

LUANA DA SILVA

**CARÁTER RETRÁTIL DE NITOSSOLOS E LATOSSOLOS DO
SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC.

Orientador: Dr.^a Letícia Sequinatto
Co-orientador: Dr. Jaime Antonio de Almeida

LAGES, SC
2015

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Parâmetros físicos. Índice de retração. Grau de contração. Cole. Limites
de Attemberg. Matéria orgânica.

S586c

Silva, Luana da
Caráter retrátil de Nitossolos e Latossolos do
Sul do Brasil / Luana da Silva. - Lages, 2015.
128 p. : il. ; 21 cm

Orientadora: Leticia Sequinatto
Coorientador: Jaime Antonio de Almeida
Bibliografia: p. 104-112
Dissertação (mestrado) - Universidade do
Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, Lages, 2015.

1. Bruno. 2. Método. 3. Retração. I. Silva,
Luana da. II. Sequinatto, Leticia. Universidade do
Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

CDD: 631.44 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do
CAV/ UDESC

LUANA DA SILVA

**CARÁTER RETRÁTIL DE NITOSSOLOS E LATOSSOLOS DO
SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Aprovado em: ____/____/_____
em: ____/____/_____ Homologado

Banca Examinadora:

Orientadora/presidente
Dr^a. Leticia Sequinatto
(UDESC/Lages – SC)

Co-orientador/membro
Dr. Jaime Antonio de Almeida
(UDESC/Lages – SC)

Membro Externo
Dr. Douglas Rodrigo Kaiser
(UFFS/Cerro Largo – RS)

*Ao meu filho Luiz e ao meu eterno
companheiro Diego, pelo amor e paciência
Dedico este trabalho*

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a Deus.

Ao meu eterno companheiro Diego, amigo, marido e incentivador; pelo apoio, compreensão e carinho durante todo tempo.

Ao meu filho Luiz Henrique, pequeno homem capaz de entender as ausências e compromissos.

Aos meus pais Valentim e Neiva, pelo apoio e educação, que sempre deram-me.

A professora Letícia, pela orientação e amizade.

Ao professor Jaime, pela possibilidade de partilhar de seu conhecimento e de suas experiências; e por despertar cada vez mais o interesse pela Pedagogia.

Aos bolsistas Alissa e Marciano, pela colaboração e dedicação aos trabalhos de laboratório.

A todos os colegas dos Laboratórios de Física e de Gênese que de uma forma ou outra contribuíram na realização do trabalho.

Ao professor Jackson, pelo auxílio e disponibilidade de esclarecer dúvidas.

A todos os professores e colegas do curso de pós-graduação que fizeram com que eu continuasse e chegasse até aqui.

A minha amiga Caroline Amadori, pelas conversas alentadoras e pela “consultoria” especial.

Aos amigos que nos fortalece o tempo todo.

A Capes pela bolsa concedida.

A UDESC e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de concluir o mestrado.

RESUMO

SILVA, Luana da. Caráter retrátil de Nitossolos e Latossolos do Sul do Brasil. 2015. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, SC. 2015.

As classes de solos Nitossolos e Latossolos são muito abrangentes em termos de ocupação de área e de grande importância para a exploração agrícola no Brasil e no estado de Santa Catarina. Uma característica típica que ocorre para esses solos do sul do Brasil, nos planaltos altimontanos, especificamente para as sub-ordens Brunos e Vermelhos, refere-se à retração acentuada da massa do solo após exposição e secamento de perfis de solo. Tal característica originou a criação do caráter retrátil, presente na 3ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, para os Latossolos e Nitossolos Brunos e Vermelhos, do Sul do Brasil. Esta pesquisa objetivou efetuar a caracterização física e avaliar a intensidade de retração desses solos. Coletaram-se amostras dos horizontes A e B de sete perfis de solos (Latosolos e Nitossolos), sendo: um Latossolo Bruno (Vacaria) do RS, um Latossolo Vermelho (Campos Novos), um Latossolo Bruno (Vargeão), três Nitossolos Brunos (Painel, Ponte Serrada e Curitiba) do estado de SC e um Latossolo Vermelho (Cascavel), sem a presença do caráter retrátil; para fins de comparação coletou-se um Vertissolo Ebânico (Santana do Livramento) do RS. As análises físicas realizadas foram a porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e de partículas, área superficial específica, granulometria, limites de consistência solo e retenção de água;

determinou-se também a matéria orgânica do solo. Para a avaliação da intensidade de retração dos solos utilizaram-se três métodos distintos: Método da Seringa, para determinação do Coeficiente de Extensibilidade Linear modificado – COLEmod); Método do Mercúrio Metálico – para a obtenção do grau de contração; e um método proposto por esta pesquisa, o Preenchimento do Anel com Areia – pelo qual se obteve um índice de retração. Todos os solos são desenvolvidos de basalto, com textura argilosa e muito argilosa. A intensidade de retração variou em função do Método utilizado porque se utilizaram procedimentos com princípios distintos, sendo que para os Métodos do Mercúrio e da Seringa, utilizou-se o solo deformado, e, para o Método do Preenchimento do Anel com Areia, o solo indeformado. Os valores dos coeficientes e dos índices obtidos pelos diferentes métodos apresentaram boa correlação entre si. Os solos que apresentaram o maior índice de retração pelo método do Preenchimento do Anel com Areia foram o horizonte A do Nitossolo Bruno de Painel e o horizonte B do Nitossolo Bruno de Ponte Serrada; para o Método da Seringa, o solo que apresentou a maior retração foi o horizonte A do Latossolo Bruno de Vacaria; e para o Método do Mercúrio Metálico foi o horizonte B do solo Nitossolo Bruno de Painel. Todos os métodos resultaram em menor intensidade de retração para o Latossolo Vermelho (Cascavel), resultado já esperado. Dentre as propriedades físicas do solo, aquelas que tiveram maior correlação com a retração foram a área superficial específica, os limites de liquidez e a porosidade total do solo. O novo método proposto se mostrou, diante dos já consolidados (Mercúrio e Seringa), como uma boa alternativa para avaliar a retração dos solos, visto que além de resultados satisfatórios se trata de um Método de simples operação.

Palavras-chave: Bruno. Método. Retração.

ABSTRACT

SILVA, Luana da. Retractable Character Nitossolos and Latossolos in Southern Brazil. 2015. 131f. Dissertation (Master in Soil Science) – Santa Catarina State University. Graduate Program in Agricultural Sciences, Lages. 2015.

The Nitossolos and Latossolo soil classes are very embracing in terms of area of occupancy is great importance to the farm in Brazil and in the state of Santa Catarina. A typical characteristic that occurs in these soils from Southern Brazil, in highland plateaus, specifically for Brunos and Vermelhos sub-orders, refers to pronounced shrinkage soil mass after exposure and drying of soil profile. This characteristic originated the creation of the retractable character, present at the 3rd edition of the Brazilian System of Soil Classification, for the Latossolos and Nitossolos Brunos and Vermelhos, in Southern Brazil. This search aimed conducts a study of the physical characterization and intensity of contraction of these soils. Were collected the A and B horizons of seven soil profiles, in RS, one Latossolo Bruno (Vacaria); in SC one Latossolo Vermelho (Campos Novos), one Latossolo Bruno (Vargeão), three Nitossolo Bruno (Painel, Ponte Serrada e Curitibanos); in the PR one Latossolo Vermelho (Cascavel) - this without the presence of shrinkage character, for comparison purposes, and in RS one Vertissolo Ebânico (Santana do Livramento). Physical analyzes comprised the total porosity, macro and micro, soil and particle density, specific surface area, particle size, limits of soil consistency, water retention and soil organic matter. For the analysis of determination of soil shrinkage intensity, were used three different methods: Syringe method (modified COLE) - obtaining the index of shrinkage; Metallic Mercury Method - obtaining the degree of contraction; and a

method proposed by this research, the Ring Fill Sand - finding the retraction index. All the soils were classified as clayey and high clayey content. The intensity of retraction varied depending on the method used because our use different forms procedure considering that for the methods of Mercury and Syringe using the deformed soil and the Ring Fill Sand Method is used the undisturbed soil. However, the methods presented a good correlation. As the retraction intensities, Ring Fill Sand Method, soils that apresentation the biggest retraction index were the horizon A of Nitosoil Brown of Painel and B horizon of Nitosoil Brown of Ponte Serrada; for the Seringe Method, the soil that apresentation the biggest retraction index were the horizon The Oxisoil Brown of Vacaria; and the Metallic Mercury of method was the B soil horizon Nitosoil Brown of Painel. All methods apresented the least amount of retraction for the Oxisoil Red of Cascavel. Among the physical properties of the soil, those which had a higher correlation with the retraction of soil were specific surface area, liquidity limits total soil porosity. The proposed new method was, before the already consolidated (Mercury and Syringe) as a good proposal to evaluate the retraction of the soil, since besides satisfactory results it is a simple method of operation.

Key-words: Bruno. Retraction. Method.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa com a distribuição dos Nitossolos no Brasil.....	38
Figura 2: Mapa com a distribuição dos Latossolos no Brasil.....	39
Figura 3. Detalhe do fendilhamento em face exposta ao sol de perfil de Latossolo Vermelho com caráter retrátil de Campos Novos (SC).	44
Figura 4 - Mapa da localização dos sete perfis amostrados: Nitossolos Brunos (pontos em amarelo), Latossolos Vermelhos (pontos em vermelhos) e Latossolos Brunos (pontos em azul).....	55
Figura 5 - P1-NB _{PAI} - Nitossolo Bruno Distrófico típico, com caráter retrátil, localizado no município de Painel/SC.....	56
Figura 6 - P2-LB _{VAC} – Latossolo Bruno Distrófico típico, com caráter retrátil, localizado no município de Vacaria/RS.....	56
Figura 7 - P3-LV _{CN} - Latossolo Vermelho Distrófico retrático úmbrico, com caráter retrátil, localizado no município de Campos Novos/SC....	57
Figura 8 - P4-NB _{PS} - Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico rúbico, com caráter retrátil, localizado no município de Ponte Serrada/SC.....	57
Figura 9 - P5-NB _{CUR} - Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico com caráter retrátil, localizado no município de Curitiba/SC.....	58
Figura 10 - P6-LB _{VAR} - Latossolo Bruno Distrófico nitossólico húmico, com caráter retrátil, localizado no município de Vargeão/SC.....	58
Figura 11 - P7-LB _{CAS} – Latossolo Vermelho distroférrico húmico, sem caráter retrátil, localizado do município de Cascavel/PR.....	59
Figura 12 – Foto (A) e esquema (B) representativo da retração do solo através do Método da Seringa (Schafer and Singer, 1976). (A) Foto do solo seco em estufa a 105°C e retraído (Ld; mm); (B) Esquema representativo da diferença do comprimento do solo úmido (Lm; mm) e do solo seco em estufa a 105°C e retraído (Ld; mm).	66
Figura 13 – Esquema representativo do Método do Mercúrio Metálico. a) – pasta de solo dentro do recipiente metálico; b) pastilha de solo seco dentro do recipiente metálico; c) conjunto recipiente maior de parcelana + pastilha de solo seco dentro de recipiente de vidro preenchido por mercúrio + superfície de vidro para emparelhamento do mercúrio + mercúrio deslocado (ao fundo do recipiente maior).....	68
Figura 14 - Método de quantificação da retração do solo: a) coleta do anel; b) vedação da parte inferior do anel; c) preenchimento do anel com areia; d) anéis depois de preenchidos com areia.	70
Figura 15 – Curvas de retenção de água no solo de horizontes A (a) e B (b), ajustadas pelo modelo de van Genuchten.	79

