAIME BARROS DOS SANTOS JUNIOR	CPF: 034.482.299-03
Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO, OCORRÊNCIA E GÊNESE DE SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS EM AMBIENTE ALTIMONTANO NO SUL DO BRASIL	
Nome da Instituição : UDESC - UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA	CNPJ: 83.891.283/0001-36

### Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº 03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de amostra	Qtde.	Data

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 21266232**



Página 2/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 52984-1</b>	<b>Data da Emissão: 24/03/2016 16:14</b>	<b>Data para Revalidação*: 23/04/2017</b>
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: JAIME BARROS DOS SANTOS JUNIOR	CPF: 034.482.299-03
Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO, OCORRÊNCIA E GÊNESE DE SOLOS COM PROPRIEDADES ÂNDICAS EM AMBIENTE ALTIMONTANO NO SUL DO BRASIL	
Nome da Instituição : UDESC - UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA	CNPJ: 83.891.283/0001-36

\* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 21266232**



Página 3/3