

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**Gabriel Antônio Deobald**

**PROPRIEDADES HÍDRICAS E MECÂNICAS DE NEOSSOLOS E  
SAPROLITOS VULCÂNICOS NO SUL DO BRASIL**

**Santa Maria, RS  
2017**

**Gabriel Antônio Deobald**

**PROPRIEDADES HÍDRICAS E MECÂNICAS DE NEOSSOLOS E SAPROLITOS  
VULCÂNICOS NO SUL DO BRASIL**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, Área de Concentração Processos Físicos e Morfogenéticos do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Ciência do Solo.**

Orientador: Prof. Dr. Fabrício de Araújo Pedron

**Santa Maria, RS  
2017**

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Deobald, Gabriel Antônio  
PROPRIEDADES HÍDRICAS E MECÂNICAS DE NEOSSOLOS E  
SAPROLITOS VULCÂNICOS NO SUL DO BRASIL / Gabriel Antônio  
Deobald.- 2017.  
73 p.; 30 cm

Orientador: Fabrício de Araújo Pedron  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2017

1. alteração 2. rocha-saprolito-solo 3. hidrologia 4.  
geotecnia I. Pedron, Fabrício de Araújo II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, GABRIEL ANTÔNIO DEOBALD, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Gabriel Antônio Deobald**

**PROPRIEDADES HÍDRICAS E MECÂNICAS DE NEOSSOLOS E SAPROLITOS  
VULCÂNICOS NO SUL DO BRASIL**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Processos Físicos e Morfogenéticos do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Ciência do Solo.**

**Aprovado em 31 de agosto de 2017:**

---

**Fabício de Araújo Pedron, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Ricardo Simão Diniz Dalmolin, Dr. (UFSM)**

---

**Ricardo Bergamo Schenato, Dr. (UFSM)**

---

**Pablo Miguel, Dr. (UFPeI)**

---

**André Carnieletto Dotto, Dr. (Esalq)**

**Santa Maria, RS  
2017**

Dedico à minha família, em especial aos meus queridos pais,

Alfredo e Maria.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde, força e coragem.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pela oportunidade de ensino público e gratuito, a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) da UFSM pelo ensino e condições de trabalho.

Ao professor Fabrício de Araújo Pedron pela oportunidade oferecida, pela orientação e pela amizade, por acreditar e confiar na minha pessoa me orientando desde a graduação até o doutorado. Em especial agradeço pelo apoio e incentivo ao final do trabalho de tese, quando me afastei da universidade devido convocação em concurso público.

Aos professores e funcionários do Departamento de Solos da UFSM, em especial ao secretário Everton pela amizade e pela eficiência em desenvolver o seu trabalho e ao funcionário e eterno amigo Finamor (*in memoriam*) que sempre teve paciência em ajudar e explicar quantas vezes fosse necessário.

Aos amigos e colegas do laboratório de pedologia pela amizade e ajuda prestada ao longo das atividades, a todos que colaboraram e me auxiliaram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do departamento de solos, pelas conversas, muitas sem objetivo científico, mas que sempre ajudaram a descontrair e melhorar o meu desempenho como aluno.

Aos meus pais, Alfredo e Maria Deobald, que com amor nunca mediram esforços e sempre ampararam e confiaram na minha capacidade. Aos meus irmãos, Jader e Anna, que sempre me apoiaram e incentivaram.

À minha noiva, Bruna, que me acompanhou durante muitas atividades desenvolvidas, tendo paciência e amor, me apoiando e incentivando naqueles momentos mais difíceis.

A todos aqueles que de alguma forma me incentivaram, ajudaram ou acreditaram no meu trabalho, dando-me forças para continuar e finalizar este trabalho.

Muito Obrigado.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

## **RESUMO**

### **PROPRIEDADES HÍDRICAS E MECÂNICAS DE NEOSSOLOS E SAPROLITOS VULCÂNICOS NO SUL DO BRASIL**

AUTOR: Gabriel Antônio Deobald

ORIENTADOR: Fabrício de Araújo Pedron

Os Neossolos Regolíticos são solos rasos que apresentam horizonte saprolítico (Cr) abaixo do horizonte A. Estes materiais saprolíticos e solos são frequentemente utilizados na agricultura e em obras de engenharia sem as informações adequadas sobre suas propriedades. São solos que apresentam limitações de uso relacionadas principalmente à profundidade efetiva. Conhecer o seu comportamento hídrico e geotécnico é fundamental para identificação do potencial de uso e utilização sustentável. O objetivo deste trabalho foi estudar solos e saprolitos de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, visando avaliar a influência do intemperismo, constituição mineralógica e morfológica nas suas propriedades físicas, hídricas e geotécnicas. O trabalho foi realizado em oito perfis derivados de rochas vulcânicas básicas e ácidas da Formação Serra Geral. Foram avaliadas a morfologia, granulometria, porosidade, densidade, condutividade hidráulica saturada, retenção de água, carbono orgânico, dissolução química, difratometria de raios-X, teste de proctor normal, consistência e compressão uniaxial a 6 e 10 kPa. Os resultados mostraram que a condutividade hidráulica saturada é mais elevada no horizonte A da maioria dos perfis. Os horizontes Cr dos Neossolos Regolíticos apresentaram retenção de água superior aos horizontes A. As camadas RCr apresentaram baixa densidade, alta porosidade e alta retenção de água, indicando a formação de poros já nos estágios iniciais de alteração da rocha. Geotecnicamente, atributos como argila e COS afetaram as amostras de forma variável, sem comportamento padrão. A acidez da rocha e mineralogia dos horizontes não afetou o comportamento geotécnico das amostras avaliadas.

**Palavras-chave:** Alteração. Rocha-saprolito-solo. Hidrologia. Geotecnia.



## **ABSTRACT**

### **WATER AND MECHANICAL PROPERTIES OF VULCANIC NEOSOLS AND SAPROLITES IN SOUTHERN BRAZIL**

AUTHOR: Gabriel Antônio Deobald  
ADVISOR: Fabrício de Araújo Pedron

The Regosols are shallow soils that have a saprolite horizon (Cr) below an A horizon. Saprolite materials and soils are often used for engineering purpose without adequate information about their properties. Are soils that have limitations related to the effective depth, so it is important to know their hydraulic behavior to promote their sustainable use. Meet your water and geotechnical behavior is critical to identify the potential use and use in a sustainable way. The objective of this work was to study soil and saprolites of Regosols derived from volcanic rocks of the Serra Geral Formation, in order to evaluate the influence of weathering, mineralogical and morphological constitution in their physical properties, geotechnical and water. The work was carried out in eight profiles derived from basic and acidic volcanic rocks of the Serra Geral Formation. The morphology, particle size, porosity, density, saturated hydraulic conductivity, water retention, organic carbon, chemical dissolution, x-ray diffractometry, x-ray proctor test standard, consistency and uniaxial compression the 6 and 10 kPa were evaluated. The results showed that saturated hydraulic conductivity is higher on the horizon the most profiles. The horizons Cr of Regosols presented water retention than the horizons to even. The layers RCr presented low density, high porosity and high water retention, indicating the formation of pores already in the early stages of alteration of rock. Geotechnically, attributes such as clay and carbon affected the samples in a variable way, without the standard behavior. The acidity from the rock and mineralogy of horizons did not affect the geotechnical behavior of the samples.

**Keywords:** Alteration. Rock-saprolite-soil. Hydrology. Geotechnical.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização e modelagem da elevação da área de coleta dos perfis avaliados .....	22
Figura 2 - Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura dos horizontes Cr dos Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas na região central do Rio Grande do Sul (A: horizonte Cr do P18; B: horizonte Cr1 do P13; C: horizonte Cr1 do P22 e D: horizonte Cr do P19).....	33
Figura 3 – Difratoogramas de raios-X das amostras de solo, saprolitos e rochas: (A) perfil 18 (B) perfil 22.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Simbologia, dados ambientais e classificação taxonômica dos perfis de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas selecionados na região central do Rio Grande do Sul .....	24
Tabela 2 - Dados morfológicos e ambientais dos perfis de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas na região central do Rio Grande do Sul.....	29
Tabela 3 - Porosidade, densidade (Ds), condutividade hidráulica saturada (Ks), dados de retenção de água (CC e PMP), água disponível (AD) dos Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas na região central do Rio Grande do Sul .....	31
Tabela 4 - Dados da análise de química total via fluorescência de raios-X das amostras de rochas dos perfis de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no sul do Brasil .....	34
Tabela 5 - Dados físicos, químicos e mineralógicos das amostras de solo e saprolito nos perfis de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral no sul do Brasil .....	35
Tabela 6 – Dados geotécnicos dos Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral no sul do Brasil.....	38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1. SISTEMA SOLO-SAPROLITO .....	15
2.2. PROPRIEDADES HÍDRICAS DE SOLOS E SAPROLITOS .....	16
2.3. PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DE SOLOS E SAPROLITOS .....	18
<b>3. HIPÓTESES .....</b>	<b>20</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
4.1. GERAL .....	20
4.2. ESPECÍFICOS .....	20
<b>5. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>21</b>
<b>6. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
6.1. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO .....	22
6.2. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E COLETA .....	23
6.3. METODOLOGIA DE LABORATÓRIO .....	24
6.3.1. <i>Análises físicas</i> .....	24
6.3.2. <i>Análises químicas e mineralógicas</i> .....	26
6.3.3. <i>Análises estatísticas</i> .....	27
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
7.1. CONDUTIVIDADE E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SISTEMA SOLO-SAPROLITO .....	28
7.2. PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DE NEOSSOLOS E SAPROLITOS VULCÂNICOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL NO SUL DO BRASIL .....	34
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>40</b>
<b>9. CONCLUSÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>10. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE A - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA, ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS PERFIS.....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural dinâmico, finito e com grande importância ambiental, social e econômica. A interação com a água, seja pela retenção ou infiltração, está entre as principais funções apresentadas pelo solo. Em solos rasos, devido à menor área de interação com a água e a proximidade da frente de intemperismo com a superfície, ocorre frequentemente o contato de substâncias tóxicas com o lençol freático ou aquífero, gerando contaminações nos ecossistemas, muitas vezes, irreparáveis. Nessas condições, os estudos sobre saprolitos ganha ainda mais destaque, devido a sua proximidade com a superfície terrestre.

O saprolito é definido como material geogênico parcialmente intemperizado encontrado com variado grau de alteração, mas que ainda mantém a estrutura original da rocha matriz (PEDRON et al., 2015). De acordo com os autores, embora possa apresentar pedogênese incipiente, o saprolito se difere do solo, principalmente, pela sua estrutura, coloração e penetração de raízes somente nas fraturas. É resultante do intemperismo, geralmente *in situ*, da rocha, apresentando variado grau de alteração e permitindo a sua escavação manual (LITZKE; WEBER, 1981; REN et al., 2017). É considerado como um material de transição entre o solo e a rocha, denominado, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (SANTOS et al., 2013), de horizonte Cr. O horizonte saprolítico tem sido considerado por muitos como parte não integrante do solo (CALVERT et al., 1980), o que de fato não é consenso.

Neste contexto, existe a preocupação em entender como um todo, o solo e as camadas abaixo dele (SCHOENEBERGER et al., 2012), tanto que nos últimos anos tem se discutido sobre a importância da camada saprolítica na manutenção dos ecossistemas terrestres e sobre a necessidade de melhor caracterizar estes materiais. A camada saprolítica se diferencia do solo pelo predomínio de mecanismos de alteração geoquímicos sobre os pedogenéticos. No entanto, há uma dependência entre o solo e o material de origem (MARESCHAL et al., 2013).

O potencial de uso agrícola e tecnológico de um solo é reflexo de suas propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. Nesse caso, solos rasos, como os Neossolos Regolíticos possuem potencial de uso mais fortemente influenciado pelo grau de intemperismo e pela presença de camada saprolítica no perfil (MACHADO, 1997). Os Neossolos Regolíticos são considerados solos com baixo potencial de uso agrícola, devido à sua pequena profundidade efetiva, pedregosidade e/ou rochosidade, presença de contato lítico

e ocorrência frequente em terrenos declivosos. No entanto, ocorrem casos onde a camada saprolítica, já intensamente alterada, pode conferir maior potencial de uso a estes solos (PEDRON et al., 2009; WALD et al., 2013).

Os horizontes Cr de solos rasos derivados de arenitos podem apresentar retenção de água inferior, igual ou mesmo superior aos horizontes do solo (PEDRON et al., 2011). Entretanto, dados sobre o comportamento de saprolitos de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral são inexistentes. Diferentemente dos arenitos, as rochas vulcânicas não são porosas, portanto, esta informação é fundamental para o manejo agrícola adequado dos solos rasos do Planalto vulcânico do sul do Brasil, os quais compreendem 25 % desta região (BRASIL, 1973).

Trabalhos desenvolvidos com saprolitos enfatizam a presença de raízes nos horizontes Cr, demonstrando a possível absorção de água pelas plantas nestes horizontes (STERNBERG et al., 1996; PEDRON et al., 2009; PEDRON et al., 2011). Observações de campo mostram que as raízes se desenvolvem principalmente nas fraturas do saprolito (WALD et al., 2013; PEDRON et al., 2015) e que a dinâmica da água nestes materiais está relacionada com o seu fraturamento (STÜRMER et al., 2009). Dessa forma, o saprolito desempenha uma função semelhante ao solo e deveria receber maior atenção, não só pela sua importância agronômica, geotécnica e ambiental (OLIVEIRA, 2001).

O estudo das propriedades geotécnicas dos solos e das rochas está relacionado às suas características de alteração, suporte e resistência para obras de engenharia (PELOGGIA, 2014; MAZURANA et al., 2017). O saprolito, na maioria das vezes, tem seu estudo desenvolvido de forma incipiente, não resultando em volume de dados que sustentem informações adequadas sobre as suas propriedades (ROCCHI; COOP, 2015).

O conhecimento do comportamento geotécnico dos solos e saprolitos também apresenta importância devido ao desenvolvimento urbano crescente (PEDRON et al., 2004), o qual exige cada vez mais obras de infraestrutura de grande porte. Na região central do estado do Rio Grande do Sul tem-se extraído e utilizado materiais saprolíticos de origem vulcânica para construção de estradas e aterros urbanos sem o estudo de sua qualidade geotécnica. A alta variabilidade morfológica, química, mineralógica e física destes materiais afeta o seu potencial geotécnico, sendo este conhecimento fundamental para o seu uso racional.

No Estado do Rio Grande do Sul (RS) as áreas de ocorrência de Neossolos representam em torno de 20 % da área do Estado (BRASIL, 1973). Embora consideradas marginais sob o ponto de vista agrícola, estas áreas representam uma porção significativa do Estado que vem sendo explorada com atividades agrosilvipastoris, empreendimentos

turísticos e na expansão de áreas urbanas como suporte de obras, as quais, muitas vezes, promovem a degradação, devido à falta de conhecimento da sua aptidão de uso.

A área do rebordo do Planalto no RS é de importância estratégica, pois caracteriza a borda meridional do Planalto Vulcânico sul brasileiro e abriga o maior remanescente de vegetação arbórea do estado. Nesta região encontram-se solos rasos formados por rochas vulcânicas básicas e ácidas que apresentam características mineralógicas e morfológicas muito variadas, conferindo aos solos comportamento físico também variado (PEDRON et al., 2009; STÜRMER et al., 2009). A alta variabilidade afeta a sua aptidão de uso e o conhecimento das propriedades hidro-geotécnicas destes materiais são fundamentais para o entendimento do uso racional.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar solos e saprolitos de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, visando avaliar a influência do intemperismo, constituição mineralógica e morfológica nas suas propriedades físicas, hídricas e geotécnicas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. SISTEMA SOLO-SAPROLITO

Os solos e saprolitos desempenham funções fundamentais no meio ambiente. O solo é um sistema trifásico formado lentamente pela ação do intemperismo sobre rochas e outros materiais minerais e orgânicos, determinado pelos fatores de formação (KÄMPF; CURI, 2012). A transformação da rocha até solo ocorre devido à ação biológica, física e química, em um processo lento e próprio de cada local, originando a complexidade de solos na superfície terrestre.