Figura 16 – Análise estatística de componentes principais, realizados através do programa SAS, para avaliar a agrupamento entre dos parâmetros avaliados. 99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Granulometria de Nitossolos e Latossolos do Sul do Brasil pelo Método da pipeta.	73
Tabela 2 - Valores médios para densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (Pt), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e matéria orgânica do solo (MOS).	75
Tabela 3 – Valores de Capacidade de Campo (CC), Ponto de Murcha Permanente (PMP) e Água Disponível (AD).	81
Tabela 4 – Valores médios para limite de liquidez (LL), Limite de plasticidade (LPI), Limite de pegajosidade (LPeg) e índice de plasticidade (IP).	84
Tabela 5 - Valores médios de Área superficial específica (ASE) para os horizontes A e B.	86
Tabela 6 – Retração dos solos através do Método da Seringa – COLE mod (SCHAFFER & SINGER, 1976), Método da Mercúrio Metálico – GC (HALUSCHAK, 2006) e Método do Preenchimento do Anel com Areia - IR. COLE mod = Coeficiente de extensibilidade linear modificado; GC = grau de contração do solo em %; IR = índice de retração do solo.	90
Tabela 7 - Correlação de Pearson entre os Métodos da Seringa – COLE mod (SCHAFFER & SINGER, 1976), Método da Mercúrio Metálico – GC e Limite de Contração – LC (HALUSCHAK, 2006) e Método do Preenchimento do Anel com Areia. COLE mod = Coeficiente de extensibilidade linear modificado; GC = grau de contração do solo em %; IR = índice de retração do solo.	90
Tabela 8 – Divisão de grupos de índice de retração (IR), obtido pelo Método Preenchimento do Anel com Areia, através do agrupamento pela estimativa de erro.	91
Tabela 9 – Desempenho dos valores de retração do solo obtido pelo Método proposto do Preenchimento do Anel com Areia através do agrupamento pela estimativa de erro.	92
Tabela 10 - Classificação da retração dos Nitossolos e Latossolos obtida pelo Método do Preenchimento do Anel com Areia segundo o agrupamento.	93
Tabela 11 - Índice de COLE para Vertissolos, estabelecido através do Método da Resina Saran, descrito por Taboada (2003).	95
Tabela 12 – Faixas de retração, utilizando a classificação obtida para Vertissolos com a Metodologia da Resina Saran, para os índices de retração (IR) obtidos pelo Método do anel Preenchido com Areia.	95

Tabela 13 - Correlação de Pearson entre os Métodos da Seringa – COLE mod (SCHAFER & SINGER, 1976), Método da Mercúrio Metálico – GC (HALUSCHAK, 2006) e Método do Preenchimento do Anel com Areia – IR e demais atributos do solo analisados. COLE mod = Coeficiente de extensibilidade linear modificado; GC = grau de contração do solo em %; IR = índice de retração do solo. 97

LISTA DE SIGLAS

ANOVA – Análise da Variância
ASE – Área Superficial Específica
BET - Brunauer- Emmett-Teller
COLE – Coeficiente de Extensibilidade Linear
DMS - Diferença mínima significativa
EGME - etilenoglicol mono-etil éter
EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária
FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SAS - Statistical Analysis System
SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação do Solo
SWRC – Soil Watter Retention Curve
TFSA – Terra Fina Seca ao ar
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina

LISTA DE ABREVIATURAS

μm – Micrometro
cm – Centímetro
 $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ - Centímetro cúbico por centímetro cúbico
 g cm^{-3} – Gramas por centímetro cúbico
 g g^{-1} – Gramas por gramas
 g kg^{-1} – Grama por quilo
 kg dm^{-3} – Quilo por decímetro cúbico
kPa – Quilo Pascal
 $\text{m}^2 \text{ g}^{-1}$ – Metro quadrado por grama
 Mg m^{-3} – Miligrama por metro cúbico
mL – mililitros
mm – milímetros
N - normal
et al. – Entre outros
p. – Página

LISTA DE SÍMBOLOS

% - Porcentagem

°C – Graus Celsius

Bar – Unidade de Pressão

Ψ_m – Potencial Matricial

r- coeficiente de correlação linear de Pearson

NaOH – Hidróxido de Sódio

Ψ – Potencial

η - Eta

α – alfa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	33
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	36
2.1 SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	36
2.2 NITOSSOLOS E LATOSSOLOS	37
2.2.1 Nitossolos	39
2.2.2 Latossolos	41
2.3 CARÁTER RETRÁTIL.....	42
2.3.1 Conceito e ocorrência	42
2.3.2 Avaliação da retração dos solos	44
2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS E HÍDRICOS DE SOLO RELACIONADOS COM O CARÁTER RETRÁTIL.....	45
2.4.1 Granulometria e Área superficial específica	46
2.4.2 Densidade, porosidade e retenção de água	48
2.4.4 Limites de Consistência do Solo	49
3 HIPÓTESES.....	51
4 OBJETIVOS	52
4.1 OBJETIVO GERAL	52
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	52
5 MATERIAL E MÉTODOS	53
5.1 SOLOS E LOCALIZAÇÃO	53
5.2. COLETA DE SOLO	59
5.3 ANÁLISES FÍSICAS E DE RETRAÇÃO DOS SOLOS.....	60
5.3.1 Granulometria	60
5.3.2 Limites de consistência do solo	61
5.3.3 Carbono Orgânico	61
5.3.4 Densidade e porosidade	61
5.3.5 Densidade de Partículas	63
5.3.6 Curva de retenção de água no solo	63

5.3.7 Área Superficial Específica	64
5.3.8 Retração do solo	64
5.4 METODOLOGIA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DO GRAU DE RETRAÇÃO DOS SOLOS: MÉTODO DO PREENCHIMENTO DO ANEL COM AREIA	68
5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	70
5.5.1 Análise de correlação	70
5.5.2 Análise de agrupamento	70
5.5.3 Análise de componentes principais	71
5.5.4 Teste de média	71
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS	72
6.1.1 Granulometria	72
6.1.2 Densidade, porosidade e matéria orgânica do solo	73
6.1.3 Curva de retenção de água no solo	76
6.1.4 Limites de consistência	82
6.1.5 Área superficial específica	85
6.2 RETRAÇÃO DOS SOLOS	87
6.3 CORRELAÇÕES DA RETRAÇÃO COM ATRIBUTOS DE SOLO	96
CONCLUSÕES	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS	104
ANEXOS	113

1 INTRODUÇÃO

Os solos Latossolos e os Nitossolos (SANTOS et al., 2013) tem expressiva representatividade na Região Sul do Brasil. Existem reconhecidas dificuldades na caracterização e classificação taxonômica desses solos, principalmente no que se refere aos Latossolos Brunos e Nitossolos Brunos. Dentre as características mais difíceis de serem identificadas a campo, para essas duas classes de solos, destacam-se o grau de desenvolvimento da estrutura, a consistência e a cerosidade, utilizados como critérios de diferenciação entre as duas classes. Tratando-se de atributos descritos à campo, durante a descrição morfológica, esses podem ser percebidos de maneira distinta por diferentes usuários, o que pode levar ao enquadramento de um mesmo solo em classes distintas. O grau de desenvolvimento da estrutura, além disso, pode se manifestar de maneira diferente, dependendo se o solo estiver mais úmido ou mais seco. Perfis de solo, expostos por longo tempo ao sol, apresentam geralmente estrutura com maior grau de desenvolvimento do que no ambiente natural. Por esta razão, a avaliação da consistência seca e úmida também é influenciada. Quanto à cerosidade, é mais difícil caracterizá-la nos Latossolos Brunos e nos Nitossolos Brunos, pois muitas vezes superfícies brilhantes estão presentes no solo úmido, mas podem desaparecer quando o solo estiver seco (EMBRAPA & EPAGRI, 2008).

Uma característica típica que vem sendo observada e ocorre para os Latossolos Brunos e Nitossolos Brunos do Sul do Brasil, é a retração acentuada da massa do solo após exposição ao sol e secamento prolongado, resultando no fendilhamento dos mesmos (SANTOS et al, 2009); Tal característica deu origem ao caráter retrátil (EMBRAPA, 2013a), que foi inserido recentemente nos critérios de classificação dos solos, embora seja ainda pouco conhecido. A

definição do caráter retrátil e sua presença como critério obrigatório na definição das subordens Latossolo Bruno e Nitossolo Bruno foi introduzida inicialmente na proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (Documentos, 2012), e finalmente inserida na terceira edição do SiBCS, a qual foi lançada no ano de 2013 pela EMBRAPA. Como esse caráter se manifesta também em modalidades de Latossolos Vermelhos aluminoférricos, distroférricos e distróficos do Sul do Brasil, sua presença, nestes casos, foi utilizada como critério de distinção no quarto nível categórico, qualificando-os, por exemplo, como Latossolos Vermelhos distroférricos retráticos.

Carecendo ainda de definição precisa e de critérios quantitativos, o caráter retrátil abre janelas para trabalhos de pesquisa que busquem uma melhor definição, pertinência e abrangência nos solos. A presença deste caráter, além de ser obrigatória na definição dos Nitossolos Brunos e Latossolos Brunos, pode ou não ocorrer nos Latossolos Vermelhos. Estes solos, de textura argilosa ou muito argilosa, possuem a mineralogia da fração argila predominantemente caulinitica; a caulinita não é um argilomineral expansível e, portanto o solo não deveria apresentar retração. Na definição do caráter retrátil, foi admitida a hipótese de que a retração pudesse estar associada à presença de argilominerais 2:1 expansíveis com hidróxi-Al entrecamadas (MELO & ALLEONI, 2009), interestratificados caulinita-esmectita e/ou da pequena dimensão dos argilominerais presentes na fração argila (EMBRAPA, 2012).

Entre os usuários do SiBCS há questionamentos sobre a pertinência de sua adoção unicamente para Latossolos e Nitossolos, pelos seguintes motivos principais: i) interpretação um tanto subjetiva de sua ocorrência, em função da falta de critérios objetivos e, ou quantitativos para sua definição e identificação à campo e ii) outras classes de solo também manifestam aspectos físicos e morfológicos que denotam

possibilidade de sua ocorrência, sem que no entanto o caráter seja estendido para as mesmas (Cambissolos, Chernossolos e Luvisolos, por exemplo).

A retração acentuada do volume do solo com a perda de água nos Latossolos Brunos e Nitossolos Brunos, no entanto, é uma feição bastante peculiar e sempre presente, o que os distingue geralmente dos demais Latossolos e Nitossolos ocorrentes no ambiente mais tropical brasileiro, tais como os Latossolos Amarelos, Vermelho-Amarelos e Vermelhos, assim como nos Nitossolos Vermelhos.

Considerando a fragilidade conceitual do caráter retrátil, sua adoção como critério essencial na definição das classes de solo citadas, assim como as consequências que seu reconhecimento (ou não) pode trazer para o enquadramento taxonômico dos referidos solos, tornam-se importantes estudos que procurem elucidar não só as causas das propriedades de retração, mas também a proposição de métodos que possam quantificar o grau, ou intensidade da mesma, através do estabelecimento de parâmetros ou atributos que permitam mensurá-la.

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é fazer uma caracterização física dos solos que apresentam o caráter retrátil no Sul do Brasil e quantificar o grau de retração. Em função de que é uma característica recente inserida no SiBCS, a pesquisa poderá contribuir para o aprofundamento do seu conhecimento, melhor definição e estabelecimento de uma metodologia específica padrão para a quantificação do caráter retrátil em solos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

O Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) é relativamente novo, tendo sua primeira edição sido lançada no final da década de 1990 (EMBRAPA, 1999). Atualmente nos encontramos na terceira edição do SiBCS, publicada em 2013 (EMBRAPA 2013a). Esta edição traz uma trajetória evolutiva do SiBCS, podendo-se destacar, resumidamente, que a classificação pedológica nacional consiste numa evolução do sistema americano formulada por Baldwin et. al (1938) e Thorp e Smith (1949). Anteriormente, os solos brasileiros eram classificados por denominação de vários autores, e com isso muitas vezes alguns solos não se encaixavam em classe alguma. Diante desse obstáculo um grupo de pesquisadores em 1947, da Comissão de Solos do Ministério da Agricultura, reuniram-se para inventariar os solos brasileiros, trabalho que foi iniciado pelo estado do Rio de Janeiro. Entretanto este trabalho apresentou algumas deficiências em relação às nomenclaturas dos solos (OLIVEIRA, 2001).

Ao final da década de 1970, o Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), então vinculado a EMBRAPA, iniciou um processo/projeto de âmbito nacional na tentativa de criar um Sistema Nacional de Classificação de Solos. Este trabalho resultou na publicação de várias “aproximações” do Sistema, sendo a quarta e última delas publicada em 1988. Com o conhecimento e as experiências sendo acumuladas pelos pedólogos, em 1995, o projeto foi retomado, sendo uma primeira versão apresentada no Congresso Brasileiro de Ciência do Solo em Brasília em 1999. Este seria então o primeiro Sistema Brasileiro de Classificação do Solo - SiBCS (OLIVEIRA, 2001).

O SiBCS possibilitou um agrupamento de características do solo, paisagem e material de origem, que culminou na proposição das nomenclaturas desses solos. A nomenclatura unificada dos solos facilita o processo de reconhecimento e de avaliação dos mesmos, podendo se referir a um solo em todo o território nacional de uma mesma forma e que possa ser compreendida.

Hoje o SiBCS encontra-se na sua 3ª edição, lançada no ano 2013, durante o XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, onde dentre várias partes revisadas e itens adicionados, o caráter retrátil foi incorporado como obrigatório na definição de Latossolos Brunos e de Nitossolos Brunos.

2.2 NITOSSOLOS E LATOSSOLOS

Os Nitossolos e os Latossolos são solos importantes para a agricultura nacional, pois essas ordens ocorrem praticamente em toda a extensão territorial do Brasil (Figuras 1 e 2) e são amplamente utilizados. Os Latossolos são bastante expressivos no Brasil, sendo que equivalem a 50% dos solos brasileiros, enquanto os Nitossolos equivalem a apenas 1,13% (IBGE, 2007). No estado de Santa Catarina os solos das classes Latossolos e os Nitossolos ocupam uma área, respectivamente, de 7% e 13% (EMBRAPA, 2004).

Figura 1- Mapa com a distribuição dos Nitossolos no Brasil.



Fonte: Adaptado do Atlas Nacional do Brasil, (IBGE, 2007).

Figura 2: Mapa com a distribuição dos Latossolos no Brasil.



Fonte: Adaptado do Atlas Nacional do Brasil, (IBGE, 2007).

2.2.1 Nitossolos

Conforme descrito no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013, p. 97) o conceito de Nitossolos para fins de caracterização é:

“Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila iguais ou maiores do que 350 g kg^{-1} de TFSA) desde a superfície do solo, estrutura em blocos subangulares ou angulares ou prismática, de

grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva e/ou superfícies de compressão nas faces dos agregados e/ou caráter retrátil. [...]Nos Nitossolos com caráter retrátil, admitem-se variações de estrutura, consistência, cerosidade e superfícies de compressão (critérios ainda em fase de validação)].”

Entretanto, essas propriedades, como textura, estrutura e a presença de cerosidade, inseridas no conceito dos Nitossolos podem variar de uma região para outra de acordo com os fatores de formação dos solos (SANTOS, 2006). O material de origem e o tempo geram grande influência sobre várias das propriedades dos solos, sendo que os fatores climáticos e o relevo apresentam uma influência secundária sobre as mesmas (FIGUEIREDO et al., 2004). Conforme EMBRAPA (2013), a avançada evolução pedogenética nesses solos, pela ação da ferralitização com intensa hidrólise, origina uma composição caulínítico-oxídica ou virtualmente caulínítica, ou com presença de argilominerais 2:1 com hidróxi-Al entrecamadas (VHE e EHE).

Com relação à classificação dos Nitossolos no segundo nível categórico, são admitidas as subordens Bruno, Vermelho e Háplico. Os Nitossolos Brunos, segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2013a) são solos com caráter retrátil e constatados, até o momento, nos Planaltos do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina, do Paraná e na região de Poços de Caldas, em Minas Gerais. Importante destacar que os critérios estão em fase de validação.

Os Nitossolos Vermelhos são encontrados principalmente nos planaltos basálticos, que se estendem desde São Paulo até o Rio Grande do Sul, e também há ocorrências nos estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Mato Grosso e Mato grosso do Sul, e no Pará.

2.2.2 Latossolos

A palavra Latossolo é de origem latina, onde “lato” significa tijolo e “solum” solo, termo proposto em 1949 em uma conferência norte americana sobre classificação de solos realizada em Washington (KER, 1997). Os Latossolos brasileiros em geral podem corresponder aos Oxisols do sistema de classificação de solos dos Estados Unidos e aos Ferralsols do sistema da FAO.

Essa ordem representa o grupamento dos solos tropicais mais intemperizados, sendo virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo. Conforme descrito no SiBCS (EMBRAPA 2013a, p. 93) o conceito para fins de caracterização desses solos é:

“Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto o hístico”.

O horizonte B latossólico apresenta avançado grau de intemperismo, e em geral é constituído por óxidos de ferro e alumínio, caulinita, quartzo, entre outros (EMBRAPA, 2013b).

Os Latossolos podem ser classificados no segundo nível categórico em Bruno, Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo e no terceiro quanto aos seus caracteres acriférico, ácrico, aluminoférrico, aluminico, distróficos, distroférico entre outros.

Os Latossolos são resultados do intenso intemperismos dos minerais primários e alguns casos secundários também,

possuindo textura franca arenosa a mais fina. A estrutura pode ser fortemente desenvolvida, quando granulares muito pequenos e muito pequenos.

A definição de Latossolos Brunos, segundo o SiBCS:

“Solos com caráter retrátil e horizonte A húmico ou conteúdo de carbono superior a 10 g kg⁻¹ até 70 cm de profundidade, apresentando na parte superior do horizonte B (inclusive BA), coloração brunada predominantemente...”

2.3 CARÁTER RETRÁTIL

2.3.1 Conceito e ocorrência

O caráter retrátil é um assunto novo na ciência do solo. A sua definição e presença como critério obrigatório na definição das subordens Latossolo Bruno e Nitossolo Bruno foi inicialmente introduzida na proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (DOCUMENTOS, 2012), tendo sido inserida na terceira edição do SiBCS, lançado recentemente pela EMBRAPA (2013). A Figura 3 ilustra um perfil de solo com o caráter retrátil.

Lemos et al. (1973), na realização do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul, já cita a presença da retração nos solos da Unidade de Mapeamento de Vacaria, descrevendo o aparecimento de fendas perpendiculares, na face exposta do perfil ao sol.

O conceito de caráter retrátil, segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2013, p. 37 – 38) é o seguinte:

“É usado para as classes de Latossolos e Nitossolos, ambos Brunos e Vermelhos, de textura argilosa e muito argilosa, que apresentam retração acentuada da massa de solo após a exposição dos perfis ao efeito de secamento por algumas semanas, resultando na

formação de fendas verticais pronunciadas e estruturas prismáticas grandes e muito grandes, [...], que se desfazem em blocos quando manuseadas. Nos cortes com maior exposição solar, os blocos tendem naturalmente a se individualizar em unidades estruturais cada vez menores, acumulando-se na parte inferior do perfil, configurando uma forma triangular semelhante a uma “saia” [...]. Embora nesses solos, predomine a caulinita, o caráter retrátil decorre possivelmente da presença de argilominerais 2:1 com hidróxi-Al entrecamadas (vermiculita com hidróxi-Al e esmectita com hidróxi-Al) e/ou da pequena dimensão dos argilominerais presentes na fração argila. Este caráter é típico de alguns solos encontrados sob condições de clima subtropical úmido dos planaltos alto-montanos do Sul do Brasil.”

Conforme indicado na definição, os principais fatores que podem influenciar a retração do solo estão relacionados principalmente ao alto conteúdo e tamanho das argilas e a mineralogia da fração argila dos solos, mas também ao conteúdo de água presente nos mesmos. Malik (2014) estudando solos do Norte da China encontrou relações diretas entre o conteúdo e o tipo de argila com a retração dos solos. Nestes solos Malik (2014) encontrou a presença de montmorilonita, vermiculita, caulinita e muscovita, sendo a esmectita e a vermiculita admitidas como as principais responsáveis pela retração e expansão dos solos.

Figura 3. Detalhe do fendilhamento em face exposta ao sol de perfil de Latossolo Vermelho com caráter retrátil de Campos Novos (SC).



Fonte: Jaime Antonio de Almeida.

2.3.2 Avaliação da retração dos solos

No Brasil os principais solos estudados quanto à evidência de expansão e contração são os Vertissolos. Nesses solos, essas propriedades são geralmente atribuídas à predominância de argilominerais 2:1 expansivos (TABOADA, 2003). As metodologias usadas na quantificação do grau da expansão e retração dos solos, no Brasil, também estão sempre relacionadas aos Vertissolos. A principal forma de avaliação da mesma é a obtenção do Coeficiente de Extensibilidade Linear (COLE), ou Índice de COLE.

As metodologias para a determinação de COLE foram sendo modificadas no decorrer do tempo. Uma das primeiras e

a mais clássica metodologia utilizada para este fim foi a de Resina Saran, proposta por Brasher et al. (1966) e descrita por Tan (1996) e EMBRAPA (1997). Resumidamente o procedimento consiste em amarrar um agregado de solo e mergulhá-lo na resina, deixar secar e cortar o torrão na base e na parte superior e saturá-lo com água; depois disso submetê-lo à tensão de 1/3 de bar, e aferir as massas a 1/3 de bar, saturado e depois de seco a 105°C. O Método é trabalhoso, demorado e atualmente pouco utilizado no Brasil, devido ao caráter tóxico da resina e a proibição de sua comercialização no mercado nacional. Os valores de COLE, utilizando esse método, definem parâmetros de solos mais contrativos e expansivos; se usam intervalos de valores onde menores do que 0,03 indicam valores muito baixos e acima de 0,09 são muito altos (TABOADA, 2003).

Em 1976, Schafer and Singer propuseram um Método alternativo ao Método da Resina Saran, que mede linearmente a contração/expansão do solo. Neste utiliza-se uma pasta estabilizada de solo numa seringa, e em seguida faz-se filetes de solo, os quais são medidos antes e depois da secagem do solo em estufa a 60°C. Esse Método é prático e relativamente rápido de ser executado, uma vez que em aproximadamente 48 horas se obtém o resultado. Por outro lado, como é utilizado o solo com estrutura modificada, pode não representar adequadamente as propriedades de contração e expansão. Seus valores tem boa correlação com o método da resina, porém os valores obtidos são geralmente mais altos.

2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS E HÍDRICOS DE SOLO RELACIONADOS COM O CARÁTER RETRÁTIL

Estudos que busquem avaliar parâmetros físicos e hídricos dos solos, nos quais onde ocorre o caráter retrátil, são importantes para um melhor conhecimento e compreensão desta característica, podendo assim contribuir no

preenchimento de lacunas ainda existentes. Cabe ressaltar que a dinâmica física dos solos é devida a expressão de vários parâmetros e que existe relação direta entre eles, de forma que um pode influenciar direta ou indiretamente a expressão do outro.

2.4.1 Granulometria e Área superficial específica

Os solos minerais possuem partículas de diferentes tamanhos. Isso permite classificá-los quanto à granulometria em frações denominadas argila, silte e areia (DAY, 1965). A fração argila do solo é constituída pelas partículas com diâmetro menores do que 2,0 μm ; o silte entre 2,0 e 53,0 μm ; e a fração a areia maior que 53,0 μm (DAY, 1965). Em trabalhos mais específicos a fração areia pode ser subdivida em areia grossa, média e fina, ou muito grossa, grossa, média, fina e muito fina.