O substrato rochoso possui características como cor, textura, composição mineralógica e estrutura, que inferem na maior ou menor suscetibilidade aos ataques das intempéries (FONTES, 2012). O resultado das transformações do processo de intemperismo gera alterações químicas, físicas e mineralógicas, por exemplo: variações na espessura, volume, massa, densidade e concentração de elementos (BIDDLE et al., 1998). A água é considerada como o solvente universal e tem papel fundamental nas alterações na estrutura do material (IRFAN, 1994), inicialmente pela lixiviação dos constituintes mais solúveis, posterior enriquecimento de elementos residuais menos solúveis e, aos poucos, o consequente incremento na porosidade dos materiais (CHADWICK et al., 1990; CLEMENTE; AZEVEDO, 2007). Assim, a medida que ocorre a alteração mineralógica da rocha, surgem poros com a funcionalidade de drenagem e de armazenamento de água (JONES; GRAHAM, 1993).

As rochas, quando submetidas ao intemperismo, sofrem destruição e síntese de minerais (BRADY; WEIL, 2013), os minerais primários presentes são destruídos ou transformados, liberando para a solução do solo os elementos químicos que estavam na sua estrutura. O avanço da frente de intemperismo depende da permeabilidade de água e dissolução do mineral (BUSS et al., 2004), promovendo um gradiente de perdas de elementos progressivamente maior em direção à superfície (PINTO; KAMPF, 1997). A origem da rocha, seja ela ígnea, sedimentar ou metamórfica, tem influência na predominância de minerais, conferindo maior ou menor resistência ao intemperismo (FONTES, 2012), da mesma forma que afeta a composição do solo formado.

O solo possui horizontes e/ou camadas formados pelos processos de formação do solo (pedogenéticos), cada um com suas características e particularidades. A camada inferior, onde



predomina rocha parcialmente intemperizada, sem predomínio de processos pedogenéticos, é considerada como o saprolito ou horizonte Cr. Segundo Calvert et al. (1980), a diferenciação entre o solo e o saprolito se dá basicamente pelo predomínio de mecanismos de alteração pedogênicos sobre os geoquímicos, assim como, Graham et al. (1994) diferencia pela formação de minerais secundários com preservação da estrutura da rocha. Para Buol (1994), a diferença entre os saprolitos e as rochas ocorre pela maior resistência encontrada nas rochas não alteradas.

Segundo os pesquisadores, existem várias definições e caracterizações, no entanto, mesmo que o saprolito seja distinto do solo, é comum encontrar saprolitos com alto grau de alteração e comportamento bastante próximo ao do solo (GRAHAM et al., 1994; MACHADO, 1997; PEDRON et al., 2009; WALD et al., 2013). Devido a semelhança e funcionalidade, Lietzke e Weber (1981) sugeriram a inclusão do saprolito como parte integrante do solo. Sabe-se cientificamente da importância ecológica e hidrológica, assim como da carência de conhecimento científico sobre o horizonte saprolítico (Cr).

Como visto, o saprolito, também chamado de horizonte Cr ou horizonte saprolítico, e ainda, por muitos autores, como camada Cr ou camada saprolítica, é geneticamente uma camada, pois não apresenta predomínio de pedogênese. Entretanto, convencionalmente, a maioria dos trabalhos publicados sobre o tema, de origem americana, utilizam a denominação de horizonte Cr para designar o saprolito, assim como o próprio Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (SANTOS et al., 2013). Por isso, esta mesma denominação foi adotada neste trabalho.

## 2.2. PROPRIEDADES HÍDRICAS DE SOLOS E SAPROLITOS

No sistema solo, a retenção de água é muito importante e se dá através da microporosidade (BERNARDO, 1989). A quantidade de água retida varia de acordo com as características e atributos de cada solo, como profundidade, textura, porosidade e densidade. DEMATTÊ (1988) observa que a densidade do solo e a porosidade estão ligados aos fenômenos capilares e, conseqüentemente, a elevados conteúdos de água no solo, para os menores conteúdos de água estão relacionados a textura e a superfície específica do solo.

A profundidade também interfere em características do solo como textura e teor de matéria orgânica. Grohmann e Medina (1962) estudando os principais tipos de solos do Estado de São Paulo, verificaram que a retenção de água foi positivamente influenciada pelo teor de argila em solos cultivados e que, em solo ocupado por mata, a retenção de água

mostrou-se dependente do teor de matéria orgânica, diminuindo, assim, a retenção de água com o aumento da profundidade.

A textura afeta muitas propriedades químicas e físicas do solo, como a capacidade de troca catiônica (CTC), a retenção de água, a erodibilidade, a infiltração de água e a drenagem, entre outras (STRECK et al., 2008). Segundo Reichardt (1987), a textura é o principal determinante da retenção de água, por atuar diretamente na área de contato entre as partículas sólidas e a água. Silva et al. (1986), verificaram que o solo com maior teor de argila (50 % de argila) reteve maior quantidade de água em todas as tensões avaliadas do que um solo com menor porcentagem de argila (23 %).

Por outro lado, Melo et al. (2002) verificou maior volume de água disponível às plantas de sorgo e soja em solo de textura franco arenosa e franco-argilo-siltosa, comparado com o solo de textura argilosa. O autor cita que as plantas de sorgo e soja cultivadas em solo de textura argilosa foram menos eficientes na extração de água em relação às plantas cultivadas em solos de textura franco-argilo-siltosa e franco-arenosa devido a energia em que a água fica retida em solos argilosos.

No saprolito, o conhecimento sobre a retenção e disponibilidade de água ainda é limitado. Graham et al. (1994) citam que o saprolito desenvolve microporosidade e, conseqüentemente, aumenta sua capacidade de retenção de água em relação a rocha inalterada. Para Machado (1997) o horizonte saprolítico em estágios mais avançados de alteração pode ser explorado pelo sistema radicular e servir como fonte de água em épocas de menor disponibilidade melhorando o seu potencial de uso. Witty et al. (2003) avaliaram a quantidade de água presente na rocha granítica e observaram teores próximos aos obtidos no solo. Pedron et al. (2011) observaram, em solos derivados de arenito, que a retenção de água foi superior nos horizontes Cr em relação aos horizontes A e variável para o volume superior de água disponível às plantas entre horizonte A e saprolito.

A água é um dos fatores de maior importância e limitante à produtividade das culturas. Aspectos relacionados a retenção de água nos solos têm sido amplamente estudados, principalmente, pela redução da produtividade e aumento do custo de produção que a restrição hídrica pode causar. Para a maioria dos pesquisadores a classe dos Neossolos possui uso agrícola restrito, principalmente devido a menor profundidade efetiva e o baixo potencial hídrico. No entanto, trabalhos desenvolvidos sobre Neossolos Regolíticos expõem o potencial produtivo nesta classe de solo, como produção de grãos de milho (MENEZES; SALCEDO, 2007) e cultivo de pastagem de braquiária (SILVA et al., 2014).

Assim, o horizonte saprolítico tem maior importância em perfis de solos rasos, onde a capacidade de armazenamento de água pelo perfil é limitada e o sistema radicular das plantas tem maior contato com o saprolito. Em solos rasos é nos horizontes saprolíticos que muitas vezes as raízes das plantas crescem (PEDRON et al., 2009) e em solos desenvolvidos com floresta também é observado o sistema radicular nas fraturas da rocha alterada (WITTY et al., 2003). Muitas vezes, mesmo o solo retendo maior quantidade de água é no saprolito o maior reservatório (GRAHAM et al., 2010).

Outra propriedade hídrica de grande importância é a infiltração de água, tanto no solo como no saprolito é referência do potencial erosivo, da reposição de águas subterrâneas, assim como, da possível contaminação dessas águas. A infiltração de água no solo é influenciada por fatores como quantidade de bioporos, textura, uso do solo, entre outros. Na camada saprolítica a dinâmica dos fluxos da água dentro do perfil está ligada ao fraturamento da camada saprolítica e do preenchimento destas fraturas com materiais que podem, ou não, impedir o movimento de água pelo saprolito (VEPRASKAS et al., 1991; DRIESE et al., 2001; FRAZIER et al., 2002; MCKAY et al., 2005, STÜRMER et al., 2009).

O comportamento hidráulico do saprolito também é influenciado pela conformação das fraturas, se estas forem contínuas favorecem a passagem de água e se forem desconectadas dificultam o fluxo hídrico (GRAHAM et al., 2010). STURMER et al. (2009) avaliaram a infiltração em Neossolos Regolíticos e sugeriram que, além da configuração das fraturas do saprolito, a infiltração é influenciada pela granulometria, condições de relevo e uso do solo. De acordo com estes autores a taxa de infiltração básica variou de 347 a 556 mm/h mostrando a complexidade de fatores que atuam nas propriedades hídricas.

### 2.3. PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DE SOLOS E SAPROLITOS

O estudo das propriedades geotécnicas de solos, saprolitos e rochas varia com o contexto e objetivo ao qual está inserido. Estudos realizados na área agrícola buscam a avaliação geotécnica afim de medir danos, efeitos e consequências do uso e manejo do solo. Na engenharia, o solo, saprolito ou rocha é avaliado no intuito geotécnico de suportar cargas para fundações de obras, taludes e construções.

Trabalhos científicos têm avaliado propriedades geotécnicas de solos para evitar a degradação e compactação do solo, sempre em busca do melhor momento para o manejo agrícola sem danificar a estrutura do solo (KONDO; DIAS JUNIOR, 1999). O preparo do solo e o tráfego de máquinas em condições de umidade inadequada provocam deformações

irreversíveis, podendo formar zonas de compactação ao longo do perfil, reduzindo a macroporosidade (MAZURANA et al., 2011).

Ortigara et al. (2014) para caracterizar o estado de compactação e a capacidade de suporte de carga avaliaram propriedades físicas e mecânicas de três diferentes usos em Latossolo Vermelho, observaram níveis críticos como  $0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de macroporosidade e 2,56 MPa na resistência a penetração causados pelo uso de pastejo rotacionado. Assim também, Watanabe et al. (2017) avaliaram a susceptibilidade à compactação de solos calcários desenvolvidos em sistemas de cultivo irrigado, anual e perene e Mazurana et al. (2017) que avaliaram a resistência à compressão de diferentes solos em plantio direto em comparação com a condição original.

As características do solo influenciam nas propriedades geotécnicas, principalmente aquelas ligadas a retenção de água. A água funciona no solo como um lubrificante reduzindo o atrito entre as partículas sólidas, consequentemente algumas características do solo, como a granulometria (LANZANOVA et al., 2007), carbono orgânico (BRAIDA et al., 2006), matéria orgânica (VASCONCELOS et al., 2012) e mineralogia (FERREIRA et al., 1999) são condicionantes que afetam nas propriedades geotécnicas.

Diferentemente da área agrícola, na engenharia existem classificações próprias e que são utilizadas para definir a qualidade e o potencial de uso do material. Entre as classificações propostas, podemos citar como exemplo uma classificação geotécnica básica que segundo Costa (2006) é suficiente para descrever sucintamente a qualidade do maciço na maior parte dos interesses da engenharia civil. Esta classificação foi proposta pela ISRM em 1981 e tem 5 aspectos a serem seguidos: estado de alteração, espessura da camada, espaçamentos entre fraturas, resistência a compressão simples e ângulo de atrito das discontinuidades.

No entanto, a complexidade geológica existente na superfície terrestre exige cautela e faz necessário a análise in loco com testes específicos para garantir qualidade na análise geotécnica. Para alguns autores as propriedades geotécnicas de solos e rochas estão relacionadas principalmente às características texturais dos materiais e ao seu arranjo, assim como, também estão ligadas à composição química e mineralógica (DOBEREINER et al., 1993). Todavia, a capacidade de uso geotécnico é resultado de um conjunto de fatores característicos de cada material.

### **3. HIPÓTESES**

Saprolitos de Neossolos Regolíticos possuem propriedades hídricas;

Atributos morfológicos, químicos e mineralógicos possuem influência nas características geotécnicas de solos e saprolitos de Neossolos Regolíticos.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1. GERAL**

Avaliar solos e saprolitos de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, visando avaliar a influência do intemperismo, constituição mineralógica e morfológica nas suas propriedades físicas, hídricas e geotécnicas.

#### **4.2. ESPECÍFICOS**

Identificar o comportamento hídrico de Neossolos Regolíticos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas no sul do Brasil;

Avaliar as propriedades geotécnicas de solo e saprolito de Neossolos Regolíticos de origem vulcânica da Formação Serra Geral;

Identificar o potencial de uso de solo e saprolito e avaliar possíveis relações entre propriedades geotécnicas e atributos do material que facilitem a sua qualificação.

## 5. JUSTIFICATIVA

O saprolito tem sido, ao longo dos anos, pouco considerado durante as pesquisas da ciência do solo, mas os resultados encontrados são instigantes e fazem aumentar o interesse em avaliar “essa camada abaixo do solo”. As poucas metodologias específicas e as dificuldades nas coletas são alguns dos fatores que contribuem para a menor expressividade do saprolito dentro das pesquisas.

Em 2013, durante o Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, o saprolito foi abordado em um dos simpósios como um tema de extrema importância ambiental e agrícola, carente em estudos e resultados científicos. Por se mostrar um tema atual em um evento nacional de ciência do solo, motivou-nos a realizar este trabalho e assim contribuir com informações da transição do material de origem-saprolito-solo.

Nos últimos anos tem se discutido sobre a importância do saprolito na manutenção dos ecossistemas terrestres e sobre a necessidade de melhor caracterizar esse material. No Brasil, o saprolito tem sido pouco estudado e deveria receber maior atenção nas pesquisas, tanto pela sua importância agrônômica, como também devido à importância geotécnica e ambiental (OLIVEIRA, 2001; VEPRASKAS, 2005).