A granulometria de um solo é uma propriedade muito importante para a caracterização e o entendimento da dinâmica física do solo, incluindo a retração, uma vez que a característica ocorre principalmente naqueles argilosos e muito argilosos. Entre as propriedades do solo influenciadas pela granulometria está à densidade, a porosidade, a retenção de água, a disponibilidade de água para as plantas e a resistência do solo a penetração (DIAS JUNIOR & MIRANDA, 2000). Desta forma, todas essas propriedades estão diretamente relacionadas à capacidade do solo em desempenhar as suas funções, resumidas por Reichert et al. (2003) em três: servir como meio para o crescimento de plantas, exercer regulação e participação do fluxo de massa e energia no ambiente e atuar como filtro ambiental.

A ASE representa a área total da superfície das partículas por unidade de massa, e é geralmente expressa em $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$. De forma prática ela representa o potencial de reação de um solo, sendo o local em que acontecem reações de troca iônica, retenção de água, nutrientes e de outras moléculas no

solo (CARTER et al., 1986). A ASE exposta pelas partículas de solo tem grande influência sobre as propriedades físico-químicas do mesmo, e é conseqüentemente influenciada pela constituição mineral e orgânica dos solos.

Existem vários métodos para a determinação da ASE no solo e a maioria utiliza princípios baseados na adsorção de gás, ou de um líquido, à superfície das partículas do solo, visando formar uma monocamada molecular dos mesmos que possa ser mensurada. Um exemplo de fácil utilização é baseado na adsorção química de moléculas orgânicas polares, e para isso normalmente é usado o etilenoglicol mono-etil éter (EGME), (CARTER et al., 1986). Outro Método é baseado na adsorção física de moléculas não polares. Neste Método a molécula mais usada é a de N_2 , que é adsorvida à superfície externa da partícula em baixa temperatura ($-196\text{ }^\circ\text{C}$); desta forma se obtêm a ASE externa, conforme a teoria de Brunauer- Emmett-Teller (BET) (BRUNAUER et al., 1938).

Como já destacado anteriormente, os constituintes da fração argila do solo são os maiores contribuintes para a ASE de um solo. Estes são principalmente os argilominerais caulinita, os argilominerais 2:1, os óxidos de ferro e de alumínio e a matéria orgânica (MELLO & ALEONI, 2009). Dentre estes, o argilomineral caulinita é predominante na maioria dos solos mais intemperizados das regiões tropicais e subtropicais. Os Latossolos e Nitossolos geralmente tem uma mineralogia predominantemente caulínica, contendo também os óxidos de ferro hematita e goethita, e o óxido de alumínio gibbsita (MELO et al., 2001; RESENDE et al., 2005).

A ASE da caulinita varia entre 5 a $40\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ (KER, 1988), considerada baixa e resultante apenas da área superficial externa das camadas 1:1, uma vez que é um argilomineral não expansivo (MELLO & ALEONI, 2009). Solos menos intemperizados possuem na fração argila maior quantidade de argilominerais do tipo 2:1 (Esmectitas e vermiculitas); estes possuem ASE elevada já que além da ASE externa as camadas

possuem também ASE interna, nas entrecamadas. Os valores para estes chegam a ser superiores a $800 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (GROHMANN, 1972). Já os óxidos de Fe, apesar de estarem presentes em solos mais intemperizados, possuem uma ASE bastante elevada, devido ao seu reduzido tamanho, podendo chegar a $1000 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (FERREIRA, 2010).

A matéria orgânica também possui elevada ASE, variando 800 e $900 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (BRAIDA, 2004), e quando presente na fração coloidal do solo, geralmente eleva a ASE dos solos. Souza Júnior et. al (2007) salientam entretanto que, embora os óxidos e a matéria orgânica apresentem uma elevada ASE, eles também possuem um alto efeito agregante e de recobrimento das partículas, que tem um efeito na redução da ASE total do solo.

Dessa forma, os valores de ASE para determinado solo são um indicativo da presença ou proporção de determinados minerais ou mesmo da fração orgânica presente.

2.4.2 Densidade, porosidade e retenção de água

A densidade do solo (D_s) corresponde à massa de solo por unidade de volume, ou seja, o volume do solo ao natural, incluindo os espaços porosos, sendo expressa em g cm^{-3} , Mg m^{-3} e kg dm^{-3} (CURI et al., 1993). Reflete enfim, o arranjo das partículas minerais e orgânicas do solo, o que define a dinâmica do espaço poroso do solo (FERREIRA 1999). A porosidade constitui por sua vez o espaço onde ocorre a interação ar e solução do solo (HILLEL, 1980).

Os fatores que mais influenciam na D_s do solo são a granulometria e a estrutura do solo. Em relação à granulometria dos solos, os arenosos tendem a apresentar maior D_s em comparação aos argilosos. Entretanto, o fator preponderante e que faz com que a D_s se apresente dinâmica no tempo é a estrutura. Esta é resultante dos sistemas de manejo impostos. As alterações na estrutura do solo influenciarão diretamente (de

maneira positiva ou negativa) na D_s e na porosidade do solo (ANJOS et al., 1994).

A determinação da curva de retenção ou curva característica de água do solo é importante no estudo do movimento de água no solo, pois fornece o teor de água em diferentes tensões (COSTA, 2008) e com isso fornece as condições necessárias para determinar teor de água disponível no solo, do teor de água atual e também outras variantes desse processo, como capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

Em solos retráteis se pressupõe encontrar dificuldades na hora de dimensionar a curva de retenção de água no solo, diante do fato de que para isso, usamos o volume, e este por sua vez vai diminuindo com o decorrer do aumento das tensões aplicadas nos anéis, sugerindo a necessidade de uma nova forma de determinação da curva de retenção de água no solo.

2.4.4 Limites de Consistência do Solo

Consistência do solo, conforme Buckman & Brady (1979), é o termo usado para descrever as condições físicas do solo com diversos teores de umidade. O conceito de consistência relaciona a resistência à compressão e ao esforço cisalhante, friabilidade, plasticidade e pegajosidade; estas variam de acordo com as forças de adesão e coesão (CÔRREA, 1982). A consistência é classificada em três níveis de umidade do solo: molhado, úmido e seco.

Em solo seco, Buckman & Brady (1979), apresentam consistência dura, e resiste ao esmagamento. O solo úmido, apresenta consistência friável, apresentando boas condições para o preparo (BAVER et al. 1973).

Os conceitos de limites de plasticidade, limite de liquidez e índice de plasticidade do solo foi introduzido por Atterberg, e adaptados por Arthur Casagrande. Em geral estes

limites são diretamente relacionados a quantidade e tipo de minerais de argila e ao teor de matéria orgânica no solo.

3 HIPÓTESES

As características de contração e expansão de Nitossolos e Latossolos derivados de rochas básicas do Sul do Brasil se relacionam com várias propriedades físicas, e uma estimativa adequada dos índices de retração desses solos depende da metodologia utilizada na sua determinação.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi realizar um estudo detalhado de Nitossolos e Latossolos com caráter retrátil, no Sul do Brasil, através da caracterização física e da retração da massa de solo.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Determinação da granulometria, densidade do solo e de partículas, porosidade, retenção de água, área superficial específica, limites de consistência e conteúdos de matéria orgânica, dos horizontes A e B dos Nitossolos e Latossolos com caráter retrátil, a fins de se obter a caracterização física dos solos;
- ii. Determinação do Coeficiente de Extensibilidade Linear (COLE), pelos métodos da Seringa e do Mercúrio Metálico, para avaliar a intensidade da retração dos solos;
- iii. Quantificar a intensidade da retração dos solos, através da proposição de uma nova metodologia;
- iv. Validação da nova metodologia, utilizando como comparativo os índices de COLE definidos para outros solos;
- v. Definir limites da intensidade do caráter retrátil nos Latossolos e Nitossolos;
- vi. Efetuar correlações entre a retração dos solos e os parâmetros físicos avaliados.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 SOLOS E LOCALIZAÇÃO

Foram selecionados para a presente pesquisa seis perfis de solos que apresentam o caráter retrátil identificado à campo, coletados nos Estados de Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. A localização dos solos consta da figura 4, sendo os mesmos das seguintes classes: Nitossolos Brunos (indicados pelos marcadores amarelos), Latossolos Vermelhos (indicados pelos marcadores vermelhos) e Latossolos Brunos (indicados pelos marcadores azuis). Além desses, foi coletado um perfil de Latossolo Vermelho no Estado do Paraná, sem a presença do caráter retrátil, e um Vertissolo Ebânico no Estado do Rio Grande do Sul, para fins comparativos. Em todos os perfis de solo as amostras foram coletadas nos horizontes A e B, para assim avaliar a possível influência da matéria orgânica na retração.

Os perfis, nomenclatura utilizada, classe de solo, localização e coordenadas geográficas, são respectivamente:

Solos com caráter retrátil:

P1 - NB_{PAI} - Nitossolo Bruno - Painel/SC - 27°53'41,8" S; 50°07'45" W

P2 - LB_{VAC} - Latossolo Bruno - Vacaria/RS - 27°22'34,93" S; 51° 05' 26,92" W

P3 - LV_{CN} - Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC - 28°30'47,40" S; 50°53'36,90" W

P4 - NB_{PS} - Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC - 26°51'22,9" S; 52° 02' 32,71" W

P5 - NB_{CUR} - Nitossolo Bruno - Curitibanos/SC - 27°22'12" S; 50° 34' 46,0" W

P6 - LB_{VAR} - Latossolo Bruno - Vargeão/SC - 26°51' 13,3" S;
52° 05' 56" W

Solo com ausência de retração:

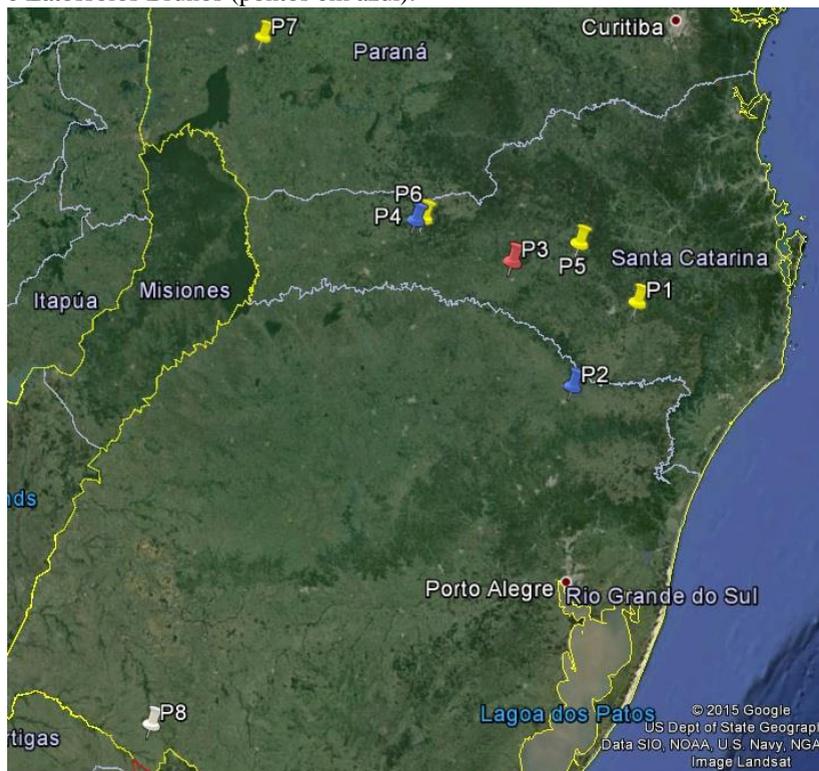
P7 - LV_{CAS} - Latossolo Vermelho - Cascavel/PR -
24°59'45,16" S; 53°17'44,61" W

Solo Expansivo:

P8 - VERT - Vertissolo Ebânico - Santana do Livramento -
RS

As descrições morfológicas desses perfis de solos já haviam sido realizadas por outros pesquisadores. O solo P2-LB_{Vac} (Figura 6) encontra-se descrito em EMBRAPA (2000). As descrições dos solos P1-NB_{PAI} (Figura 5); P3-LV_{CN} (Figura 7); P4-NB_{PS} (Figura 8); P5-NB_{CUR} (Figura 9) e P6-LB_{VAR} (Figura 10) foram obtidas da VIII Reunião Nacional de Correlação e Classificação dos Solos de Santa Catarina (Santa Catarina, 2012). O solo P7-LV_{CAS} (Figura 11), foi descrito por Guidhin (2006). As descrições completas desses solos estão apresentadas nos anexos A a G. O P8- VERT encontra-se descrito por Reinert et al (2007).

Figura 4 - Mapa da localização dos sete perfis amostrados: Nitossolos Brunos (pontos em amarelo), Latossolos Vermelhos (pontos em vermelhos) e Latossolos Brunos (pontos em azul).



Fonte: Google Earth

Figura 5 - P1-NB_{PAI} - Nitossolo Bruno Distrófico típico, com caráter retrátil, localizado no município de Painei/SC.



Fonte: Luana da Silva

Figura 6 - P2-LB_{VAC} – Latossolo Bruno Distrófico típico, com caráter retrátil, localizado no município de Vacaria/RS.



Fonte: Luana da Silva

Figura 7 - P3-LV_{CN} - Latossolo Vermelho Distrófico retrático úmbrico, com caráter retrátil, localizado no município de Campos Novos/SC.



Fonte: Luana da Silva

Figura 8 - P4-NB_{PS} - Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico rúbico, com caráter retrátil, localizado no município de Ponte Serrada/SC.



Fonte: Luana da Silva

Figura 9 - P5-NB_{CUR} - Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico com caráter retrátil, localizado no município de Curitiba/SC.



Fonte: Luana da Silva

Figura 10 - P6-LB_{VAR} - Latossolo Bruno Distrófico nitossólico húmico, com caráter retrátil, localizado no município de Vargeão/SC.



Fonte: Jaime A. de Almeida

Figura 11 - P7-LB_{CAS} – Latossolo Vermelho distroférico húmico, sem caráter retrátil, localizado do município de Cascavel/PR.



Fonte: Luana da Silva

5.2. COLETA DE SOLO

Após realizada a limpeza dos perfis de solos, descritos no item anterior, efetuaram-se coletas de solo nos seus horizontes A e B, previamente identificados, para as diferentes análises realizadas nesta pesquisa (ítems 5.3 e 5.4). Essas basearam-se na caracterização física dos solos e na determinação da intensidade de retração, esta através de diferentes metodologias.

As coletas de amostras de solo foram realizadas com estrutura deformada e indeformada. As amostras de solo com estrutura indeformada foram realizadas com o auxílio de uma espátula e então acondicionadas em sacos plásticos. Já, as amostras com estrutura de solo deformado foram coletadas em anéis volumétricos metálicos, envoltos por filme plástico e papel alumínio e acondicionados em caixas. Após isso, as amostras foram transportadas aos Laboratórios de Gênese e

Mineralogia do solo e de Física e Manejo do Solo, situados no Departamento de Solos e Recursos Naturais (CAV-UDESC), para as devidas determinações.

Para as determinações (descritas em detalhamento nos itens que seguem) de densidade do solo, porosidade e retenção de água no solo foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformada, em anéis volumétricos com 6 cm de diâmetro e 5 cm de altura, em número de cinco repetições. Para a determinação do índice de retração do solo, a partir de uma metodologia proposta por esta pesquisa, que é o preenchimento do anel com areia (item 5.4), foram coletadas amostras de solo, também com estrutura indeformada, em anéis volumétricos de 10 cm de diâmetro e 10 cm de altura, com cinco repetições. Amostras de solo com estrutura deformada foram coletadas para as determinações da granulometria, área superficial específica, densidade de partículas, matéria orgânica do solo, limites de consistência do solo, índice de retração do solo pelo Método da Seringa (COLE modificado) e grau de contração do solo pelo Método do mercúrio metálico.

5.3 ANÁLISES FÍSICAS E DE RETRAÇÃO DOS SOLOS

5.3.1 Granulometria

A determinação da distribuição granulométrica do solo, para quantificação da areia, silte e argila, cujos diâmetros de partículas estão, respectivamente, entre 2 – 0,053 mm, 0,053 – 0,002 mm, e menores do que 0,002 mm foram determinados através da metodologia da Pipeta descrita por Day (1965) com três repetições de cada solo.

Nas amostras foram utilizadas a dispersão química com hidróxido de sódio (NaOH) 1N, com volume igual a 10 mL, colocados numa amostra inicial com 50 g de solo seco ao ar e 70 mL de água destilada. Os métodos utilizados foram os seguintes:

Seguindo o procedimento descrito por Day (1965) para a determinação da granulometria, apenas sem o uso do NaOH 1N, determinou-se a argila natural ou argila dispersa em água. Com base na determinação da argila total e da argila dispersa em água calculou-se o grau de floculação (GF), conforme a seguinte equação:

$$GF = \frac{AT - AD}{AT}$$

onde, AT é a argila total da amostra e AD é a argila dispersa em água.

Todas as determinações do conteúdo de argila foram feitas pipetando-se uma alíquota de 50 mL em proveta de 1000 mL que foram transferidas para recipientes tarados e a argila quantificada por pesagem. A fração areia, retida em peneira de 0,053 mm foi quantificada por pesagem. O conteúdo de silte foi quantificado por diferença.

5.3.2 Limites de consistência do solo

O limite de liquidez (LL), limites de plasticidade (LP) e de pegajosidade (LPeg) e o cálculo do índice de plasticidade (IP) foram determinados pelo Método de Casagrande, conforme os critérios definidos por Atterberg e descritos em EMBRAPA (1997).

5.3.3 Carbono Orgânico

Na fração terra fina seca ao ar (TFSA) foi determinado o teor de carbono orgânico pelo Método de Walkley & Black, modificado por Tedesco et al. (1995).

5.3.4 Densidade e porosidade

Os anéis de solo com estrutura indeformada foram limpos e retirado o excesso de solo da superfície do mesmo,

sendo em seguida imersos em água destilada por 48 horas, pesados e equilibrados na tensão de 6 kPa. Após, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C e mantidas até atingirem peso constante (aproximadamente 72 horas). De posse dos resultados dos pesos do solo saturado, seco e após equilíbrio na tensão de 6 kPa, foi possível a determinação da densidade, da macroporosidade, da microporosidade e porosidade total do solo, de acordo com o Método descrito por EMBRAPA (1997).

Os cálculos foram feitos da seguinte forma:

– Densidade do Solo

$$Ds = a / b$$

Onde:

Ds = Densidade do solo, g cm⁻³

a = peso da amostra seca a 105°C, g

b = volume do anel ou cilindro, cm³

– Porosidade Total

$$PT = 1 - \left(\frac{Ds}{Dp} \right)$$

Onde:

PT = porosidade total, cm³ cm⁻³

Dp = densidade de partículas, g cm⁻³

Ds = densidade do solo, g cm⁻³

– Microporosidade

$$MICRO = \left(\frac{a - b}{c} \right)$$

Onde:

MICRO = Microporosidade, cm³ cm⁻³

a = massa da amostra após ser submetida a uma tensão de 60 cm de coluna de água, g

b = massa da amostra seca a 105°C, g

c = volume do cilindro, cm^3

– Macroporosidade

$$MACRO = (PT - MICRO)$$

Onde:

MACRO = Macroporosidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

PT = porosidade total ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

MICRO = Microporosidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

5.3.5 Densidade de Partículas

O procedimento para determinar a densidade de partículas consistiu em colocar 20 g de TFSE num balão aferido de 50ml, adicionando álcool etílico, agitando bem o balão para eliminar as bolhas

de ar que se formam, até a ausência de bolhas e completar o volume do balão. Anotou-se o volume de álcool gasto.

Procedeu-se o calculo da seguinte forma:

$$\text{Densidade de partículas (g cm}^{-3}\text{)} = a / 50 - b$$

Onde:

a = peso da amostra seca a 105°C

b = volume de álcool gasto

5.3.6 Curva de retenção de água no solo

As curvas de retenção de água dos solos foram determinadas utilizando a mesa de tensão (LEAMER & SHAW, 1941) modificada pela utilização de camada de areia em substituição ao papel (REINERT & REICHERT, 2006) para as tensões de 1, 6 e 10 kPa, câmaras de Richards (Richards, 1949) para as tensões de 33, 100, 500, 1.000 e 1.500 kPa. Os resultados foram expressos em base volumétrica e os

pares de valores de potencial e umidade foram ajustados pela equação de Van Genuchten (Van Genuchten, 1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left(1 + (\alpha h)^n\right)^m}$$

Onde:

θ = umidade volumétrica; θ_r = umidade volumétrica residual; θ_s = umidade volumétrica do solo saturado; h = potencial mátrico ou tensão da água no solo; α , m , n = parâmetros empíricos de ajuste da equação.

Através da curva de retenção de água no solo, foram obtidos valores de água disponível no solo, capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

5.3.7 Área Superficial Específica

A área superficial específica (ASE) foi determinada pelo Método do Éter Monoetil Etileno Glicol (EGME) (CARTER et al., 1986), com base na seguinte equação:

$$ASE = \frac{W_a}{0,000286W_s}$$

Onde: ASE é a Área Superficial Específica em $m^2 g^{-1}$; W_a é o peso de EGME retido pela amostra em gramas (peso da suspensão final subtraído de W_s); 0,000286 é peso de EGME requerido para formar uma camada monomolecular num metro quadrado de superfície ($m^2 g^{-1}$) e W_s é peso de solo inicialmente adicionado (g).

5.3.8 Retração do solo

A retração do solo pode ser determinada por métodos já consolidados como o Método da Resina Saran (Coeficiente de

Extensibilidade Linar - COLE), Método da Seringa (COLE modificado) e Método do Mercúrio Metálico. Enquanto pelos métodos da Resina e da Seringa se obtém um índice de COLE, pelo Método do Mercúrio se obtém o grau de contração do solo.

Devido a proibição da comercialização da Resina Saran no Brasil e às dificuldades de obtenção do produto em outras unidades de pesquisa do país, o Método da Resina, considerado padrão para determinação do COLE, não foi empregado neste trabalho. Na tentativa de contornar essa deficiência, foi testada uma metodologia alternativa, proposta por esta pesquisa, usando solo indeformado coletado em anéis volumétricos e areia para preenchimento do volume contraído e das rachaduras após o secamento do solo, a qual está descrita adiante.

O Método da Seringa, descrito por Schafer and Singer (1976), e testado para os solos desta pesquisa, consiste, resumidamente, em:

- a) fazer uma pasta com o solo a ser utilizado, manter em repouso por 24 horas;
- b) colocar a pasta em uma seringa plástica, com abertura na sua extremidade de aproximadamente 1 cm de diâmetro e pressionar o êmbolo, construindo-se assim filetes cilindros de solo com comprimentos entre 3 e 6 cm. Entretanto, para os solos utilizados na presente pesquisa foram feitos filetes de solo com comprimento entre 5 e 9 cm. Isto foi devido ao fato que filetes menores do que 5 cm partiam-se durante o procedimento; cabe salientar que, o método da Resina Seringa foi inicialmente proposto para solos muito expansivos, como os Vertissolos, os quais tem grande quantidade de argilominerais do tipo 2:1 expansíveis, o que garante ao solo alta expansividade.
- c) medição do comprimento dos filetes de solo, com auxílio de um paquímetro;

d) colocação dos filetes de solo em estufa de circulação de ar por 48 horas. Nesta pesquisa as temperaturas utilizadas para o secamento foram três, 35°, 60° e 105°C.

d) por fim, os filetes são retirados da estufa, novamente medidos (Figura 12) e então calculados os índices de COLE modificado, através da seguinte fórmula:

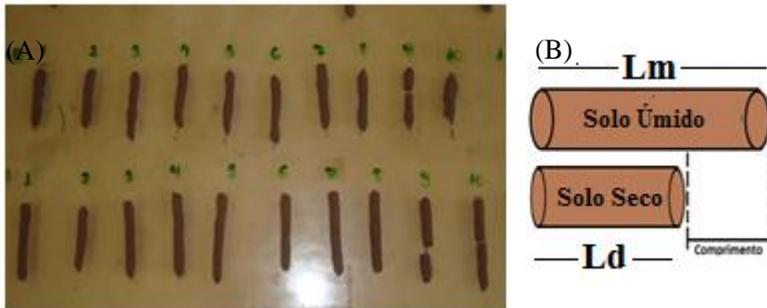
$$\text{COLE} = \frac{L_m - L_d}{L_d}$$

onde:

L_m = é o comprimento do solo úmido (mm)

L_d = é o comprimento do solo seco (mm)

Figura 12 – Foto (A) e esquema (B) representativo da retração do solo através do Método da Seringa (Schafer and Singer, 1976). (A) Foto do solo seco em estufa a 105°C e retraído (L_d ; mm); (B) Esquema representativo da diferença do comprimento do solo úmido (L_m ; mm) e do solo seco em estufa a 105°C e retraído (L_d ; mm).