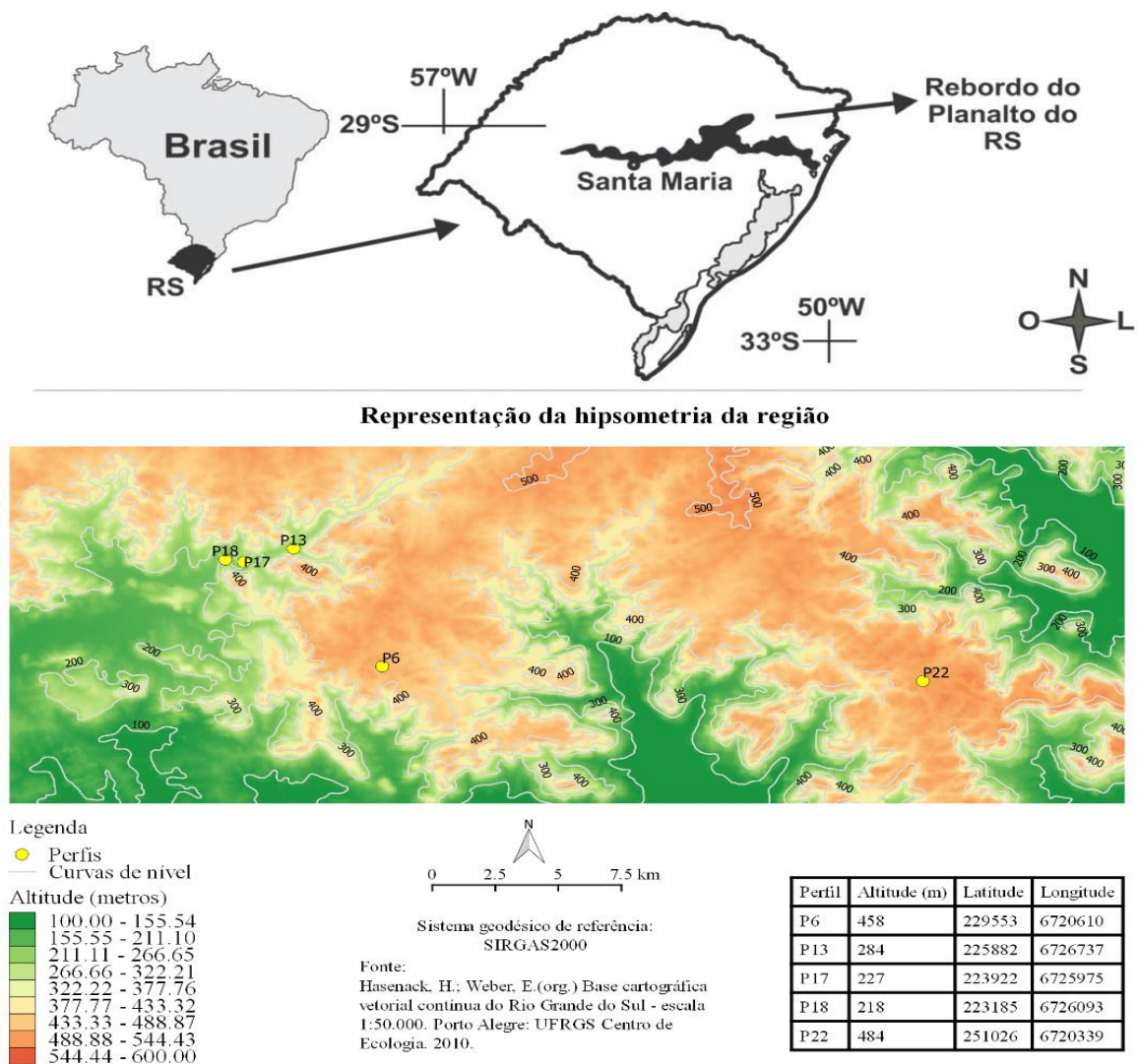
Para os Neossolos, o horizonte saprolítico (Cr) é uma porção estratégica, porque muitas vezes é ele que desempenha os serviços ambientais importantes, tais como retenção de água, desenvolvimento de plantas (WITTY et al., 2003) e fornecimento de material para aterros (BORNYSZ et al., 2005). Os Neossolos, principalmente os Neossolos Regolíticos, são solos rasos que apresentam o horizonte saprolítico muito próximo da superfície, variando de 15 a 40 cm conforme Pedron et al. (2009 e 2010). Nestes casos, a extração de material saprolítico para aterros é favorecida. Assim como, a contaminação de aquíferos em áreas de recargas, por isso, um maior entendimento das propriedades geotécnicas destes materiais é fundamental ao seu uso sustentável.

## 6. MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

O estudo foi realizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, próximo ao município de Santa Maria entre a Depressão central e a região do Planalto Meridional, também conhecida como Rebordo do Planalto (Figura 1). Essa região apresenta clima subtropical, úmido sem estiagem, temperatura média anual de 19,2° C e precipitação pluviométrica média anual de 1708 mm (MALUF, 2000).

Figura 1 - Localização e modelagem da elevação da área de coleta dos perfis avaliados



> 75

% de declividade), com elevações que vão de aproximadamente 100 a 550 m em relação ao

nível do mar. De acordo com Sartori (2009) a geomorfologia do Rebordo do Planalto na região de Santa Maria é formada, estratigraficamente por sedimentos do Triássico, como os arenitos da Formação Caturrita e do Cretáceo, como os arenitos da formação Botucatu. Acima destes sedimentos encontram-se os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, constituídos por uma sequência inferior básica (basalto, andesito toleítico e diabásio) e uma sequência superior ácida (vitrófiros e granófiros de composição riolítica e riodacítica).

## 6.2. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E COLETA

Foram selecionados oito perfis de Neossolos Regolíticos no Rebordo do Planalto vulcânico localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil (Tabela 1). Para a realização da pesquisa geotécnica foram selecionados cinco perfis representativos de Neossolos Regolíticos.

Os solos são derivados de rochas vulcânicas básicas e ácidas da Formação Serra Geral. Os perfis foram coletados nos municípios de Itaara, São Martinho da Serra e Silveira Martins e fazem parte do banco de dados do setor de Pedologia da UFSM alocados no projeto “Propriedades hidro-geotécnicas de Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul”, por isso seus códigos foram mantidos neste trabalho. Todos os perfis apresentaram boa drenagem.

A descrição morfológica dos perfis seguiu a metodologia proposta por Santos et al. (2015) e, para cada horizonte identificado foram coletadas amostras deformadas e indeformadas. As amostras indeformadas foram coletadas, com cinco repetições, em anéis metálicos com altura de 2,5 cm e diâmetro de 6 cm. A análise do fraturamento dos horizontes Cr e camadas R foi efetuada conforme metodologia proposta por Pedron et al. (2009), onde são anotados os ângulos, o espaçamento, a espessura e o preenchimento das fraturas.



Tabela 1 - Simbologia, dados ambientais e classificação taxonômica dos perfis de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas selecionados na região central do Rio Grande do Sul

Perfis	Rocha matriz	Relevo	Uso atual	Classificação taxonômica (SiBCS)
P6	SGa	Suave ondulado	Campo nativo/área de extração	RRe léptico
P13	SGb	Forte ondulado	Campo nativo	RRe típico
P16	SGb	Ondulado	Floresta	RRe típico
P17	SGb	Suave ondulado	Campo nativo	RRe típico
P18	SGb	Suave ondulado	Campo nativo	RRe típico
P19	SGa	Ondulado	Capoeira	RRe típico
P21	SGa	Ondulado	Pastagem plantada	RRe típico
P22	SGa	Suave ondulado	Campo nativo/área de extração	RRe típico

Fonte: Autor.

SGb: Rocha vulcânica da Formação Serra Geral, básica; SGa: Rocha vulcânica da Formação Serra Geral, ácida; SiBCS: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2013); RRe: Neossolo Regolítico Eutrófico.

### 6.3. METODOLOGIA DE LABORATÓRIO

Cada perfil teve sua rocha de origem analisada por meio da técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX) por energia dispersiva, conforme Buhrke et al. (1998), para confirmação do caráter básico/ácido do material. As amostras foram analisadas em pastilhas produzidas em prensa hidráulica. Os elementos químicos analisados simultaneamente foram desde o Sódio até o Urânio da tabela periódica, por meio do método dos Parâmetros Fundamentais (PF).

As amostras de solos deformadas foram secas a sombra, destorroadas e passadas em peneiras de malha de 2 mm, posteriormente as amostras de terra fina seca ao ar (TFSA), foram submetidas as análises.

#### 6.3.1. Análises físicas

A análise granulométrica foi determinada pelo método da pipeta, com hidróxido de sódio como dispersante químico, conforme Donagema et al. (2011).

Nas amostras com estrutura do solo preservada foram determinadas a densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, conforme Donagema et al. (2011). Também foi determinada a umidade nos potenciais de 0, -0,001, -0,006 e -0,01 MPa

em mesa de tensão, e em -0,01 e -0,033 MPa em membranas de Richards, e tensões superiores em potenciômetro de ponto de orvalho. Com os valores da umidade volumétrica do solo e o potencial matricial, ajustou-se a equação de van Genuchten (VAN GENUCHTEN, 1980), determinando a curva de retenção de água e identificando a quantidade de água disponível (AD).

A AD foi determinada por meio da diferença de água no ponto de tensão 0,01 MPa (capacidade de campo - CC) e 1,5 MPa (ponto de murcha permanente - PMP). A condutividade hidráulica saturada foi realizada nas amostras indeformadas pelo método do permeâmetro de carga constante (DONAGEMA et al., 2011). As classes de intemperismo seguiram a metodologia proposta por Pedron et al. (2009 e 2010) e a resistência a penetração foi obtida através do penetrômetro de impacto tipo Stolf, utilizando-se a equação dos holandeses (STOLF, 1991). Imagens dos horizontes Cr foram obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), conforme Goldstein et al. (1992).

O potencial de compactação do material foi determinado pelo Teste de Proctor Normal, conforme ABNT (1986). O teste consiste em submeter a amostra de solo deformado à compactação, dentro de um cilindro de volume conhecido, variando-se apenas os teores de umidade do material, obteve-se os valores de densidade crítica ou densidade máxima e de umidade crítica. O grau de compactação foi calculado através da relação entre a densidade de campo e a densidade máxima obtida no teste de Proctor (OLIVEIRA et al., 2010).

A análise de consistência baseou-se em diferentes métodos para obtenção dos Limites de Atterberg. O Limite de Liquidez (LL) foi determinado com o aparelho de Casagrande e procedimento específico segundo Donagema et al. (2011), de acordo com a normativa ABNT/NBR 6459/82. O solo utilizado foi fracionado com peneira de 0,42 mm de abertura e umedecido até formar uma pasta homogênea que foi depositada numa concha de latão. Com o cinzel se abriu uma ranhura, distinguindo dois taludes de solo na concha que foi submetida a impactos sucessivos. Os taludes escorregaram pela concha até se juntarem, finalizando o ensaio. Retirou-se uma amostra do local onde o solo se uniu, com número de golpes conhecidos, para determinar o teor de umidade. O Limite de Liquidez é definido pelo teor de umidade do solo quando o número de golpes para fechar a ranhura se situa entre 18 e 25.

O ensaio para a determinação do Limite de Plasticidade (LP) do solo também seguiu os procedimentos de Donagema et al. (2011). O método é normalizado pela ABNT/NBR 7180/82. Utilizou-se uma placa de vidro com uma face esmerilhada e um cilindro padrão de 3mm de diâmetro. O teste iniciou com a rolagem das amostras de solos com teor de umidade perto do limite de liquidez, sobre a face fosca da placa, até estas adquirirem diâmetro igual ao

do cilindro e apresentarem indícios de fragmentação, com o surgimento de fissuras. Nesta condição, foi determinado o teor de umidade do rolinho, o que representa o Limite de Plasticidade do solo.

O Limite de Contração (LC) foi determinado segundo o método do mercúrio metálico descrito por Donagema et al. (2011) e normatizado pela ABNT/NBR 7183/82. Amostras de solo passadas em peneira de 0,42 mm de malha foram umedecidas até formar uma pasta homogênea. Cápsulas metálicas de volume conhecido foram lubrificadas e preenchidas uniformemente com a pasta de solo, e deixadas ao ar até o solo mudar de cor. Após, foram acondicionadas em estufa a 105° C, por uma noite. A pastilha de solo, gerada pela secagem, foi imersa em um recipiente completo de mercúrio com o auxílio de uma placa de vidro com três pinos, sendo o volume de mercúrio deslocado pela pastilha igual ao seu volume. Com o peso e volume da pastilha seca, e a densidade da amostra de solo se obtém o LC. O Índice de Plasticidade (IP) foi determinado pela diferença entre o LL e o LP (LL – LP) e a faixa de friabilidade pela diferença entre LP e LC (LP – LC).

A análise de compressibilidade foi realizada em amostras indeformadas, saturadas e equilibradas nas tensões de 6 e 10 kPa. Em seguida, foram submetidas ao teste de compressão uniaxial, com aplicação de cargas sucessivas e estáticas. As cargas aplicadas foram 0; 12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1600 kPa. Os parâmetros de densidade do solo inicial e final, índice de vazios, pressão de pré-consolidação e o coeficiente de compressão foram ajustados pelo método de Casagrande utilizando o suplemento SCC (GUBIANI et al., 2014).

### **6.3.2. Análises químicas e mineralógicas**

O carbono orgânico (COS) foi determinado por combustão úmida em bloco digestor e a densidade de campo foi determinada pelo teste do anel volumétrico conforme procedimentos de Donagema et al. (2011).

A dissolução química de óxidos de ferro via ditionito-citrato-bicarbonato de sódio – DCB (Fed) da TFSA foi realizada conforme os procedimentos descritos por Donagema et al. (2011). A identificação dos minerais primários e secundários presentes no material foi realizada por difratometria de raios-X (DRX) nas amostras de solo (fração argila) e nas amostras de saprolito e rocha, conforme orientações de Whitting e Allardice (1986).

A fração argila do solo foi analisada em lâmina orientada com os seguintes tratamentos: argila saturada com K<sup>+</sup> a temperatura ambiente (25° C); argila saturada com K<sup>+</sup> e

aquecida a 350° C; argila saturada com K<sup>+</sup> e aquecida a 550° C; argila saturada com Mg<sup>2+</sup> a temperatura ambiente (25° C); argila saturada com Mg<sup>2+</sup> e posteriormente solvatada com etileno-glicol (25° C). As amostras de saprolito e rocha foram analisadas em lâminas em pó. Os DRX foram obtidos em goniômetro vertical equipado com filtro de Ni e radiação Cu K $\alpha$ , sendo operado a 20 mA e 40 kV, com velocidade angular de 0,5° 2 $\theta$  min<sup>-1</sup> e intervalos de leitura de 0-65° 2 $\theta$  para as amostras de saprolitos e rochas e 0-35° 2 $\theta$  para as amostras de argila.

A quantificação da caulinita (Kt) foi realizada pela análise térmica, em amostras de solo e saprolito fracionadas em peneira com malha de 2 mm, previamente tratadas (desferrificadas) com DCB, avaliadas em um derivatógrafo com módulo de Termogravimetria (TG) e Análise Térmica Diferencial (ATD) simultâneos. A quantificação é realizada com base na perda de massa evidenciada pela TG, com intervalos aferidos pelos eventos térmicos produzidos pela ATD. A Kt foi quantificada pela perda de massa nos intervalos de 450 e 550° C, considerando-se uma perda de massa de 13,9 % referente ao efeito de desidroxilação (COSTA et al., 2004). Para transformação dos teores de Kt da fração argila desferrificada para a fração argila natural, foi levado em conta a perda de massa da amostra com o tratamento com DCB.

### **6.3.3. Análises estatísticas**

A normalidade e a homocedasticidade dos dados físico-hídricos foram avaliadas graficamente e utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Quando esses pressupostos foram atendidos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5 %). O teste de médias de Kruskal-Wallis foi utilizado para os demais casos.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1. CONDUTIVIDADE E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SISTEMA SOLO-SAPROLITO

A geomorfologia da região do Rebordo do Planalto vulcânico no RS é bastante heterogênea, assim, o relevo das áreas onde foram coletados os perfis variaram entre suave ondulado a forte ondulado. O uso atual também foi variado (Tabela 1). Todos os perfis estudados foram classificados conforme o sistema brasileiro de classificação de solos como Neossolos Regolíticos Eutróficos (SANTOS et al., 2013).

A espessura do horizonte A variou de 10 a 30 cm (Tabela 2), sendo observado que as menores profundidades estão associadas ao relevo forte ondulado. Os dados mostraram que o horizonte Cr está muito próximo da superfície, o que lhe confere importância ambiental significativa. De acordo com Pedron et al. (2009), em solos rasos, o horizonte Cr desempenha as funções de retenção de água, desenvolvimento de raízes, filtragem de poluentes e fonte de material para obras de engenharia, por isso, demanda maior atenção dos técnicos de campo para a sua adequada identificação e descrição.

Todos os perfis apresentaram horizonte Cr com fraturas preenchidas por solo e raízes. A presença de raízes indica a disponibilidade de água e nutrientes (ROSE et al., 2003). Graham et al. (1997) relatam que o saprolito (horizonte Cr) possui fraturas que permitem a passagem de água e raízes. Entretanto, Vepraskas (2005) verificou que as fraturas podem estar preenchidas com material fino, reduzindo consideravelmente a infiltração de água. Este fato também foi evidenciado por Sturmer et al. (2009) em saprolitos de rochas vulcânicas da região do Rebordo do Planalto vulcânico no RS.

Ainda na Tabela 2, pode ser observado que o volume de saprolito nos horizontes A variou de 14 a 75 %. E o volume de solo nos horizontes Cr variou de 37 a 1 %, com média de 9,4 %. O volume de solo e a espessura das fraturas não foram impeditivos para a penetração de raízes nos horizontes Cr, visto que foram encontradas raízes em camadas com apenas 1 % de solo e fraturas de 2 mm.

As classes de intemperismo variaram de I2 (camada RCr – rocha pouco alterada) a I6 (horizonte Cr – saprolito severamente alterado). Os horizontes Cr apresentaram resistência à penetração de 32 a 82 kgf cm<sup>-2</sup>, enquanto as camadas RCr mostravam valores superiores, entre 123 e 219 kgf cm<sup>-2</sup>. A maioria destes valores conferem com os apresentados por Pedron

et al. (2010), para as classes I3, I4, I5 e I6, em saprolitos de arenito, indicando que quanto maior o grau de alteração do horizonte Cr, maior é a similaridade entre os materiais resultantes de diferentes rochas.

Tabela 2 - Dados morfológicos e ambientais dos perfis de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas na região central do Rio Grande do Sul

Perfis/horizontes	Prof. <sup>1</sup> (cm)	R <sup>2</sup>	Solo <sup>3</sup> (%)	Sapro <sup>4</sup> (%)	EF <sup>5</sup> (mm)	DF <sup>6</sup> (cm)	CI <sup>7</sup>	RP <sup>8</sup> (kgf cm <sup>-2</sup> )	Raízes	Rocha % SiO <sub>2</sub>	
P6	A	0-25		86	14	-	-	-	-	Comuns	Ácida 68,6
	Cr/A	25-75	SO/ CN	31	69	3	10	15	43	Poucas	
	RCr1	75-105		2	98	3	10	13	212	Raras	
	RCr2	105- 120+		2	98	3	10	-	-	Raras	
P13	A	0-10		FO/ CP	49	51	-	-	-	-	Comuns
	Cr1	10-50	33		67	2	20	16	50	Poucas	
	Cr2	50-90+	2		98	2	20	15	33	Raras	
P16	A	0-10		25	75	-	-	-	-	Muitas	Básica 55,5
	Cr1	10-30	FO/ FL	12	88	2	5	15	54	Comuns	
	Cr2	30-60		2	98	2	5	15	82	Comuns	
	RCr	60-150+		1	99	2	5	13	129	Poucas	
P17	A	0-23		SO/ CN	59	41	-	-	-	-	Muitas
	Cr1	23-43	25		75	5	20	15	79	Comuns	
	Cr2	43-120	2		98	5	20	15	65	Poucas	
	RCr	120- 140+	2		98	5	20	13	138	Raras	
P18	A	0-30	SO/ CN	67	33	-	-	-	-	Muitas	Básica 50,4
	Cr	30-115		3	97	5	8	15	65	Poucas	
	RCr	115- 150+		2	98	5	8	12	157	Raras	
P19	A	0-14		25	75	-	-	-	-	Comuns	Ácida 68,6
	Cr/A	14-53	O/ CP	35	65	1	5	16	32	Poucas	
	Cr	53-140		4	96	1	5	15	63	Raras	
	RCr	140- 240+		2	98	1	5	12	219	Raras	
P21	A	0-28		O/ PP	74	26	-	-	-	-	Comuns
	RCr	28-70	37		63	2	8	13	123	Poucas	
	Cr	70-100+	4		96	2	8	15	35	Raras	
P22	A	0-12	SO/ LA	66	34	-	-	-	-	Muitas	Ácida 71,0
	Cr1	12-85		4	96	1	2	16	66	Poucas	
	Cr2	85-140+		2	98	1	2	15	80	Raras	

Fonte: Autor.

<sup>1</sup> profundidade; <sup>2</sup> relevo (SO: suave ondulado, O: ondulado, FO: forte ondulado)/uso atual (CN: campo nativo; CP: capoeira; FL: floresta; PP: pastagem plantada; LA: lavoura anual); <sup>3</sup> terra fina; <sup>4</sup> saprolito; <sup>5</sup> espessura de fraturas; <sup>6</sup> distância entre fraturas; <sup>7</sup> classes de intemperismo; <sup>8</sup> resistência a penetração. Todas as amostras saprolíticas (Cr, CrR, RCr) apresentaram fraturas preenchidas com solo e raízes.

Na Tabela 3, são apresentados os dados de porosidade, densidade, condutividade hidráulica saturada e retenção de água. De maneira geral os dados apresentam grande variabilidade. Para a porosidade total (Pt), os valores são considerados elevados, onde sete dos oito perfis apresentaram Pt nos horizontes Cr acima de  $50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Os perfis 6, 13, 17, 19 e 21 apresentaram valores de Pt superiores nos horizontes Cr quando comparados ao horizonte A. Os perfis 6 e 17 também apresentaram maior macroporosidade nos horizontes Cr.

Os microporos são responsáveis pela retenção e armazenamento de água. Com exceção do P22, nota-se que os demais perfis apresentaram valores elevados e superiores de microporos nos horizontes Cr e camadas RCr, quando comparados ao horizonte A. No trabalho de Pedron et al. (2011), solos e saprolitos derivados de arenito apresentaram variação entre aumento e redução da microporosidade do A para o Cr. Nos materiais derivados de rochas vulcânicas esperava-se, por conta da ausência de porosidade da rocha matriz, uma menor porosidade nos horizontes Cr, o que não ocorreu conforme os dados apresentados.

Os valores de densidade (Ds) foram inferiores a  $1,24 \text{ Mg m}^{-3}$  para as amostras de saprolitos (Cr) de sete dos oito perfis avaliados. Somente o P22 apresentou valores superiores. O maior valor de densidade para o horizonte A foi verificado no P6, devido ao uso atual com campo nativo degradado. O menor valor de Ds foi observado no horizonte A do perfil P16, sob floresta natural, o que confere ao solo maior teor de material orgânico e bioporos, consequentemente, possui menor densidade, maior porosidade total e macroporosidade.

O valor encontrado na literatura de densidade limite para o crescimento de raízes foi de  $1,75 \text{ Mg m}^{-3}$  (REINERT et al., 2008). Os valores de Ds apresentados pelos horizontes Cr e camadas RCr são consideravelmente inferiores, entretanto, observações de campo mostraram que as raízes somente se desenvolvem nas fraturas dos horizontes Cr, assim como já observado por Sternberg et al. (1996), Pedron et al. (2010 e 2015) e Wald et al. (2013).

A Ks apresentou uma variação de 0,41 na camada Cr do P21 a  $308,20 \text{ cm h}^{-1}$  no horizonte Cr1 do P16 (Tabela 3). As variações dos valores para a Ks foram elevadas para os perfis. Apenas nos perfis 6 e 16 a Ks foi superior no horizonte Cr, nos demais perfis, a Ks foi superior no horizonte A. A Ks do solo é uma propriedade que frequentemente possui elevado CV (MESQUITA; MORAIS, 2004). No solo a Ks está relacionada a vários fatores, entre eles, a ligação de poros que formam canais para a condução da água. Nos horizontes Cr a Ks está associada, além da continuidade de poros, às fraturas e ao seu preenchimento (STURMER et al., 2009; GRAHAM et al., 2010).

Tabela 3 - Porosidade, densidade (Ds), condutividade hidráulica saturada (Ks), dados de retenção de água (CC e PMP), água disponível (AD) dos Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas na região central do Rio Grande do Sul

Amostras	Pt		Macro		Micro		Ds		Ks*		CC		PMP		AD*		
	-----		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>		-----		Mg m <sup>-3</sup>		cm h <sup>-1</sup>		-----		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>		-----		
P6	A	0,42	kl	0,03	ij	0,39	jkl	1,44	a	13,48	abcdefgh	0,40	ef	0,24	def	0,16	h
	Cr/A	0,50	fgghi	0,03	ij	0,47	bcdef	1,25	bcd	0,71	fgh	0,47	bcd	0,27	bcd	0,19	gh
	RCr1	0,53	cdefgh	0,04	ij	0,50	abcd	1,17	cde	29,30	cdefgh	0,52	ab	0,27	bcd	0,25	fgh
P13	A	0,50	ghij	0,09	efgh	0,41	ghijkl	1,31	abc	17,74	abcdef	0,40	ef	0,21	fgghi	0,20	a
	Cr1	0,52	defghi	0,06	ghij	0,46	bcdefghi	1,16	cde	6,53	abcdefgh	0,43	cde	0,32	a	0,11	ab
	Cr2	0,52	efghi	0,04	hij	0,47	bcdef	1,23	bcd	2,13	defgh	0,51	ab	0,24	def	0,27	a
P16	A	0,63	ab	0,17	a	0,46	bcdefg	0,89	f	224,09	ab	0,43	cde	0,20	fgghi	0,23	ab
	Cr1	0,56	cdefg	0,13	abcde	0,43	efghijkl	1,12	de	308,20	a	0,45	cde	0,21	fgh	0,23	ab
	Cr2	0,49	hijk	0,04	ij	0,45	cdefghij	1,30	abc	47,21	abcd	0,48	abc	0,28	abc	0,20	abc
P17	A	0,57	bcdef	0,14	abcd	0,43	efghijkl	1,03	ef	104,92	abc	0,39	efg	0,20	ghi	0,19	abcde
	Cr1	0,51	fgghi	0,11	cdef	0,40	hijkl	1,24	bcd	11,83	bcdefg	0,39	efg	0,19	hi	0,20	abcde
	Cr2	0,59	abcd	0,15	abc	0,44	defghijk	1,05	ef	7,00	abcdefgh	0,43	cde	0,19	ghi	0,24	abcd
P18	A	0,52	defghi	0,14	abc	0,38	l	1,23	bcd	21,87	abcde	0,33	g	0,20	ghi	0,14	cdef
	Cr	0,52	defghi	0,12	bcde	0,40	ghijkl	1,25	bcd	10,16	abcdefgh	0,44	cde	0,17	i	0,27	bcde
P19	A	0,57	abcde	0,11	bcde	0,46	bcdefgh	1,01	ef	85,34	abcd	0,47	abcd	0,28	abc	0,19	defg
	Cr	0,60	abc	0,10	defg	0,51	abc	1,01	ef	1,22	efgh	0,51	ab	0,25	cde	0,26	def
	Cr/A	0,64	a	0,15	ab	0,48	abcde	0,94	f	4,35	abcdefgh	0,47	abcd	0,22	efgh	0,25	def
P21	A	0,46	ijkl	0,05	hij	0,42	efghijkl	1,39	ab	1,79	efgh	0,42	def	0,22	efgh	0,20	efgh
	Cr	0,56	cdefg	0,04	hij	0,52	ab	1,15	cde	0,41	h	0,53	a	0,23	efg	0,31	defg
	RCr	0,55	cdefg	0,02	j	0,54	a	1,15	cde	0,43	gh	0,51	ab	0,30	ab	0,21	defgh
P22	A	0,49	ghij	0,07	fgghi	0,43	efghijkl	1,30	abc	4,59	bcdefgh	0,42	def	0,21	fgh	0,20	efgh
	Cr1	0,43	jkl	0,04	ij	0,40	ijkl	1,39	ab	0,55	fgh	0,39	efg	0,29	abc	0,11	fgh
	Cr2	0,41	l	0,03	ij	0,38	kl	1,46	a	0,53	gh	0,36	fg	0,21	fgh	0,15	fgh

Fonte: Autor.

\*Comparações Kruskal-Wallis (5 %), as demais variáveis foram analisadas por Tukey (5 %).



Em relação a retenção de água (Tabela 3), somente P22 não apresentou maior unidade na CC e maior AD em todos ou algum horizonte Cr comparado ao horizonte A. Portanto, em sete dos oito perfis, os horizontes Cr apresentaram retenção de água superior aos horizontes A. O trabalho de Wald et al. (2013) avaliou saprolitos de diferentes rochas (granito, arenito, xisto e gnaisse) nos Estados Unidos e observou capacidade de retenção de água em todos os horizontes, porém, inferior aos valores encontrados para as vulcânicas neste trabalho. A mesma situação foi verificada por Pedron et al. (2011) para saprolitos de arenitos na região do Rebordo do Planalto do RS.

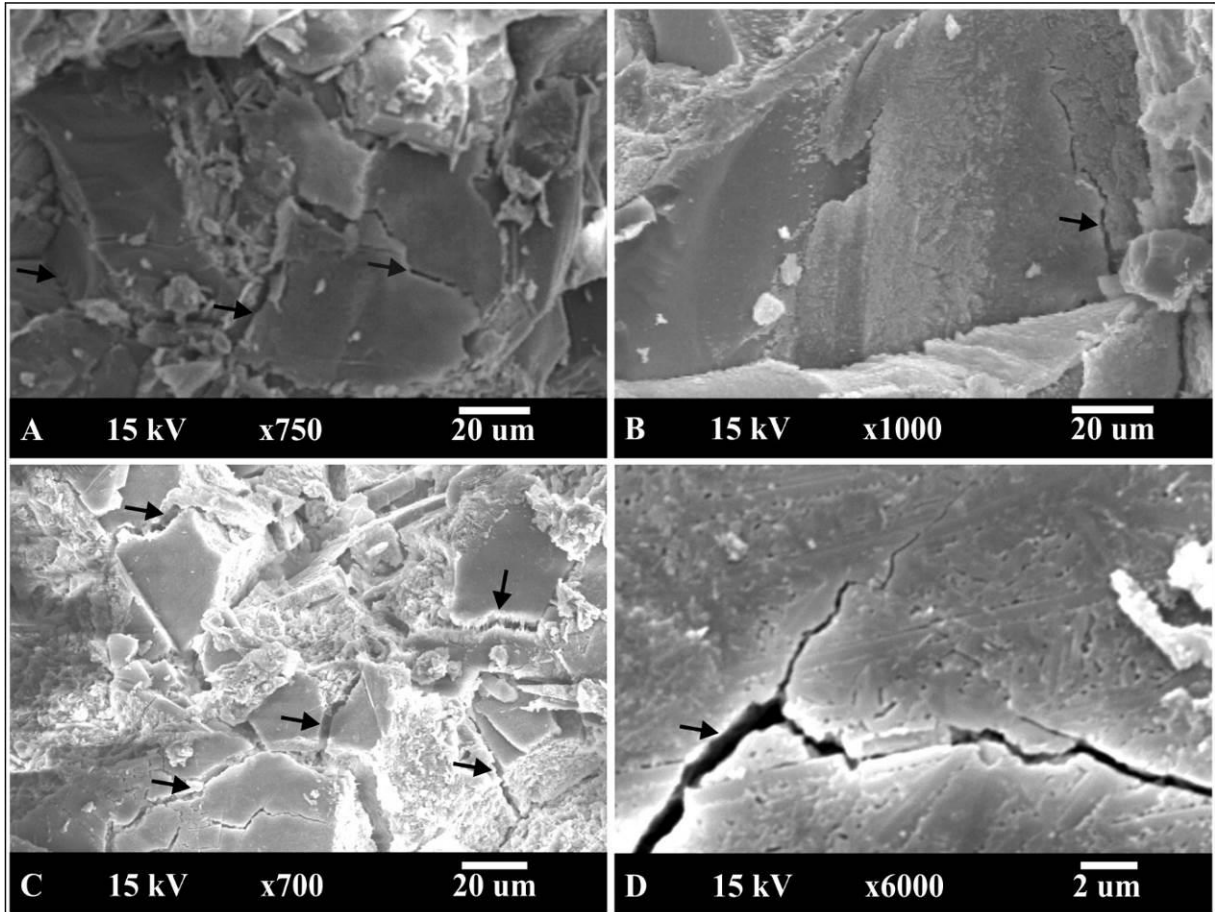
A porcentagem de água retida nos horizontes Cr, em relação ao total de água retida na camada de raízes (A+Cr), variou de 64,5 a 85 %, indicando que os saprolitos avaliados são importantes reservatórios de água. Na Califórnia, Hubbert et al. (2001) utilizando espécies florestais no ambiente natural, identificaram que no período de restrição hídrica é a camada de rocha intemperizada que mantém a umidade e fornece água para as plantas. O trabalho de Sternberg et al. (1996) com solos rasos graníticos da região do Chaparral californiano, verificou que as plantas nativas extraem 10 vezes mais água dos horizontes Cr que no horizonte A, sobrevivendo na estação seca.