Fonte: Luana da Silva.

Pelo Método do Mercúrio Metálico foi determinado o grau de contração e o limite de contração, através do Método descrito por HALUSCHAK (2006). O método consiste, resumidamente, em:

- a) fazer uma pasta com o solo a ser utilizado, manter em repouso por 24 horas;
- b) coloca-se a pasta de solo num recipiente metálico de 4 cm de diâmetro e 1 cm de altura (Figura 13a) e após levado à estufa de circulação de ar a 105°C por 48 horas, retirando-se em seguida (Figura 13b);
- c) coloca-se um recipiente de vidro de dimensões 5 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura preenchido por mercúrio dentro de um recipiente maior de porcelana (Figura 13c);
- d) coloca-se então dentro do recipiente com mercúrio a pastilha de solo seco e pressiona-se uma superfície fina de vidro na parte superior para o emparelhamento do mercúrio (Figura 13c) e o deslocamento do mesmo;
- e) por fim mede-se o volume de mercúrio deslocado e então calcula-se o Limite de Contração através da seguinte fórmula:

$$Lm = \left(\frac{a}{b} * ya \right) - \frac{1}{c} * 100$$

onde:

Lm = Limite de contração, %

a = volume da pastilha seca, cm³

ya = densidade da água, g.cm⁻³, à temperatura do ensaio

b = peso da pastilha seca, g

c = densidade de partículas da amostra, g.cm⁻³

E, o grau de contração através da seguinte fórmula:

$$GC = \frac{a - b}{a} * 100$$

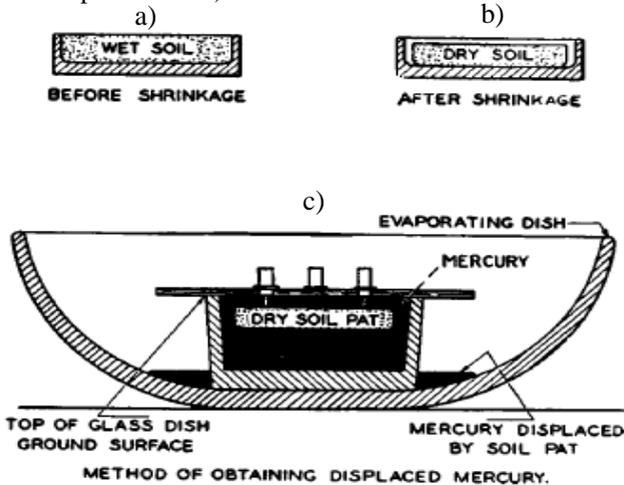
onde:

GC = grau de contração, %

a = volume inicial da pastilha, com o solo úmido, cm³

b = volume final da pastilha, com o solo seco, cm³

Figura 13 – Esquema representativo do Método do Mercúrio Metálico. a) – pasta de solo dentro do recipiente metálico; b) pastilha de solo seco dentro do recipiente metálico; c) conjunto recipiente maior de parcelana + pastilha de solo seco dentro de recipiente de vidro preenchido por mercúrio + superfície de vidro para emparelhamento do mercúrio + mercúrio deslocado (ao fundo do recipiente maior).



Fonte: Haluschak, 2006.

5.4 METODOLOGIA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DO GRAU DE RETRAÇÃO DOS SOLOS: MÉTODO DO PREENCHIMENTO DO ANEL COM AREIA

Objetivando ter uma nova forma de avaliação do caráter retrátil em Nitossolos e Latossolos, de fácil utilização e que quantifique o grau ou a intensidade da mesma, foi desenvolvida uma metodologia que baseia-se no preenchimento do volume do anel volumétrico por areia fina, após a secagem da amostra.

A metodologia consiste no seguinte:

- Coletar amostra indeformada de solo num anel metálico de 10 cm x 10 cm (Figura 14 - a). Após, embalar cuidadosamente o solo em papel alumínio ou filme plástico;
- No laboratório, fazer a limpeza do anel volumétrico e colocar a amostra para saturar durante 48 horas;

- c) Após a saturação, colocar as amostras em mesa de tensão de areia a 60 cm de coluna de água, objetivando a uniformidade da tensão nas amostras;
- d) Após a estabilização da amostra na tensão de 60 cm de coluna de água (aproximadamente três dias), os anéis são retirados da mesa de areia. Como os solos são expansivos é feito o corte do solo que ultrapassou os limites superior e inferior do anel, uniformizando com isso o volume de solo para corresponder ao volume do anel. Após, o conjunto anel + solo é colocado em estufa a 105°C por 48 horas. Depois de seco, o conjunto é resfriado em dessecador.
- e) Após isso, os anéis são vedados na sua base inferior com fita crepe (Figura 14 (B)) e levados para um agitador de peneiras. Em agitação constante o volume de solo retraído dentro do anel é preenchido com areia fina de diâmetro menor do 0,250 mm (Figura 14(C)). Essa areia que preenche o volume retraído de solo, é mensurada através de uma bureta de 100 mL.
- f) Após o volume do anel estar completo pelo solo retraído e a areia (Figura 14(D)), basta proceder ao seguinte calculo para obter o índice de retração do solo:

$$IR = 1 - [(va) - (var)]^{1/3}$$

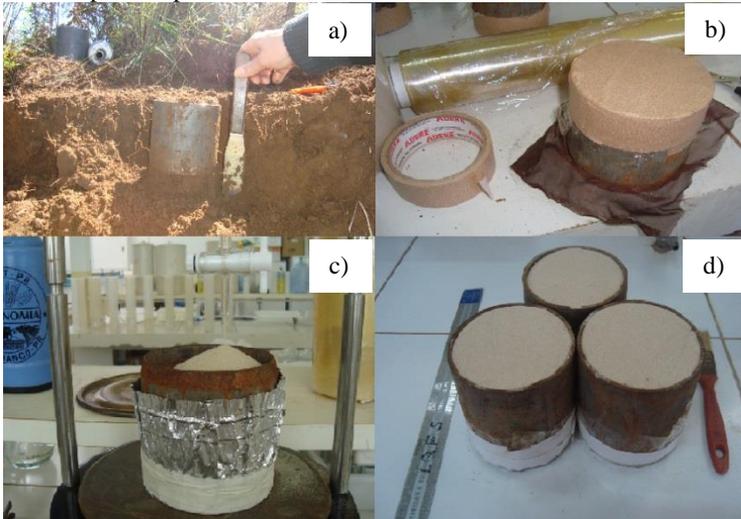
onde:

IR = índice de retração

va=volume do anel (cm³)

var=volume retraído (cm³)

Figura 14 - Método de quantificação da retração do solo: a) coleta do anel; b) vedação da parte inferior do anel; c) preenchimento do anel com areia; d) anéis depois de preenchidos com areia.



Fonte: Luana da Silva.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

5.5.1 Análise de correlação

Todas as variáveis foram submetidas inicialmente a análise de normalidade através do teste Shapiro-Wilk. Após a verificação da normalidade os dados de retração foram correlacionados entre si e entre os demais atributos físicos do solo, através do teste de correlação de Pearson (r).

5.5.2 Análise de agrupamento

A análise de agrupamento foi realizada separadamente em horizontes superficiais e subsuperficiais, pois estes horizontes podem diferir entre si quanto a teor de carbono orgânico e granulometria. Os horizontes superficiais foram constituídos pelos horizontes pedogenéticos A, já os horizontes

subsuperficiais foram constituídos pelos horizontes pedogenéticos B.

A retração do solo pelo Método do Preenchimento do Anel com Areia foi analisada através de uma estatística univariada usando um modelo misto no procedimento "PROC GLIMMIX" do programa SAS 9.2 (Schabenberger, 2007). Os horizontes dos solos foram considerados como um efeito fixo e os perfis como efeito aleatório. Os valores médios da retração foram comparados pelo teste da diferença mínima significativa (DMS).

5.5.3 Análise de componentes principais

A análise de componentes principais foi realizada conforme procedimento PROC PRINCOMP do programa SAS 9.2 (SAS, 2009), para verificar relações entre os atributos do solo avaliados.

5.5.4 Teste de média

Compararam-se os solos em cada potencial matricial da curva de retenção de água, sendo que os horizontes A e B foram analisados separadamente, e também densidade do solo, porosidade e matéria orgânica do solo. Foram consideradas como repetições cinco amostras de cada solo, e realizada a análise de variância (ANOVA), levando-se em consideração como delineamento experimental o inteiramente casualizado. Quando significativo a 5% pela ANOVA, os tratamentos foram comparados através do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Foram comparadas as médias de cada solo, separadamente para horizontes A e B, para a área superficial específica e matéria orgânica, através da ANOVA e do teste Tukey à 5% de probabilidade de erro, utilizando três repetições e considerando o delineamento inteiramente casualizado.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS

6.1.1 Granulometria

Os resultados de granulometria podem ser observados na Tabela 1. No horizonte A, o maior teor de argila foi obtido no LV_{CAS} (737 g kg⁻¹) e o menor teor no LB_{VAR} (447 g kg⁻¹). No horizonte B, o maior teor foi obtido no NB_{PS} (785 g kg⁻¹) e o menor no LV_{CN} (595 g kg⁻¹). No horizonte A os solos classificaram-se como argilosos, com exceção do LV_{CAS} (muito argiloso). No horizonte B, o solo LV_{CN} foi classificado como argiloso e os demais como muito argilosos. Em todos os solos estudados houve um incremento no teor de argila do horizonte A para o B.

Ghidin (2006) encontrou para LV_{CAS} teores de argila para o horizonte B de 770 g kg⁻¹, valor próximo ao encontrado neste estudo, sendo 740 g kg⁻¹. Bognola (1995) encontrou para Latossolos Brunos de Campos Novos teores de 810 g kg⁻¹ para o horizonte A e 800 g kg⁻¹ para o horizonte B. Os teores encontrados para horizontes A dos Latossolos Brunos neste trabalho foram de 594 e 447 g kg⁻¹; teores estes inferiores aos encontrados por Bognola (1995). Isso pode ter ocorrido pela não eliminação da MOS, o que “mascara” o teor de argila da amostra. Em Nitossolos Brunos, da região de Paine/SC, Dall’Orsoletta (2014) encontrou teores de argila igual a 578 g kg⁻¹, similares aos desta pesquisa (596 g kg⁻¹).

É possível perceber que os solos avaliados apresentaram valores semelhantes de argila, considerando que no horizonte A os teores podem estar sobre a influência da MOS, com exceção do LV_{CAS}, que possui o menor valor de MOS (Tabela 2). De modo geral, os solos, por possuírem o mesmo material de origem (basalto) e mineralogias semelhantes, apresentam granulometria bastante similar.

Tabela 1 – Granulometria de Nitossolos e Latossolos do Sul do Brasil pelo Método da pipeta.