Outro resultado importante é a configuração das camadas RCr. Nos perfis 6 e 21 ficou evidente que as camadas RCr apresentaram elevada porosidade e baixa densidade, mesmo apresentando CI I2 e I3. Estes dados mostram que, já nos primeiros estágios de alteração, as rochas vulcânicas do sul do Brasil apresentam transformações mineralógicas que mantêm a matriz estrutural da rocha, gerando porosidade abundante.

Em estudo comparando a evolução da porosidade em granitos, Bongioiolo et al. (2007) verificaram que a porosidade das rochas alteradas aumenta, principalmente, devido à maior porosidade dos minerais neoformados como a clorita, a calcita e a sericita e de microfaturas, conforme evidenciado nas imagens de MEV na Figura 2. Todas as camadas Cr avaliadas por MEV apresentaram microfaturamento abundante associado à alteração de minerais primários, principalmente feldspatos. De acordo com os dados de Navarre-Sitchler et al. (2013) para alteração de rocha vulcânica básica, a porosidade do material alterado aumenta significativamente conforme ocorre a dissolução dos feldspatos.

A porcentagem de SiO<sub>2</sub> no material de origem afeta propriedades do solo, como a textura que influencia na capacidade de retenção de água, no entanto, a caracterização do material de origem em ácido e básico não afetou as características físico-hídricas dos Neossolos Regolíticos avaliados.

Figura 2 - Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura dos horizontes Cr dos Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas na região central do Rio Grande do Sul (A: horizonte Cr do P18; B: horizonte Cr1 do P13; C: horizonte Cr1 do P22 e D: horizonte Cr do P19)



Fonte: autor.

As setas indicam microfraturas em minerais primários.

Os resultados deste trabalho mostram que o saprolito (horizonte Cr) derivado de rochas vulcânicas é uma porção importante devido ao seu potencial de retenção de água e sustentação de plantas. Quando associado à Neossolos Regolíticos, considerados solos rasos, o saprolito se aproxima da superfície, interage com as raízes das plantas e desempenha serviços ambientais essenciais à manutenção do ecossistema. Também nestas condições, se encontram mais fragilizados em relação à contaminação superficial. Neste sentido, a sua identificação e estudo é essencial para o planejamento de uso das terras de forma sustentável

## 7.2. PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DE NEOSSOLOS E SAPROLITOS VULCÂNICOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL NO SUL DO BRASIL

Os dados de FRX das amostras de rochas são apresentados na tabela 4. Os teores de silício no P6 e P22 foram superiores a 70 % e inferiores a 51 % nos demais perfis. Os teores de alumínio, ferro, cálcio, magnésio, sódio, e manganês foram superiores nas rochas dos perfis 13, 17 e 18, enquanto os teores de potássio foram superiores nos perfis 6 e 22.

Tabela 4 - Dados da análise de química total via fluorescência de raios-X das amostras de rochas dos perfis de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no sul do Brasil

Elementos	Perfis				
	P6	P13	P17	P18	P22
	----- % -----				
Silício (SiO <sub>2</sub> )	70,61	50,87	50,37	48,19	71,03
Alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14,81	19,11	20,89	19,70	15,04
Ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6,09	17,62	10,91	8,81	5,53
Cálcio (CaO)	0,64	4,45	10,33	9,86	1,61
Potássio (K <sub>2</sub> O)	4,75	2,35	1,14	0,79	5,01
Magnésio (MgO)	0,62	1,59	2,91	8,81	0,66
Sódio (Na <sub>2</sub> O)	0,00	1,05	1,93	1,00	0,00
Titânio (TiO <sub>2</sub> )	0,83	1,35	0,63	0,53	0,73
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,04	0,38	0,59	1,27	0,12
Manganês (MnO)	0,06	0,24	0,16	0,15	0,05
Total (%)	99,45	99,01	99,85	99,11	99,77

Fonte: Autor.

Com os resultados de FRX observa-se a existência de dois materiais de origem distintos: ácido e básico. A acidez da rocha é identificada através dos teores de silício, onde valores acima de 65 % caracterizam rocha ácida e entre 45 e 55 % rocha básica (PELLANT; PELLANT, 2014). As rochas dos perfis 6 e 22 foram classificadas como ácidas, enquanto as demais como básicas.

Os dados granulométricos dos perfis são apresentados na tabela 5. A fração grosseira (> 2 mm) constituída de cascalho e calhaus, no horizonte A, variou de 138 g kg<sup>-1</sup> no P6 a 505 g kg<sup>-1</sup> no P13. No horizonte Cr, o material saprolítico variou de 687 g kg<sup>-1</sup> no P6 a 990 g kg<sup>-1</sup> no P22. Na fração terra fina (< 2 mm), a argila apresentou variação, no horizonte A, de 120 g kg<sup>-1</sup> no P13 a 296 g kg<sup>-1</sup> no P17. No horizonte Cr a variação foi de 53 g kg<sup>-1</sup> no P17 a 221 g kg<sup>-1</sup> no P6.

Tabela 5 - Dados físicos, químicos e mineralógicos das amostras de solo e saprolito nos perfis de Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral no sul do Brasil

Amostras	LI (cm)	Granulometria Total		Granulometria terra fina			COS	Fed	Kt (%)	
		> 2 mm	< 2 mm	Argila	Areia	Silte				
		----- g kg <sup>-1</sup> -----								
P6	A	25	138	862	280	143	577	19,3	30,37	43
	Cr/A	75	687	313	221	196	583	5,4	71,57	33
P13	A	10	507	493	120	465	416	14,2	25,03	43
	Cr1	50	666	334	99	262	639	2,7	22,71	39
	Cr2	250	980	20	108	279	613	2,6	12,39	37
P17	A	23	410	590	296	278	426	18,5	61,11	49
	Cr1	43	748	252	55	442	503	3,0	42,37	39
	Cr2	120	980	20	53	552	395	2,5	23,32	37
P18	A	30	331	669	251	377	372	19,0	45,62	40
	Cr	115	975	25	60	575	365	2,3	24,46	38
P22	A	12	345	655	211	396	393	12,0	21,02	34
	Cr1	85	963	37	84	579	338	1,3	9,00	30
	Cr2	250	990	10	73	500	428	1,8	10,53	32

Fonte: autor.

LI: limite inferior do horizonte; COS: carbono orgânico; Fed: ferro extraído com DCB; Kt: caulinita.

O COS foi superior no horizonte A de todos os perfis, variando de 12,0 g kg<sup>-1</sup> no P22 a 19,3 g kg<sup>-1</sup> no P6. No horizonte Cr o COS foi relativamente baixo, apresentando valores de 1,3 g kg<sup>-1</sup> no P22 a 5,4 g kg<sup>-1</sup> no P6.

O COS também apresenta correlação negativa com a Dmax. No teste de Proctor quanto maior o teor de carbono, menor a densidade máxima observada e maior a umidade ótima necessária para atingi-la (BRAIDA et al., 2006). A matéria orgânica dificulta a compactação do solo devido também a sua capacidade de absorção de água (DIAS JÚNIOR; MIRANDA, 2000). Entretanto, nos perfis analisados não foi observado o efeito da matéria orgânica na D<sub>máx</sub> e U<sub>c</sub> dos horizontes A, os quais apresentaram os maiores teores de COS.

A dissolução química de ferro apresentou resultados de 9,00 a 71,57 g kg<sup>-1</sup> com DCB. Os valores obtidos de Kt foram superiores nos horizontes A de todos os perfis. A variação observada no horizonte A foi de 49 % no P17 a 34 % no P22. Nos horizontes Cr os valores variaram entre 39 e 30 %.

Os dados de dissolução química do Fe quando comparados aos resultados da análise térmica da Kt indicam que os minerais primários alterados nos horizontes saprolíticos estão formando preferencialmente caulinita, assim como verificado por Pedron et al. (2012) em

Neossolos no sul do Brasil. Outra questão importante é que, embora os valores de Fed sejam menores nos horizontes saprolíticos em relação aos horizontes A, eles evidenciam a presença de óxidos de Fe pedogenéticos no saprolito, com destaque para os perfis 6 e 17.

Os dados de DRX são apresentados na Figura 3, representados pelos perfis 18 e 22. Nas amostras de rocha e saprolitos ficou evidente que os perfis derivados de rocha ácida (6 e 22) apresentaram reflexos intensos relativos ao quartzo e feldspatos potássicos (ortoclásios). Nos perfis derivados de rocha básica (13, 17 e 18) os reflexos referentes ao quartzo são de menor intensidade, ao passo que os referentes aos feldspatos cálcico-sódicos (plagioclásios) são mais intensos.

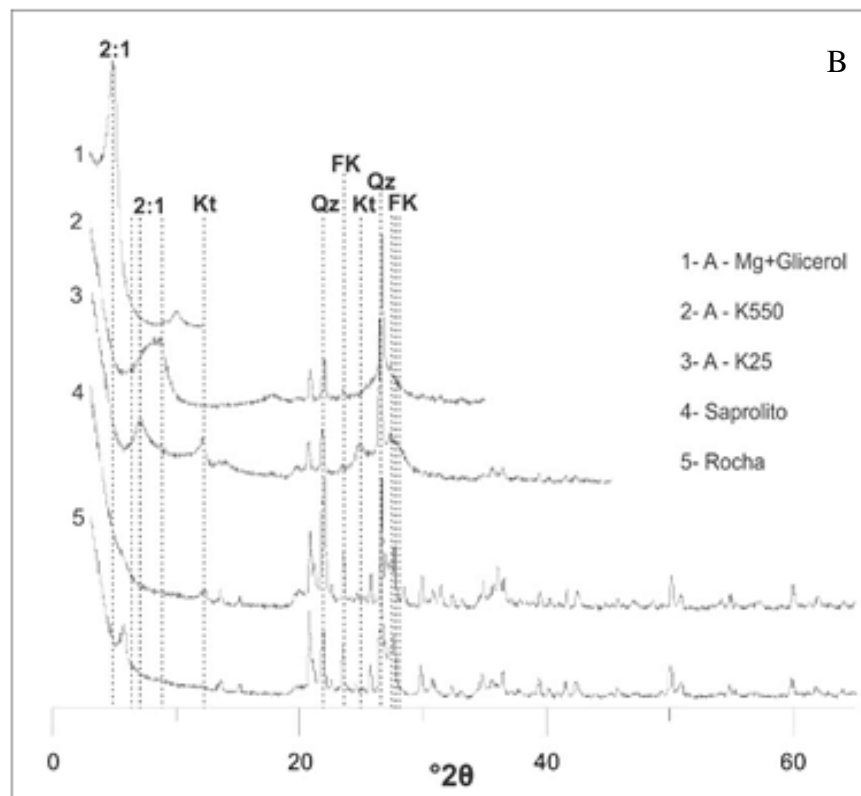
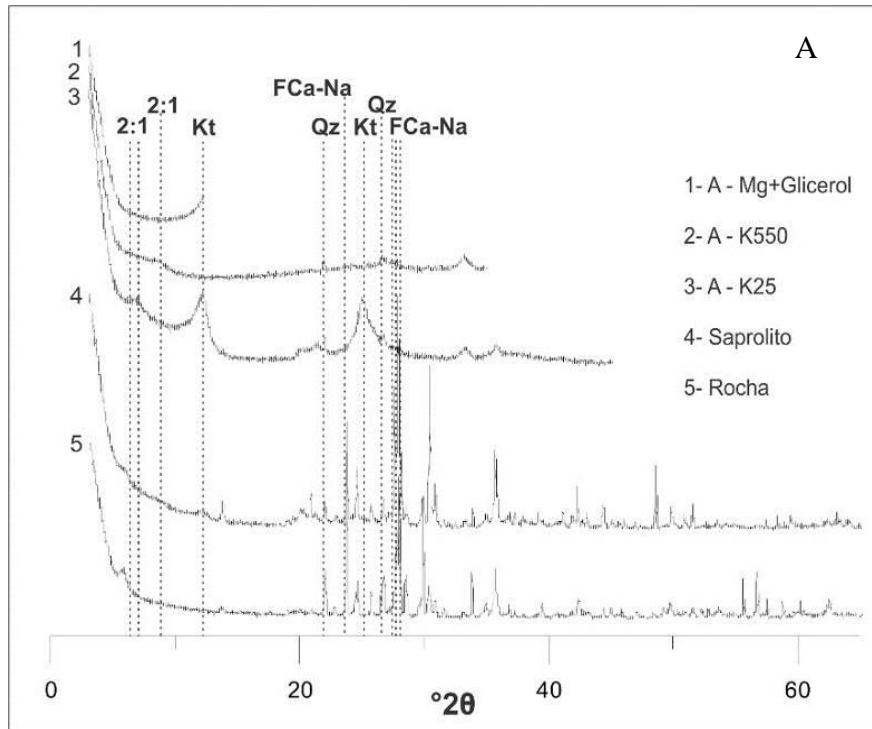
Na fração argila do horizonte A foram detectados minerais 2:1 do grupo das esmectitas, caulinita e quartzo. Nos perfis 6, 17 e 18, a caulinita é o mineral mais expressivo no DRX (intensidade e área do reflexo). Já nos perfis 13 e 22, a esmectita apresentou maior expressividade que a caulinita. Reflexos intermediários na região de  $15$  a  $30^\circ 2\theta$  indicam a presença de remanescentes de minerais primários (micas e feldspatos) na fração argila.

Os dados de DRX mostraram não haver diferença na alteração mineralógica ao longo da transição rocha-saprolito-solo, entre perfis ácidos e básicos. No entanto, nos perfis 13 e 22 houve maior expressividade de esmectita na fração argila do horizonte A, enquanto nos demais perfis houve predomínio de caulinita. A esmectita é um mineral expansivo que além de elevar o grau de consistência dos solos, limita o seu uso para aterros devido à significativa contração em baixa umidade (VAUGHT et al., 2006).

Os dados geotécnicos são apresentados na Tabela 6. No teste de proctor normal os perfis 13, 17 e 18 apresentaram o maior valor de  $D_{max}$  no horizonte A, enquanto que no P22, o maior valor de  $D_{max}$  foi encontrado no horizonte Cr2. Nos horizontes saprolíticos (Cr) a variação na densidade máxima foi de 1,18 a 1,50 g  $cm^{-3}$  entre os perfis. As umidades máximas de compactação apresentam seus valores mais elevados nos horizontes Cr.

A granulometria possui relação com atributos como a retenção de água e força de adesão e coesão entre partículas que influenciam nas propriedades geotécnicas do solo. Para todos os perfis a maior quantidade de argila nos horizontes A proporcionou menor  $U_c$  e maior  $D_{máx}$  no teste de Proctor, quando comparados aos horizontes Cr. Correlação negativa entre  $U_c$  e  $D_{máx}$  e positiva entre teor de argila e  $D_{máx}$  foi verificada por Aragon et al. (2000).

Figura 3 – Difractogramas de raios-X das amostras de solo, saprolitos e rochas: (A) perfil 18 (B) perfil 22



Fonte: Autor.