	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
	-----g kg ⁻¹ -----			
	Horizonte A			
NB _{PAI}	101	303	596	Argilosa
LB _{VAC}	102	304	594	Argilosa
LV _{CN}	132	311	557	Argilosa
NB _{PS}	83	320	597	Argilosa
NB _{CUR}	66	339	595	Argilosa
LB _{VAR}	235	319	447	Argilosa
LV _{CAS}	65	198	737	Muito Argilosa
	Horizonte B			
NB _{PAI}	217	31	752	Muito Argilosa
LB _{VAC}	84	262	653	Muito Argilosa
LV _{CN}	171	234	595	Argilosa
NB _{PS}	21	194	785	Muito Argilosa
NB _{CUR}	68	242	690	Muito Argilosa
LB _{VAR}	60	187	753	Muito Argilosa
LV _{CAS}	57	202	740	Muito Argilosa

* NB_{PAI} = Nitossolo Bruno, localizado em Painel/SC; LB_{VAC} = Latossolo Bruno, localizado em Vacaria/RS; LV_{CN} = Latossolo Vermelho, localizado em Campos Novos/SC; NB_{PS} = Nitossolo Bruno, localizado em Ponte Serrada/SC; NB_{CUR} = Nitossolo Bruno, localizado em Cutitibanos/SC; LB_{VAR} = Latossolo Bruno, localizado em Vargeão/SC; LV_{CAS} = Latossolo Vermelho, em Cascavel/PR.

Fonte: Luana da Silva.

6.1.2 Densidade, porosidade e matéria orgânica do solo

Os dados de densidade do solo (Ds) e de partículas (Dp), porosidade total (PT), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e matéria orgânica do solo (MOS) estão apresentados na Tabela 2. Os valores de Ds, Pt, Macro, Micro e MOS, estão com suas respectivas comparações de médias.

A Dp média dos solos geralmente é de 2,65 g cm⁻³, valor este que reflete a densidade da maior parte dos minerais encontrados no solo (FERREIRA, 2010). Nos solos observados

encontraram-se valores entre 2,44 e 2,93 g cm⁻³. As maiores Dp destes solos como, por exemplo, 2,74 e 2,93 g cm⁻³, respectivamente nos horizontes A e B, podem ter ocorrido devido a compostos ferruginosos presentes, que podem apresentar valores acima de 3,00 g cm⁻³ (FERREIRA, 2010; SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989). Valores inferiores, encontrados nos horizontes superficiais, em alguns solos, como por exemplo, no NB_{CUR} e LB_{VAR}, respectivamente de 2,44 e 2,49 g cm⁻³ (Tabela 2) podem ser atribuídos a influência da MOS que tem Dp em torno de 1,2 g cm⁻³ (Ferreira, 2010).

Os menores valores de Ds foram encontrados no horizonte A dos solos, quando comparados ao horizonte B (Tabela 1), isto devido ao fato de que esses solos são encontrados em condições naturais e com teor de MOS relativamente alto, visto que o CO melhora a qualidade das estruturas do solo (SILVA et al., 1997; ALBUQUERQUE et al., 2005). No horizonte A, não houve diferença significativa entre os solos para os valores de Ds. Ao contrário, no horizonte B houve diferenças significativas entre eles. O maior valor de Ds neste horizonte ocorreu para o BN_{PAI} (1,21 g cm⁻³), entretanto não diferiu do LB_{VAC} (1,06 g cm⁻³) e do NB_{CUR} (1,07 g cm⁻³). O menor valor encontrado foi no NB_{PS} (0,88 g cm⁻³).

A Ds é um fator muito importante como indicador de qualidade do solo. Foi verificado nos solos avaliados valores de densidade que variaram entre 0,82 e 1,21 g cm⁻³ (Tabela 1). Bognola (1995) encontrou resultados similares em Latossolos Vermelhos e Brunos na Região Sul do Brasil, com a Ds variando entre 0,8 e 1,15 g cm⁻³. Sabe-se que solos argilosos com densidades inferiores a 1,25 g cm⁻³ dificilmente apresentarão problemas quanto ao crescimento e desenvolvimento de raízes (REICHERT et al., 2003). Para os solos avaliados, todos os valores de Ds ficaram abaixo deste valor, o que indica que não devem apresentar problemas de restrição ao desenvolvimento radicular. É possível perceber para as médias de Ds para o horizonte A que Latossolos e

Nitossolos tiveram valores aproximados de Ds, não diferindo estatisticamente de acordo com a ordem de solo.

Tabela 2 - Valores médios para densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (Pt), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e matéria orgânica do solo (MOS).

Solo	Ds -----g cm ⁻³ -----	Dp	PT -----cm ³ cm ⁻³ -----	Macro	Micro	MOS g dm ⁻³
Horizonte A						
NB _{PAI}	0,91 ^{ns}	2,66	0,68 ab	0,16 c	0,51 a	48,27 c
LB _{VAC}	0,94	2,65	0,70 a	0,18 c	0,52 a	65,58 a
LV _{CN}	0,82	2,72	0,67 ab	0,30 a	0,37 e	40,35 d
NB _{PS}	0,85	2,61	0,66 ab	0,26 ab	0,41de	55,46 b
NB _{CUR}	0,90	2,44	0,64 ab	0,19 bc	0,45 bc	57,61 b
LB _{VAR}	0,96	2,49	0,61 b	0,14 c	0,47 b	34,50 e
LV _{CAS}	0,96	2,74	0,62 b	0,20 bc	0,42 cd	30,22 e
CV (%)	8,87		5,55	19,10	4,53	2,56
Horizonte B						
NB _{PAI}	1,21 a	2,64	0,60 c	0,10 c	0,50 a	7,53 d
LB _{VAC}	1,06 ab	2,60	0,67 a	0,17 ab	0,49 a	48,69 a
LV _{CN}	1,02 bc	2,50	0,63 abc	0,16 abc	0,47 ab	27,96 b
NB _{PS}	0,88 c	2,66	0,63 abc	0,13 bc	0,51 a	29,28 b
NB _{CUR}	1,07 ab	2,93	0,61 bc	0,18 ab	0,44 b	31,11 b
LB _{VAR}	0,94 bc	2,69	0,66 ab	0,21 a	0,45 b	22,93 c
LV _{CAS}	0,89 c	2,58	0,63 abc	0,20 a	0,43 b	18,68 c
CV (%)	7,96		3,51	20,44	4,72	6,27

* NB_{PAI} = Nitossolo Bruno, localizado em Painel/SC; LB_{VAC} = Latossolo Bruno, localizado em Vacaria/RS; LV_{CN} = Latossolo Vermelho, localizado em Campos Novos/SC; NB_{PS} = Nitossolo Bruno, localizado em Ponte Serrada/SC; NB_{CUR} = Nitossolo Bruno, localizado em Curitiba/SC; LB_{VAR} = Latossolo Bruno, localizado em Vargeão/SC; LV_{CAS} = Latossolo Vermelho, em Cascavel/PR.

Fonte: Luana da Silva.

A PT da maioria dos solos e horizontes foi alta, geralmente superando 0,60 cm³ cm⁻³. Na maioria dos casos, foi maior no horizonte A, devido a maior participação da MOS e seus efeitos na melhoria da estrutura. Somente para o horizonte B dos Latossolos Bruno de Vargeão e Vermelho de Cascavel a

PT foi maior no horizonte B, o que pode ser atribuído a predominância de estrutura forte muito pequena granular (pó-de-café) nesses horizontes. Não foram verificadas diferenças na PT entre Latossolos e Nitossolos, cujo intervalo de variação, nos dois casos, foi de 0,6 a 0,7 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$. Como esperado, a maior parcela da PT é representada pelos microporos, que variaram de 0,41 a 0,51 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para os Nitossolos e de 0,37 a 0,52 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para Latossolos. A Macro variou entre 0,10 e 0,30 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, sendo geralmente maior no horizonte A dos solos, devido ao efeito da MOS na formação de estruturas granulares, que tendem a aumentar a Macro. Do mesmo modo que para a PT, a Macro foi maior nos horizontes B dos Latossolos Bruno de Vargeão e no Vermelho de Cascavel, em comparação aos horizontes A, devido aos motivos anteriormente expostos.

De modo geral, observa-se que para a maioria dos solos, nos dois horizontes, quando os teores de MOS foram maiores, houve relação positiva com a PT e a Macro, e negativa com a Ds. Este comportamento é comum ocorrer, já que a MOS promove aumento na granulação e melhora a estabilidade da estrutura do solo (CAMPOS et al., 1995), aumentando o espaço poroso e como consequência diminuindo a densidade.

6.1.3 Curva de retenção de água no solo

As curvas de retenção de água no solo (Figura 15) foram ajustadas através do modelo de Van Genuchten (1980), e os parâmetros empíricos foram obtidos com o auxílio do aplicativo Soil Water Retention Curves (SWRC version 3.00 beta), (DOURADO-NETO et al., 2001).

No horizonte A, a menor UV do solo saturado se deu em LB_{VAR} e LV_{CAS} e a maior UV no LB_{VAC} , sendo que o valor da UV nesse solo diferiu significativamente dos solos LB_{VAR} e LV_{CAS} (Figura 20a). Os demais solos não diferiram desses com maior e menor UV. No potencial matricial (ψ_m) de -1 kPa, os

solos não diferiram entre si. Nos ψ_m de -6 kPa e -10 kPa, os solos NB_{PAI} e LB_{VAC} tiveram a maior retenção de água, diferindo dos demais. Os solos NB_{PS} , NB_{CUR} , LB_{VAR} e LV_{CAS} tiveram teores intermediários de água retida, enquanto o solo LV_{CN} teve o menor teor de água retida, não diferindo do solo NB_{PS} . Nos ψ_m mais negativos, menores do que -33 kPa, os solos NB_{PAI} e LB_{VAC} tiveram maior retenção de água e diferiram dos demais; os solos NB_{CUR} e LB_{VAR} tiveram teores intermediários diferindo dos outros e os solos LV_{CN} , NB_{PS} e LV_{CAS} não diferiram entre si, mas diferiram dos demais e apresentaram menor retenção de água.

Verifica-se que não houve padrão da retenção de água no solo no horizonte A relacionada à ordem de solo ou seja, o fato de ser Latossolo ou Nitossolo não estabeleceu padrão para as curvas, da mesma forma que a subordem Vermelho ou Bruno também não exerceu influência sobre a retenção de água (Figura 21a).

Observando-se apenas o comportamento da curva de retenção, no horizonte A (Figura 20a) observa-se que o solo LB_{VAC} teve uma maior retenção de água nos ψ_m maiores (-1 a -33 kPa). A menor retenção de água ocorreu para os ψ_m igual e menor do que -10 kPa no LV_{CUR} .

A retenção de água acontece devido à capilaridade e adsorção (REICHARDT & TIMM, 2004). A maior retenção de água se dá nos poros de tamanho menor. Na fase mais seca da curva, a principal atuação é da adsorção (HILLEL, 1980), enquanto na fase mais úmida a capilaridade é responsável pela retenção (REICHARDT, 2004). Observa-se na Tabela 2, que o LB_{VAC} , possui valores de microporos de $0,52 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e MOS de $65,58 \text{ g dm}^{-3}$, propriedades que influenciam diretamente na retenção de água em potenciais maiores.