Qz: quartzo; Kt: caulinita; 2:1: mineral do tipo 2:1; FCa-Na: feldspatos cálcico-sódicos; FK: feldspato potássico

Tabela 6 – Dados geotécnicos dos Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral no sul do Brasil

Teste	Variáveis	P6		P13			P17			P18		P22		
		A	Cr/A	A	Cr1	Cr2	A	Cr1	Cr2	A	Cr	A	Cr1	Cr2
PN	Ds	1,39	1,23	1,29	1,18	1,22	1,02	1,25	1,04	1,23	1,24	1,35	1,4	1,47
	Uc	190	260	210	310	300	220	280	260	210	240	210	260	210
	Dmax	1,51	1,31	1,50	1,18	1,29	1,48	1,45	1,33	1,51	1,37	1,38	1,35	1,43
	GC	92	94	86	100	95	69	86	78	81	91	98	100	100
CS	LC	30	29	28	30	28	32	29	27	29	29	27	28	29
	LP	32	36	29	51	41	34	30	37	31	35	36	34	36
	LL	37	52	34	63	50	43	33	38	33	36	37	38	38
	IP	5	16	5	12	9	9	3	1	2	1	1	4	2
	Friab	2	7	1	21	13	2	1	10	2	6	9	6	7
CU 6	DSI	1,49	1,30	1,31	0,94	1,21	1,15	1,26	1,07	1,09	1,16	1,22	1,36	1,48
	DSF	1,81	1,65	1,91	1,28	1,51	1,76	1,82	1,51	1,70	1,51	1,67	1,73	1,88
	IVI	0,66	0,94	0,99	1,54	1,10	1,05	1,00	1,39	1,35	1,24	1,12	0,83	0,67
	IVF	0,01	0,00	0,02	0,06	0,09	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,07	0,07	0,00
	PPC	70,6	99,0	55,8	95,7	107	59,1	68,8	121	54,4	232	67,3	90,8	63,1
	IC	0,17	0,26	0,37	0,43	0,27	0,44	0,38	0,46	0,48	0,43	0,35	0,27	0,20
CU 10	DSI	1,65	1,36	1,28	0,99	1,29	1,14	1,29	1,21	1,19	1,25	1,38	1,32	1,34
	DSF	2,05	1,78	1,81	1,30	1,60	1,71	1,82	1,59	1,81	1,58	1,73	1,64	1,69
	IVI	0,50	0,85	1,03	1,42	0,99	1,10	0,95	1,13	1,15	1,11	0,87	0,86	0,85
	IVF	0,01	0,02	0,03	0,08	0,19	0,13	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,13	0,14
	PPC	92,7	112	71,9	128	95,9	64,6	97,0	126	60,4	258	107	76,7	80,2
	IC	0,19	0,30	0,38	0,40	0,27	0,47	0,39	0,36	0,46	0,37	0,25	0,22	0,24

Fonte: autor.

PN: Proctor Normal; CS: Consistência; CU 6: Compressibilidade uniaxial a 6 kPa; CU 10: Compressibilidade Uniaxial a 10 kPa; Ds= Densidade do solo no campo ( $\text{g cm}^{-3}$ ); Uc= Umidade crítica ( $\text{g kg}^{-1}$ ); Dmax= Densidade Máxima ( $\text{g cm}^{-3}$ ); GC= Grau de Compactação (%); LC= limite de contração (% de umidade); LL= limite de liquidez (% de umidade); LP= limite de plasticidade (% de umidade); IP= índice de plasticidade (% de umidade); Friab= (% de umidade); DSI= densidade inicial do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ); DSF= densidade final do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ); IVI= índice inicial de vazios; IVF= índice final de vazios; PPC= pressão de pré-consolidação; IC= índice de compactação.

O GC variou de 81 % no horizonte A do P18 a 100 % no horizonte Cr1 (P13 e P22) e Cr2 (P22). O GC é utilizado como indicativo da suscetibilidade à compactação do solo/saprolito (OLIVEIRA et al., 2010). Valores acima de 86 % podem estar associados a restrição do desenvolvimento de plantas. As amostras dos horizontes Cr apresentaram GC acima deste limite, indicando o seu potencial para o uso em aterros. Os horizontes A apresentaram valores inferiores nos perfis 13, 17 e 18, provavelmente devido ao efeito do COS.

No teste de consistência, o LC variou de 27 a 32 %. O LP variou de 29 a 51 %, com valores menores no P18 e maiores no P13. O LL variou de 33 % no Cr1 do P17 e A do P18 até 63 % no Cr1 do P13. O P18 apresentou menor LL, seguido pelo P22. O IP variou de 1 no

Cr2 do P17, Cr do P18 e A do P22 até 16 no Cr/A do P6. Nos perfis 6, 13 e 22 o horizonte A apresentou menor IP que os horizontes Cr. A faixa de friabilidade variou de 1 no A do P13 e Cr1 do P17 até 21 no Cr1 do P13.

O grau de consistência do solo/saprolito é afetado pelo teor de argila (KLEIN, 2008) e COS (VASCONCELOS et al., 2010), entretanto, neste trabalho, as amostras dos horizontes A, quando comparadas aos horizontes Cr, com menor teor de argila e COS, não foram superiores para a maioria dos limites e índices testados (LC, LP, LL e IP). O IP está relacionado com o intervalo de umidade ótimo para o material ser trabalhado em aterros e obter compactação adequada. Os dados de IP obtidos indicam que apenas o P6 e P13 apresentaram horizonte Cr com IP apropriado, acima de 7. Os demais horizontes Cr apresentaram IP variando de 1 a 4, o que dificulta o manejo de adensamento destes materiais em aterros devido ao seu intervalo de umidade ótimo para esta operação ser muito pequeno.

Quanto ao teste de compressibilidade uniaxial (Tabela 6), a DSI variou de  $0,95 \text{ g cm}^{-3}$  (P13 Cr2) a  $1,49 \text{ g cm}^{-3}$  (P6 A) no teste a 6 kPa. No teste a 10 kPa a DSI variou de  $0,99 \text{ g cm}^{-3}$  (P13 Cr1) a  $1,65 \text{ g cm}^{-3}$  (P6 A). A DSF, a 6 kPa, apresentou menor valor no P13 ( $1,28 \text{ g cm}^{-3}$ ) e maior valor no P13 A ( $1,91 \text{ g cm}^{-3}$ ). A 10 kPa a DSF variou de  $1,30 \text{ g cm}^{-3}$  no P13 Cr1 a  $2,05 \text{ g cm}^{-3}$  no P6 A.

Na compressibilidade o IC é um indicativo da suscetibilidade do material à compactação e a PPC é uma estimativa da sua capacidade de suporte de carga (KONDO; DIAS JUNIOR, 1999; SILVA et al., 2001; DÉFOSSEZ et al., 2014). Comparando o IC entre os horizontes A e Cr, para as duas umidades avaliadas, verificou-se que com exceção do P6, todos os demais perfis apresentaram maior suscetibilidade a compactação nos horizontes A. Estudos mostram que o teor de argila afeta o IC. Solos argilosos são mais susceptíveis à compactação devido à capacidade de manterem maior umidade a maiores tensões (SUZUKI et al., 2008). Dentro dos horizontes Cr, houve variação de valores mais elevados nas duas umidades avaliadas. Os valores elevados de IVI em ambas as umidades avaliadas são comuns em saprolitos de rochas vulcânicas devido à formação de porosidade viabilizada pela alteração de minerais primários (REN et al., 2017).

Os dados de DSF mostram que os horizontes saprolíticos (Cr) do P22 foram os únicos a apresentarem valor superior na umidade equilibrada a 6 kPa. A compactação máxima em umidades inferiores é promovida pelo baixo teor de COS e silte+argila (DIAZ ZORITA; GROSSO, 2000). Com exceção do Cr1 do P13, todos os demais horizontes apresentaram DSF a 10 kPa superior e 1,6, indicando potencialidade para o seu uso em aterro.



Quanto à capacidade de suporte de carga (PPC), os valores observados a 10 kPa são maiores, mostrando que o suporte de carga é maior nesta condição de umidade, concordando com os resultados obtidos por Gontijo et al. (2011) que observou que a PPC é inversamente proporcional à umidade do solo. É importante destacar que pressões acima da PPC causam deformações não recuperáveis (SILVA et al., 2002), por isso, para fins geotécnicos, destacam-se os perfis 6, 17 e 22 com menores valores de PPC e, conseqüentemente, maiores potenciais de compactação.

O IVF a 6 kPa foi superior a zero no P6 A, P13 A-Cr1-Cr2, P18 A e P22 A-Cr1. A 10 kPa o IVF foi elevado no P13 Cr2 (0,19), P17 A (0,13), P22 Cr1 (0,13) e P22 Cr2 (0,14). A PPC a 6 kPa variou de 54,4 no P18 A a 232 no P18 Cr. A 10 kPa a PPC variou de 60,4 no P18 A a 258 no P18 Cr. O IC a 6 kPa foi inferior no P6 A (0,17) e superior no P18A (0,48). A 10 kPa o IC foi inferior no P6 A (0,19) e superior no P17 A (0,47).

Todos os dados geotécnicos avaliados mostram que as amostras de solo (horizontes A) e saprolitos (horizontes Cr) apresentam comportamento irregular, fora do padrão, sem relação com clara com variáveis como argila, COC e mineralogia, as quais são tradicionalmente reportadas na literatura. Mecanicamente, todas as amostras apresentaram potencial para uso em aterros de estradas e sítios de construção, contudo, com capacidade de compressão, necessidade de umidade e intervalo de umidade ótimo diferentes, exigindo atenção técnica para a operação correta e eficiente.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados apresentados no artigo sobre as propriedades hídricas e mecânicas de Neossolos Regolíticos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas básicas e ácidas da Formação Serra Geral mostram que características relacionadas à retenção de água, porosidade, textura, densidade e propriedades geotécnicas na transição material de origem-saprolito-solo são, por vezes, distintas daquelas estabelecidas para solos e amplamente divulgadas na literatura científica. Muitas das relações entre granulometria, mineralogia, e matéria orgânica, já evidenciadas em amostras de solos, não se repetem claramente nas amostras de saprolitos.

Os resultados apresentados neste trabalho indicam a necessidade de maiores estudos sobre as propriedades hídrico-mecânicas de perfis de solos rasos com horizontes saprolíticos próximos da superfície. Em se tratando de Neossolos Regolíticos, esses aspectos são

imprescindíveis, visto que esta classe possui severas limitações de uso, onde o manejo inadequado pode resultar em consequências negativas ao ambiente.

Além disso, os resultados das propriedades hídricas dos materiais trabalhados indicaram comportamento de retenção de água que colocam estes solos como alternativa para o cultivo sustentável de algumas espécies. Estes dados são ambientalmente importantes para o reconhecimento da necessidade de manejo sustentável destes solos rasos, que só no RS, constituem mais de 25 % do território.

## 9. CONCLUSÕES

A condutividade hidráulica saturada apresentou elevada variação entre as amostras de solo e saprolito (de 0,41 a 308,20 cm h<sup>-1</sup>), sendo mais elevada no horizonte A em 6 dos 8 perfis avaliados. Os horizontes Cr dos Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral apresentaram retenção de água superior ao horizonte A. Não houve distinção no comportamento hídrico das amostras derivadas de rochas ácidas e básicas.

Os testes geotécnicos mostraram grande heterogeneidade dentro e entre os perfis de Neossolos Regolíticos. Atributos como argila e COS afetaram as amostras de forma variável, sem comportamento padrão citado na literatura. A acidez da rocha e mineralogia dos horizontes não afetou o comportamento das amostras testadas. Todos os perfis possuem potencial para uso em aterros, com destaque para o perfil 6 que apresentou IP adequado, baixa pressão de pré-consolidação e elevada densidade final após compressão a 10 kPa.

## 10. REFERÊNCIAS

- ARAGON, A. et al. Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test: The relationship with organic carbon and water content. **Soil and Tillage Research**, v. 56, p. 197-204, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo. Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 10 p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 1989. 596 p.
- BIDDLE, D. L.; CHITTLEBOROUGH, D. J.; FITZPATRICK, R. W. An algorithm to model mass balances quantitatively. **Computers & Geosciences**, v. 24, p. 77-82, 1998.
- BONGIOLO, E. M. et al. Quantification of porosity evolution from unaltered to propylitic-altered granites: the <sup>14</sup>C-PMMA method applied on the hydrothermal system of Lavras do Sul, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n. 3, p. 503-517, 2007.
- BORNYASZ, M. A.; GRAHAM, R. C.; ALLEN, M. F. Ectomycorrhizae in a soil-weathered granitic bedrock regolith: Linking matrix resources to plants. **Geoderma**, v. 126, p. 141-160. 2005.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 716 p.
- BRAIDA, J. A. et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 605-614, 2006.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul**. Recife: DNPEA-MA, 1973. 431 p. (Boletim Técnico N° 30).
- BUHRKE, V. E.; JENKINS, R.; SMITH, D. K. **A practical Guide for the Preparation of Specimens for X-ray Fluorescence and X-ray Diffraction Analysis**. New York: Wiley-VCH, 1998. 333 p.
- BUOL, S. W. **Saprolite – regolith taxonomy – an approximation**. In: CREMEENS, D. L.; BROWN, R. B.; HUDDLESTON, J. H. Whole regolith pedology. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 119-132. (Special Publication, n. 34).
- BUSS, H. L. et al. **Mineral dissolution at the granite-saprolite interface**. In 11<sup>th</sup> International Symposium on Water-Rock Interaction. WANTY, R. B., SEAL, R. R. I. Saratoga Springs, NH: Taylor and Francis, 2004. p. 819-823.
- CALVERT, C. S.; BUOL, S. W.; WEED, S. B. Mineralogical characteristics and transformation of a rock-saprolite-soil sequence in the North Carolina Piedmont: I. Profile

morphology, chemical composition, and mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 1096-1103, 1980.

CHADWICK, A. O.; BRIMHALL, G. H.; HENDRICKS, D. M. From a black to a gray box a mass balance interpretation of pedogenesis. **Geomorphology**, v. 3, p. 369-390, 1990.

CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, A. C. Mineral weathering in acid saprolites from subtropical, Southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 601-607, 2007.

COSTA, A. S. C. et al. Clay mineralogy and cation exchange capacity of Brazilian soils from water contents determined by thermal analysis. **Thermochimica Acta**, v. 413, p. 73-79, 2004.

COSTA, C. N. **Introdução à descrição e classificação das rochas**. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia/Departamento de Engenharia Civil, 2006. 15 p.

DÉFOSSEZ, P. et al. Modelling the impact of declining soil organic carbon on soil compaction: application to a cultivated Eutric Cambisol with massive straw exportation for energy production in Northern France. **Soil and Tillage Research**, v. 141, p. 44-54, 2014.

DEMATTÊ, J. L. I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos região-amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215 p.

DIAS JÚNIOR, M. S.; MIRANDA, E. E. V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, p. 337-346, 2000.

DÍAZ-ZORITA, M.; GROSSO, G. A. Effect of soil texture, organic carbon and water retention on the compactability of soils from the Argentinean pampas. **Soil and Tillage Research**, v. 55, p. 121-126, 2000.

DOBEREINER, L.; DURVILLE, J. L.; RESTITUITO, J. Weathering of the massiac gneiss (Massif Central, France). **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, n. 47, p. 79-96, 1993.

DONAGEMMA, G. K. et al. (Org.) **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

DRIESE, S. G.; MCKAY, L. D.; PENFIELD, C. P. Lithologic and pedogenic influences on porosity distribution and groundwater flow in fractured sedimentary saprolite: A new application of environmental sedimentology. **Journal of Sedimentary Research**, v. 71, p. 843-857, 2001.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 507-514, 1999.

FONTES, M. P. F. Intemperismo de rochas e minerais. In: KER, J. C. et al. **Pedologia – Fundamentos**. 1. ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 171-206.

FRAZIER, C. S. et al. A Field Study of Water Flow and Virus Transport in Weathered Granitic Bedrock. **Vadose Zone Journal**, v. 1, p. 113-124, 2002.

GOLDSTEIN, J. I. et al. **Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1992. 820 p.

GONTIJO, I. et al. Spatial patterns of preconsolidation pressure and soil moisture along transects in two directions under coffee. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1189-1196, 2011.

GRAHAM, R. C.; ROSSI, A. M.; HUBBERT, K. R. Rock to regolith conversion: Producing hospitable substrates for terrestrial ecosystems. **GSA Today**, v. 20, p. 4-9, 2010.

GRAHAM, R. C.; TICE, K. R.; GUERTAL, W. R. The pedologic nature of weathered rock. **Whole regolith pedology**. Soil Science Society of America, USA, 1994. p. 22-40. (Special Publication, nº 34)

GRAHAM, R. C. et al. Morphology, porosity, and hydraulic conductivity of weathered granitic bedrock and overlying soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 2, p. 516-522, 1997.

GRAHAM, R. C. et al. Rock to regolith conversion: Producing hospitable substrates for terrestrial ecosystems. **GSA Today**, v. 20, p. 4-9, 2010.

GROHMANN, F.; MEDINA, H. P. Características de umidade dos principais solos do estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 21, p. 285-295, 1962.

GUBIANI, P. I. et al. Suplemento excel para modelar a curva de compressão do solo. In: **XX Congresso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo**; 2014; Cusco.

HUBBERT, K. R. et al. Roles of weathered bedrock and soil in seasonal water relations of *Pinus jeffreyi* and *Arctostaphylos patula*. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p. 1947-1957, 2001.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS. **Basic geotechnical description of rock masses**. International Society of Rock Mechanics, Commission on the Classification of Rocks and Rocks Masses, Portugal, 1981. p. 85-110.

IRFAN, T. Y. **Mineralogy and fabric characterization and classification of weathered granitic rocks in Hong Kong**. GEO Report, n. 41, Honk Kong, 1994. 159 p.

JONES, D. P.; GRAHAM, R. C. Water-Holding Characteristics of Weathered Granitic Rock in Chaparral and Forest Ecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 256-261, 1993.

KÄMPF, N.; CURI, N. **Conceito de solos e sua evolução histórica**. In: KER, J. C. et al. **Pedologia – Fundamentos**. 1. ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 1-20.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: UPF, 2008. 212 p.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 23, p. 211-218, 1999.

LANZANOVA, M. E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 31, p. 1131-1140, 2007.

LIETZKE, D. A.; WEBER, R. S. The importance of Cr horizons in soil classification and interpretations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 45, p. 593-599, 1981.

MACHADO, S. R. V. **Caracterização química, física e mineralógica de saprolitos do estado de São Paulo e suas implicações na taxonomia e uso agrícola**. 1997. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, 1997.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MARESCHAL, L. et al. Relationship between the weathering of clay minerals and the nitrification rate: a rapid tree species effect. **Biogeochemistry**, v. 309, p. 112-293, 2013.

MAZURANA, M. et al. Soil susceptibility to compaction under use conditions in southern Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, p. 60-71, 2017.

MAZURANA, M. et al. Sistemas de preparo de solo: Alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1197-1206, 2011.

MCKAY, L. D. et al. Hydrogeology and pedology of saprolite formed from sedimentary rock, eastern Tennessee. **Geoderma**, v. 126, p. 27-45, 2005.

MELO, G. L.; PETRY, M. T.; CARLESSO, R. Disponibilidade de água às plantas de milho, sorgo e soja submetidas a déficit hídrico em distintas classes de textura. In: **XIV Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água**. Cuiabá, MT, 21 a 26 de julho de 2002.

MENEZES, R.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 361-367, 2007.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 963-969, 2004.

NAVARRE-SITCHLER, A. K. et al. Porosity and surface area evolution during weathering of two igneous rocks. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 109, p. 400-413, 2013.

OLIVEIRA J. B. **Pedologia Aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 414 p.

OLIVEIRA, V. S. et al. Compactação de um Argissolo Amarelo distrocoeso submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 914-920, 2010.

ORTIGARA, C. et al. Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 619-626, 2014.

PEDRON, F. A.; AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D. Alteração mineralógica de Neossolos em uma clima-litossequência no Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**. v. 42, p. 451-458, 2012.

PEDRON, F. A. et al. Solos urbanos. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1647-1653, 2004.

PEDRON, F. A. et al. Boundary between Soil and Saprolite in Alisols in the South of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 643-653, 2015.

PEDRON, F. A. et al. Condutividade e retenção de água em Neossolos e saprolitos derivados de Arenito. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1253-1262, 2011.

PEDRON, F. A. et al. Morfologia dos contatos entre solo-saprolito-rocha em Neossolos derivados de arenitos da Formação Caturrita no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1941-1950, 2010.

PEDRON, F. A. et al. Morfologia e classificação taxonômica de Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 119-128, 2009.

PELLANT, C.; PELLANT, H. **Rocks and Minerals**. 1. ed. Bloomsbury Publishing, 2014. 192 p.

PELOGGIA, A. U. G. Estruturas geológicas do manto de intemperismo e modelos geoestruturais aplicados à análise de risco de escorregamentos: os maciços de alteração de rochas foliadas. **Revista UnG – Geociências**, v. 13, p. 50-61, 2014.

PINTO, L. F. S.; KAMPF, N. Balanço geoquímico de solos derivados de rochas básico-ultrabásicas no ambiente subtropical do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 651-658, 1997.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.

REINERT, D. J. et al. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, 2008.

REN, Z. et al. Study of physico-mechanical properties of Emeishan basalt saprolites in Yunnan, China. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 76, p. 617–628, 2017.

ROCCHI, I.; COOP, M. R. The effects of weathering on the physical and mechanical properties of a granitic saprolite. **Geotechnique**, v. 65, p. 482–493, 2015.

ROSE, K. L. et al. Water source utilization by *Pinus jeffreyi* and *Arctostaphylos patula* on thin soils over bedrock. **Oecologia**, v. 134, n. 1, p. 46–54, 2003.



SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa: SBCS, 2015. 100 p.

SARTORI, P. L. P. Geologia e geomorfologia de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, p. 19-42, 2009.

SCHOENEBERGER, P. J. et al. **Field book for describing and sampling soils**. Version 3.0. Lincoln: Natural Resources Conservation Service, 2012. 298 p.

SILVA, R. B. et al. Alterações de propriedades físicas e hídricas de um Latossolo Vermelho distrófico pela adsorção de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 791-798, 2001.

SILVA, V. R. et al. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. I - Estado inicial de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1-8, 2002.

SILVA, A. B. et al. Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 147-157, 2014.

SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L.; CAMARGO, O. A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 10, p. 91-95, 1986.

STERNBERG, P. D. et al. Root distribution and seasonal water status in weathered granitic bedrock under chaparral. **Geoderma**, v. 72, p. 89-98, 1996.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 3, p. 229-235, 1991.

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

STÜRMER, S. L. K. et al. Relação da granulometria do solo e morfologia do saprolito com a infiltração de água em Neossolos Regolíticos do rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2057-2064, 2009.

SUZUKI, L. E. A. S. et al. Estimativa da susceptibilidade a compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 963-973, 2008.

VAN GENUCHTEN, M. T. A. Closed-form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of American Journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

VASCONCELOS, R. F. B. et al. Limites de consistência e propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrocoeso sob aplicação de diferentes resíduos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 639-948, 2010.

VASCONCELOS, R. F. B. et al. Compactabilidade de um Latossolo Amarelo distrocoeso dos tabuleiros costeiros de Alagoas sob diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 537-545, 2012.

VAUGHT, R.; BRYE K. R.; MILLER, D. M. Relationships among coefficient of linear extensibility and clay fractions in expansive, stoney soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 1983–1990, 2006.

VEPRASKAS, M. J. et al. Hydraulic conductivity of saprolite as determined by channels and porous groundmass. **Soil Science Society of America Journal**, v. 55, p. 932–938, 1991.

VEPRASKAS, M. J. Predicting contaminant transport along quartz veins above the water table in a mica-schist saprolite. **Geoderma**, v. 126, p. 47-57, 2005.

WALD, J. A. et al. Distribution and properties of soft weathered bedrock at  $\leq 1$  m depth in the contiguous United States. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 38, n. 6, p. 614–626, 2013.

WATANABE, R. et al. Soil Compressibility under Irrigated Perennial and Annual Crops in a Semi-Arid Environment. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-17, 2017.

WHITTING, L. D.; ALLARDICE, W. R. **X-ray diffraction techniques**. In: KLUTE A. *Methods of Soil Analysis - Part 1: Physical and mineralogical methods*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy - Soil Science Society of America, 1986. p. 331-362.

WITTY, J. H. et al. Contributions of water supply from the weathered bedrock zone to forest soil quality. **Geoderma**, v. 114, p. 389–400, 2003.

## **APÊNDICE A - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA, ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS PERFIS**

### **A - Descrição Geral**

#### **PERFIL – Ponto 6**

DATA: 06/03/2010

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Regolítico

SITUAÇÃO: Corte em campo

LOCALIZAÇÃO: Campo do Sr. Beto

– Coordenadas UTM: 229553 S e 6720610 W

– Elevação: 458 m

LITOLOGIA: Rocha ácida.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE: Pedregoso

MATERIAL DE ORIGEM: Vulcânica ácida

USO ATUAL: Campo nativo

CLIMA: Subtropical úmido sem estiagem, da classificação de Maluf

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron, Gabriel A. Deobald, Rodrigo Bomicielli, Marcos P. Dalla Rosa, André C. Dotto

### **B - Descrição Morfológica**

**A** 0 – 25 cm, Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4 úmido), blocos subangulares, pequenos a médios, fraca a moderada; firme a muito firme, pegajoso e plástico; transição irregular e clara; muitos poros de até 3 mm.

**CrA** 25 – 75 cm, Bruno-avermelhado-escuro e Bruno-forte (solo 5YR 3/3 úmido e saprolito 7,5YR 5/8 úmido), blocos subangulares, pequenos a médios, moderada; solo friável e saprolito firme a friável; muito pegajoso e plástico; transição irregular e clara; muitos poros de até 3 mm.

**RCr1** 75 – 105 cm, Bruno-forte (saprolito 7,5YR 5/6 úmido), estrutura maciça da rocha; consistência dura; transição irregular e clara.

**RCr2** 105+ cm, estrutura maciça da rocha; consistência extremamente duro;

### OBSERVAÇÕES:

- RAÍZES: Comuns em A, finas de gramíneas, poucas em CrA e raras em RCr<sub>1</sub> e RCr<sub>2</sub>.
- Na camada CrA, o saprolito é cortado facilmente com a pá de corte.
- Na camada RCr<sub>1</sub>, o saprolito é cortado com dificuldade com a pá e com moderada dificuldade com a picareta.
- Na camada RCr<sub>2</sub>, o saprolito apenas quebra com a picareta.

### C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte	Frações da amostra total				Composição Granulométrica da Terra Fina				ADA	G.F. %	S/A
	Símb.	Prof. cm	Calhaus	Casc.	Terra Fina	Areia grossa	Areia fina	Silte			
		-----g Kg <sup>-1</sup> -----									
<b>A</b>	0-25	0	138	862	69	74	577	280	280	0	2,06
<b>CrA</b>	25-75	279	408	313	4	118	556	322	269	16	1,73
<b>RCr<sub>1</sub></b>	75-105	980	0	20	-	-	-	-	-	-	-
<b>RCr<sub>2</sub></b>	105+	980	0	20	-	-	-	-	-	-	-

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila;

Hor.	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo							V	m	COT	
	Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>				CTC
	-----cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> -----										-----%-----	g Kg <sup>-1</sup>	
<b>A</b>	4,9	4,3	2,4	0,9	0,57	0,09	3,9	0,2	2,8	24	57	5	18,7
<b>CrA</b>	4,8	4,2	1,7	0,5	0,67	0,06	2,9	0,7	4,2	24	37	20	6,3
<b>RCr<sub>1</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>RCr<sub>2</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: Carbono orgânico total.

**D – PERFIL E PAISAGEM – PERFIL 6.**

## A - DESCRIÇÃO GERAL

### PERFIL – Ponto 13

DATA: 07/03/2010

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Regolítico

SITUAÇÃO: Corte em estrada

LOCALIZAÇÃO: Estrada reserva Ibicuí próximo área Fábio

– Coordenadas UTM: 225882 S e 6726737 W

– Elevação: 284 m

LITOLOGIA: Rocha básica.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral

RELEVO LOCAL: Forte ondulado

EROSÃO:

DRENAGEM: Bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE: Pedregoso e rochoso

MATERIAL DE ORIGEM: Vulcânica

USO ATUAL: Capoeira (campo sujo)

CLIMA: Subtropical úmido sem estiagem, da classificação de Maluf

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron, Gabriel A. Deobald, Rodrigo Bomicielli, Marcos P. Dalla Rosa, André C. Dotto

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**A** 0 – 10 cm, Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3 úmido), blocos angulares e subangulares, pequenos a médios; moderada; friável; ligeiramente pegajoso e plástico; transição clara e plana; muitos poros pequenos.

**Cr1** 10 – 50 cm, Bruno-avermelhado-escuro (saprolito 5YR 3/3 úmido), estrutura maciça da rocha; friável; transição plana e gradual.

**Cr2** 50 – 90+ cm, Bruno-avermelhado-escuro (saprolito 5YR 3/3 úmido) estrutura maciça da rocha; friável.

### OBSERVAÇÕES:

- RAÍZES: Comuns em A, poucas em Cr<sub>1</sub>, raras em Cr<sub>2</sub>. As raízes são finas de gramíneas de aproximadamente 3 mm.

- No horizonte A existem alguns bioporos de até 0,5 cm de diâmetro.

- Na camada Cr<sub>1</sub> encontra-se um material muito podre, quase com estrutura de solo. Pode-se dizer que esta camada está em transição entre Cr a C. É facilmente cortado com a pá de corte.
- Na camada Cr<sub>2</sub> o saprolito é cortado com pá de corte com moderada a alta dificuldade.

### C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte	Frações da amostra total			Composição Granulométrica da Terra Fina					ADA	G. F. %	S/A
	Símb.	Prof. cm	Calhaus	Casc.	Terra Fina	Areia grossa	Areia fina	Silte			
			-----g Kg <sup>-1</sup> -----								
<b>A</b>	0-10	130	377	493	111	354	416	120	102	15	3,48
<b>Cr<sub>1</sub></b>	10-50	0	666	334	69	346	393	192	157	18	2,05
<b>Cr<sub>2</sub></b>	50-90+	0	980	20	-	-	-	-	-	-	-

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila;

Hor.	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo							v	m	COT.	
	Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>				CTC
			-----cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> -----										
<b>A</b>	5,3	5,0	7,6	5,8	1,56	0,10	15,1	0	1,3	138	92	0	12
<b>Cr<sub>1</sub></b>	5,4	5,0	13,4	12,4	1,13	0,20	27,1	0	1,4	149	95	0	8,4
<b>Cr<sub>2</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: Carbono orgânico total.



**D – PERFIL E PAISAGEM – PERFIL 13.**



## A - DESCRIÇÃO GERAL

### PERFIL – Ponto 16

DATA: 07/03/2010

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico

SITUAÇÃO: Descrito e coletado em corte de estrada em trecho médio da coxilha

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 à reserva biológica da CORSAN no município de Itaara

– Coordenadas UTM: 226207 S e 6726665 W

– Elevação: 235 m

LITOLOGIA: Rocha básica.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral

RELEVO LOCAL: Forte ondulado

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE: Pedregosa e rochosa

MATERIAL DE ORIGEM: Basalto

USO ATUAL: Floresta natural

CLIMA: Subtropical úmido sem estiagem, da classificação de Maluf

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron e Gabriel A. Deobald

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**A** 0 – 10 cm; 7,5YR 3/2 (úmido), 5YR 3/3 (seco); franco; blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e irregular, abundantes.

**Cr1** 10 – 30 cm; solo: 7,5YR 3/2 (úmido), 5YR 3/3 (seco); saprolito: 10YR 5/6 (úmido), 10YR 5/8 (seco); blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; Solo: friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; saprolito: muito firme; transição clara e plana, comuns.

**Cr2** 30 – 60 cm; saprolito: 10YR 5/3 (úmido), 10YR 6/8; muito firme; transição clara e ondulada.

**RCr** 60 – 150+ cm.

**OBSERVAÇÕES:**

- RAÍZES: Abundantes, finas e grossas, fasciculadas e pivotantes, de herbáceas e árvores nativas no horizonte A; comuns, finas e grossas, fasciculadas e pivotantes, de herbáceas e árvores nativas no Cr<sub>1</sub>; comuns, finas (menor que 0,5 cm) no Cr<sub>2</sub> e poucas entre as fraturas das rochas no RCr.
- Horizonte A com saprolito arredondado (coluvial), horizonte Cr<sub>1</sub> com rochas parcialmente decompostas de 1 a 30 cm, com terra fina entre o material grosseiro. Horizonte Cr<sub>2</sub> com rochas mais intemperizadas que no horizonte Cr<sub>1</sub>.

**C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte	Frações da amostra total				Composição Granulométrica da Terra Fina				ADA	G. F. %	S/A
	Símb.	Prof. cm	Calhaus	Casc.	Terra Fina	Areia grossa	Areia fina	Silte			
		-----g Kg <sup>-1</sup> -----									
<b>A</b>	0-10	367	381	252	66	207	492	234	55	77	2,10
<b>Cr<sub>1</sub></b>	10-30	629	252	119	31	238	484	247	73	70	1,95
<b>Cr<sub>2</sub></b>	30-60	897	85	18	-	-	-	-	-	-	-
<b>RCr</b>	60-150+	990	0	10	-	-	-	-	-	-	-

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila;

Hor.	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo								V	m	COT.
	Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	CTC			
			-----cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> -----										
<b>A</b>	5,0	5,5	9,5	4,6	1,67	0,12	15,9	0	2,6	79	86	0	55,3
<b>Cr<sub>1</sub></b>	5,3	5,4	6,2	3,6	1,36	0,09	11,2	0	2,4	55	82	0	29,8
<b>Cr<sub>2</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>RCr</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: Carbono orgânico total.

**D – PERFIL E PAISAGEM – PERFIL 16.**

## A - DESCRIÇÃO GERAL

### PERFIL – Ponto 17

DATA: 07/03/2010

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico

SITUAÇÃO: Descrito e coletado em corte de estrada na porção inferior da encosta da serra, em local plano, com declividade de 2% (1°)

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 ao município de São Martinho da Serra, próximo à reserva biológica da CORSAN,

– Coordenadas UTM: 223922 S e 6725975 W

– Elevação: 228 m

LITOLOGIA: Rocha básica.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral

RELEVO LOCAL: Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE: Moderadamente pedregoso e não rochoso

MATERIAL DE ORIGEM: Basalto

USO ATUAL: Campo nativo

CLIMA: Subtropical úmido sem estiagem, da classificação de Maluf

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron e Gabriel A. Deobald

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**A** 0 – 23 cm; 7,5YR 4/4 (úmido), 5YR 3/3 (seco); franco; blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

**Cr1** 23 – 43 cm; solo: 7,5YR 4/4 (úmido), 5YR 3/3 (seco), saprolito: 7,5YR 5/6 (úmido), 7,5YR 6/8 (seco); solo: granular, muito pequena, pegajosa e ligeiramente plástica, saprolito: muito firme; transição clara e plana a ondulada.

**Cr2** 43 – 120 cm: 7,5YR 6/6 (úmido), 7,5YR 6/8 (seco), muito firme.

**CrR** 120 – 140+ cm;

**OBSERVAÇÕES:**

- RAÍZES: Abundantes, finas, de gramíneas diversas no horizonte A, comuns no horizonte Cr<sub>1</sub> e poucas, finas, de gramíneas no horizonte Cr<sub>2</sub> entre as fraturas.
- Horizonte Cr<sub>1</sub> é facilmente cortado com a pá. Horizonte Cr<sub>2</sub> é cortado moderadamente fácil com a pá a facilmente cortado com a picareta. Fraturas verticais e horizontais no Cr<sub>2</sub> bem visíveis.

**C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte	Frações da amostra total	Composição Granulométrica da Terra Fina							ADA	G.F. %	S/A
		Calhaus	Casc.	Terra Fina	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila			
Símb.	Prof. cm	-----g Kg <sup>-1</sup> -----									
<b>A</b>	0-23	0	410	590	83	194	426	296	87	71	1,44
<b>Cr<sub>1</sub></b>	23-43	0	748	252	93	259	361	287	114	60	1,26
<b>Cr<sub>2</sub></b>	43-120	835	145	20	-	-	-	-	-	-	-
<b>CrR</b>	120-140+	865	120	15	-	-	-	-	-	-	-

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de flocculação; S/A: Relação Silte/Argila.

Hor.	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo								V	m	COT
	Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	CTC			
-----cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> -----											-----%-----	g Kg <sup>-1</sup>	
<b>A</b>	5,4	5,3	5,8	4,6	0,72	0,09	11,2	0	2,6	47	81	0	27,9
<b>Cr<sub>1</sub></b>	5,3	5,2	5,0	3,6	0,17	0,13	8,8	0	2,2	38	80	0	17,2
<b>Cr<sub>2</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>CrR</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: Carbono orgânico total.



**D – PERFIL E PAISAGEM – PERFIL 17.**



## **A - DESCRIÇÃO GERAL**

### **PERFIL – Ponto 18**

DATA: 07/03/2010

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico

SITUAÇÃO: Descrito e coletado em corte de estrada na porção superior da coxilha, com declividade de 22 % (12°)

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 ao município de São Martinho da Serra, próximo à reserva biológica da CORSAN

– Coordenadas UTM: 223185 S e 6726093 W

– Elevação: 218 m

LITOLOGIA: Rocha básica.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral

RELEVO LOCAL: Forte ondulado

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE: Ligeiramente pedregoso e não rochoso

MATERIAL DE ORIGEM: Basalto

USO ATUAL: Campo Nativo

CLIMA: Subtropical úmido sem estiagem, da classificação de Maluf

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron e Gabriel A. Deobald

## **B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

**A** 0 – 30 cm; 7,5YR 3/2 (úmido), 5YR 4/3 (seco); franco; blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e plana.

**Cr** 30 – 115 cm; saprolito interno: 7,5YR 6/4 (úmido), 5YR 6/3 (seco), saprolito externo: 5YR 3/3 (úmido); friável; transição abrupta e plana.

**RCr** 115 – 150+ cm.

### **OBSERVAÇÕES:**

- RAÍZES: Abundantes, finas e médias, principalmente de gramíneas no horizonte A e poucas, finas, de gramíneas no horizonte Cr entre as fraturas.

- O horizonte A apresenta fragmentos de saprolito enquanto que o horizonte Cr se encontra bastante alterado, sendo facilmente cortado com a pá e com a faca.

### C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte	Frações da amostra total			Composição Granulométrica da Terra Fina					ADA	G.F. %	S/A
	Símb.	Prof. cm	Calhaus	Casc.	Terra Fina	Areia grossa	Areia fina	Silte			
<b>A</b>	0-30	35	296	669	122	256	372	251	118	53	1,48
<b>Cr</b>	30-115	444	531	25	-	-	-	-	-	-	-
<b>RCr</b>	115-150+	550	430	20	-	-	-	-	-	-	-

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila.

Hor.	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo							V	m	COT.	
	Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>				CTC
<b>A</b>	5,3	5,3	5,9	5,1	0,38	0,11	11,5	0	1,5	52	88	0	19,8
<b>Cr</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>RCr</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: Carbono orgânico total.



**D – PERFIL E PAISAGEM – PERFIL 18.**



## **A - DESCRIÇÃO GERAL**

### **PERFIL – Ponto 19**

DATA: 07/03/2010

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico

SITUAÇÃO: Descrito e coletado em barranco escavado em trecho médio da coxilha, com declividade de 20 % (11°)

LOCALIZAÇÃO: Próximo à empresa Britas Pinhal, entre os municípios de Santa Maria e Itaara

– Coordenadas UTM: 234069 S e 6717342 W

– Elevação: 425 m.

LITOLOGIA: Rocha ácida.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral

RELEVO LOCAL: Ondulado

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE: Moderadamente pedregoso e não rochoso

MATERIAL DE ORIGEM: Riodacito

USO ATUAL: Campo nativo

CLIMA: Subtropical úmido sem estiagem, da classificação de Maluf

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron e Gabriel A. Deobald

## **B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

**A** 0 – 14 cm; 5YR 3/4 (úmido), 5YR 6/2 (seco); franco argiloso; blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

**Cr/A** 14 – 53 cm; solo: 5YR 4/4 (úmido), 5YR 6/2 (seco), blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, ligeiramente plástica e pegajosa; saprolito: 7,5YR 6/6 (úmido), 7,5YR 8/4 (seco); firme, transição clara e plana.

**Cr** 53 – 140 cm; 10YR 5/8 (úmido), 10YR 8/4 (seco), firme; transição clara e plana.

**RCr** 140 – 240+ cm.

**OBSERVAÇÕES:**

- RAÍZES: Comuns, finas e médias, de herbáceas e gramíneas no horizonte A; poucas no horizonte Cr/A e raras no Cr.

- O horizonte Cr é bastante intemperizado e cortado com moderada facilidade pela pá.

**C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte	Frações da amostra total	Composição Granulométrica da Terra Fina							ADA	G. F. %	S/A
		Calhaus	Casc.	Terra Fina	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila			
Símb.	Prof. cm	-----g Kg <sup>-1</sup> -----									
<b>A</b>	0-14	264	482	254	44	169	491	298	158	47	1,65
<b>Cr/A</b>	14-53	0	647	353	16	251	504	228	153	33	2,21
<b>Cr</b>	53-140	705	255	40	-	-	-	-	-	-	-
<b>RCr</b>	140-240+	827	153	20	-	-	-	-	-	-	-

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila.

Hor.	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo								V	m	COT
	Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	CTC			
-----cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> -----											-----%-----	g Kg <sup>-1</sup>	
<b>A</b>	5,5	5,0	6,6	5,5	0,17	0,22	12,6	0	1,5	47	89	0	13,6
<b>Cr/A</b>	5,3	5,0	8,1	8,9	2,81	0,16	20,0	0	2,2	74	90	0	28,8
<b>Cr</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>RCr</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: Carbono orgânico total.

## **A - DESCRIÇÃO GERAL**

### **PERFIL – Ponto 21**

DATA: 28/03/2010

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Regolítico

SITUAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira no campo

LOCALIZAÇÃO: Campo vila Etelvina

– Coordenadas UTM: 229257 S e 6720473 W

– Elevação: 467 m

LITOLOGIA: Rocha ácida.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral

RELEVO LOCAL: Ondulado

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE: Moderadamente pedregoso

MATERIAL DE ORIGEM: Vulcânica ácida

USO ATUAL: Pastagem de Braquiária

CLIMA: Subtropical úmido sem estiagem, da classificação de Maluf

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron, Gabriel A. Deobald, Rodrigo Bomicielli, Marcos P. Dalla Rosa, André C. Dotto

## **B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

**A** 0 – 28 cm, estrutura granular, blocos angulares e subangulares, muito pequenos a médios, moderado; friável, pegajoso e muito plástico; transição plana gradual; muitos poros muito pequenos de até 3 mm.

**CrR** 28 – 70 cm, estrutura maciça da rocha; transição irregular e gradual;

**Cr** 70 – 100+ cm, estrutura maciça da rocha.

### **OBSERVAÇÕES:**

- RAÍZES: Comuns em A, poucas em CrR e raras em Cr, as raízes são finas, fasciculadas de braquiária.

- Horizonte A apresenta pequenos fragmentos de saprolito de até 5 mm. Na transição do horizonte A para a camada CrR, apresenta concreções ferruginosas de coloração bruno-avermelhado de até 1 cm duros e macios em estágio inicial de formação.
- A camada CrR é altamente fraturada, com fraturas menores que 10 cm, o saprolito é duro com alta resistência a escavação e difícil de quebrar com as mãos. Presença de veios de até 1 cm oriundos da rocha.

### C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte	Frações da amostra total	Composição Granulométrica da Terra Fina							ADA	G. F. %	S/A
		Calhaus	Casc.	Terra Fina	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila			
Símb.	Prof. cm	-----g Kg <sup>-1</sup> -----									
<b>A</b>	0-28	0	263	737	74	135	442	348	159	54	1,27
<b>CrR</b>	28-70	0	629	371	27	169	374	429	233	46	0,87
<b>Cr</b>	70-100+	0	957	43	-	-	-	-	-	-	-

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila.

Hor.	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo							V	m	COT	
	Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>				CTC
-----cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> -----											-----%-----	g Kg <sup>-1</sup>	
<b>A</b>	5,7	4,6	6,1	8,1	0,90	0,11	15,2	0,1	1,9	75	89	1	10,9
<b>CrR</b>	4,8	4,4	1,5	1,6	0,49	0,04	3,6	0,1	2,7	18	57	3	23,8
<b>Cr</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: Carbono orgânico total.



**D – PERFIL E PAISAGEM – PERFIL 21.**

## A - DESCRIÇÃO GERAL

### PERFIL – Ponto 22

DATA: 16/06/2010

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Regolítico

SITUAÇÃO: Corte Pedreira

LOCALIZAÇÃO: Pedreira Silveira Martins

– Coordenadas UTM: 251026 S e 6720339 W

– Elevação: 484 m

LITOLOGIA: Rocha ácida.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE: Pedregoso e não rochoso.

MATERIAL DE ORIGEM: Vulcânica ácida Amigdaloidal

USO ATUAL: Campo nativo

CLIMA: Subtropical úmido sem estiagem, da classificação de Maluf

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron, Gabriel A. Deobald, Rodrigo Bomicielli, Marcos P. Dalla Rosa, André C. Dotto

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

<b>A</b>	0 – 12 cm, blocos angulares e subangulares, pequenos a médios, moderado; friável a firme, ligeiramente pegajoso a plástico; transição plana clara; muitos poros muito pequenos a pequenos.
<b>Cr<sub>1</sub></b>	12 – 85 cm, estrutura maciça da rocha; transição plana clara, consistência extremamente firme, pegajoso a ligeiramente plástico;
<b>Cr<sub>2</sub></b>	85 – 140+ cm, consistência extremamente firme, não pegajoso e não plástico.

### OBSERVAÇÕES:

- RAÍZES: Muitas em A, poucas em Cr<sub>1</sub> e raras em Cr<sub>2</sub>, as raízes são finas, fasciculadas de aveia.

- Horizonte A compactado (duro e seco);
- A camada Cr<sub>1</sub> é altamente fraturada, com fraturas pequena de até 0,5 mm e material amigdaloidal alterado (sílica-caulinita);
- Cr<sub>1</sub> e Cr<sub>2</sub> apresentam resistência moderada, ou seja, cortam com pá reta sem dificuldade.

### C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte	Frações da amostra total				Composição Granulométrica da Terra Fina				ADA	G. F. %	S/A
	Símb.	Prof. cm	Calhaus	Casc.	Terra Fina	Areia grossa	Areia fina	Silte			
		-----g Kg <sup>-1</sup> -----									
<b>A</b>	0-12	0	345	655	81	314	393	211	139	34	1,86
<b>Cr<sub>1</sub></b>	12-85	0	963	37	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cr<sub>2</sub></b>	85-140+	125	872	20	-	-	-	-	-	-	-

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila.

Hor.	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo								V	m	COT
	Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	CTC			
			-----cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> -----										
			-----%-----										
<b>A</b>	5,2	4,0	11,1	23,1	0,74	0,10	13,8	0,1	10,9	117	55	1	-
<b>Cr<sub>1</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cr<sub>2</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: Carbono orgânico total.



**D – PERFIL E PAISAGEM – PERFIL 22.**