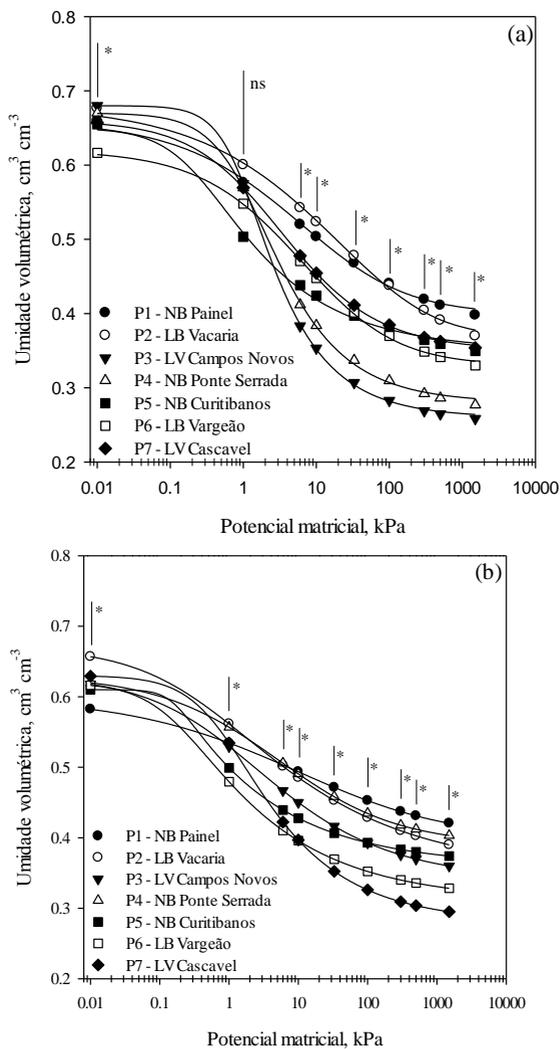
Segundo Moraes (1993), a adição de MOS aumenta a infiltração de água, melhora a estrutura do solo, elevando a capacidade de retenção de água. Neste caso apenas o solo LB_{VAC} , que possui o maior teor para MOS (Tabela 1), teve

relação com a retenção de água, apresentando sempre os maiores valores de retenção de água no solo.

Nos demais solos, seguiu o padrão encontrado por Beutler et al. (2002) e Grohmann (1977) onde a retenção de água no solo não se correlacionou com a matéria orgânica, mas sim seu maior efeito sugere a ação da mineralogia do solo.

No horizonte B a maior PT ocorreu nos solos LB_{VAC} , LV_{CN} , NB_{PS} , LB_{VAR} e LV_{CAS} , e os menores no NB_{PAI} e o NB_{CUR} . No ψ_m de -1 kPa os maiores teores foram nos solos NB_{PAI} , LB_{VAC} , LV_{CN} , NB_{PS} , LB_{VAR} e LV_{CAS} e o menor teor foi solo NB_{PS} , que diferiu estatisticamente somente do solo NB_{PS} . A retenção de água nos ψ_m -6 kPa e -10 kPa foi maior para os solos NB_{PAI} , LB_{VAC} , LV_{CN} e NB_{PS} , e diferiram dos solos NB_{CUR} , LB_{VAR} e LV_{CAS} . Para a retenção nos ψ_m -33 e -100 kPa os maiores teores de água retida foram nos solos NB_{PAI} , LB_{VAC} e NB_{PS} ; nos solos LV_{CN} , NB_{CUR} e LB_{VAR} os valores foram intermediários; e o solo LV_{CAS} teve menor teor de água retida, entretanto não diferiu dos solos NB_{CUR} e LB_{VAR} . No ψ_m -300 kPa os solos NB_{PAI} , LB_{VAC} , LV_{CN} , NB_{PS} e NB_{CUR} tiveram os maiores teores de água retida e não diferiram entre si; o solo LV_{CAS} teve o menor teor e não diferiu do solo LB_{VAR} que também não diferiu dos solos com maior teor de água. No ψ_m de -500 kPa o solo NB_{PAI} e NB_{PS} tiveram os maiores teores de água retida; os solos LB_{VAC} , LV_{CN} , NB_{CUR} e LB_{CUR} tiveram valores intermediários; e o solo LV_{CAS} os menores teores. No ψ_m de -1500 kPa os solos NB_{PAI} , NB_{PS} e NB_{CUR} apresentaram os maiores teores de água; os solos LB_{VAC} , LV_{CN} e LB_{VAR} tiveram teores intermediários; e o solo LV_{CAS} o menor teor.

Figura 15 – Curvas de retenção de água no solo de horizontes A (a) e B (b), ajustadas pelo modelo de van Genuchten.



* Significativo à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ns.: não significativo.

Fonte: Luana da Silva

A retenção de água no solo é uma característica específica de cada solo, e resulta da associação de fatores físicos, e principalmente da mineralogia destes solos (BEUTLER et al., 2002). Observando-se o comportamento das curvas de retenção no horizonte B (**Figura 15b**).

Destaca-se o LV_{CAS} que reteve a menor quantidade de água por capilaridade. Este solo tem alta porosidade total, macroporosidade e água drenável, assim como o LB_{VAR} e o LV_{CN} (Tabela 2). Em tensões maiores a mineralogia é responsável pela maior retenção de água, pois a retenção de água pela capilaridade vai perdendo importância e a adsorção é a maior responsável pela retenção, e a ASE é a propriedade que melhor reflete a mineralogia do solo e a capacidade de retenção que um solo possui. Em consequência disso o LV_{CAS} que apresentou a menor ASE (Tabela 5) teve também a menor retenção de água nos ψ_m mais negativos.

Na tabela 3 é observado os valores de capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD). É possível perceber que entre os Latossolos, a CC foi maior nos Brunos que nos Vermelhos; o PMP variou entre 0,24 e 0,35 $cm^3 cm^{-3}$ sendo que o maior teor desses solos foi a AD o maior teor foi encontrado de 0,18 no LB_{VAC} e o menor de 0,08 $cm^3 cm^{-3}$ no LB_{VAR} horizonte B.

Segundo Costa, et al (2013), quando estabeleceu valores médios de CC para diferentes classes de solos, encontrou para Nitossolos Brunos teor de 0,50 $cm^3 cm^{-3}$ para o horizonte superficial, e 0,53 $cm^3 cm^{-3}$ para o horizonte subsuperficial. Para Latossolos Brunos encontrou teores de 0,49 $cm^3 cm^{-3}$ para o horizonte superficial, e 0,48 $cm^3 cm^{-3}$ para o horizonte subsuperficial e para Latossolos Vermelhos 0,43 $cm^3 cm^{-3}$ para o horizonte superficial, e 0,50 $cm^3 cm^{-3}$ para o horizonte subsuperficial.

Tabela 3 – Valores de Capacidade de Campo (CC), Ponto de Murcha Permanente (PMP) e Água Disponível (AD).

Identificação	CC	PMP	AD
	-----cm ³ cm ⁻³ -----		
NB _{PAI} / A	0.50	0.37	0.13
NB _{PAI} / B	0.49	0.40	0.09
LB _{VAC} / A	0.52	0.34	0.18
LB _{VAC} / B	0.49	0.35	0.14
LV _{CN} / A	0.34	0.25	0.09
LV _{CN} / B	0.45	0.34	0.11
NB _{PS} / A	0.38	0.26	0.12
NB _{PS} / B	0.49	0.39	0.10
NB _{CUR} / A	0.43	0.32	0.11
NB _{CUR} / B	0.42	0.36	0.06
LB _{VAR} / A	0.44	0.31	0.13
LB _{VAR} / B	0.43	0.34	0.08
LV _{CAS} / A	0.41	0.28	0.14
LV _{CAS} / B	0.41	0.30	0.12

NB_{PAI} = Nitossolo Bruno, localizado em Paniel/SC; LB_{VAC} = Latossolo Bruno, localizado em Vacaria/RS; LV_{CN} = Latossolo Vermelho, localizado em Campos Novos/SC; NB_{PS} = Nitossolo Bruno, localizado em Ponte Serrada/SC; NB_{CUR} = Nitossolo Bruno, localizado em Cutitibanos/SC; LB_{VAR} = Latossolo Bruno, localizado em Vargeão/SC; LV_{CAS} = Latossolo Vermelho, em Cascavel/PR.

Fonte: Luana da Silva

Os solos estudados em sua maioria apresentaram valores de CC (Tabela 3) semelhantes aos teores obtidos por Costa et. al (2013). Nos horizontes A dos Latossolos Brunos, os valores de CC ficaram entre 0,52 e 0,44 cm³ cm⁻³; nos Latossolos Vermelhos entre 0,32 e 0,41 cm³ cm⁻³; e nos Nitossolos Brunos 0,38, 0,49 e 0,50 cm³ cm⁻³. Entretanto resultados fora dos esperados foram obtidos nos horizontes A do LV_{CN} e do um NB_{PS}, nos quais a CC resultou em 0,34 e 0,38 cm³ cm⁻³. Estes resultados podem ser relacionados com as altas macroporosidades destes solos, que é de 0,3 cm³ cm⁻³ para o LV_{CN} e 0,26 cm³ cm⁻³ para o NB_{PS} (Tabela 2).

6.1.4 Limites de consistência

Os valores médios de LL, LPI, LPeg e IP estão apresentados na Tabela 4.

Para o LL, que na prática representa o limite superior de umidade em que a consistência é plástica, o maior valor foi encontrado no horizonte A do LB_{VAC}, e o menor no solo LV_{CAS}. No horizonte B, o maior valor obtido foi no solo LV_{CN} e o menor no solo LV_{CAS}.

O LPI na prática representa o limite inferior de plasticidade, correspondendo a um teor de água abaixo do qual o solo apresenta-se numa condição de friabilidade. No horizonte B os maiores valores foram obtidos no solo LB_{VAC} e o menor no solo NB_{PS}.

O LPeg representa uma condição de umidade superior ao LPI, a partir da qual o solo encontra-se já suficientemente molhado para adquirir propriedade de aderir a outros objetos. O maior valor no horizonte A ocorreu no solo LB_{VAC}, e o menor no solo NB_{PS}. No horizonte B, o maior valor foi encontrado no LV_{CN}, e o menor no solo LB_{VAR}.

O IP, que representa o intervalo de umidade em que o solo se mantém com consistência plástica, teve o maior valor no horizonte A do solo NB_{PS} e o menor no LV_{CAS}. No horizonte B o maior valor foi no solo LB_{VAR}, e o menor valor nos solos LV_{CAS} e NB_{PAI}.

O LL apresentou valores elevados, que variaram entre 0,49 e 0,60 g g⁻¹ para o conjunto dos solos (Tabela 4), atribuídos ao alto teor de argila e MOS encontrados nesses solos. Luciano et al. (2012), encontrou para Nitossolos Brunos de Santa Catarina, valores médios de 0,54 g g⁻¹, resultados similares, portanto, aos obtidos neste estudo, onde foi encontrado entre 0,51 e 0,60 g g⁻¹ (Tabela 4). Para Latossolos Vermelhos argilosos do estado de São Paulo, Klein & Libardi, (2001) encontraram valores para LL entre 0,30 e 0,33 g g⁻¹, valores inferiores aos encontrados para Latossolos Vermelhos

desse estudo, que ficaram entre 0,49 e 0,57 g g⁻¹. Possivelmente isso se deva ao fato dos autores terem trabalhado com solos com menores teores de argila, maiores de argila e mineralogia diferenciada. Bognola (1995) encontrou para Latossolos Brunos de Santa Catarina, valores entre 0,50 e 0,78 g g⁻¹, valores esses dentro do intervalo também encontrados na Tabela 4, situados de 0,51 a 0,60 g g⁻¹.

Os valores do limite de plasticidade (LPI), e do limite de pegajosidade (LPeg), variaram respectivamente de 0,39 a 0,52 g g⁻¹ e de 0,53 a 0,69 g g⁻¹. Para Nitossolos Brunos de SC os valores para LPI encontrados por Luciano et al, (2012), foram de 0,45 g g⁻¹, e de LPeg 0,58 g g⁻¹. Para Latossolos Vermelhos de SP, Klein & Libardi (2001), encontraram para LPeg entre 0,098 a 0,13 g g⁻¹ e para LPI de 0,29 a 0,33 g g⁻¹, sendo mais baixos provavelmente pelos motivos anteriormente expostos. Bognola (1995), encontrou valores de LPI para Latossolos Brunos do Sul do Brasil entre 0,35 a 0,57 g g⁻¹, similares, portanto aos obtidos neste trabalho.

O índice e plasticidade (IP) variou entre 0,05 e 0,19 g g⁻¹. Nos trabalhos de Luciano et al. (2012), Klein & Libardi (2001) e Bognola (1995), os limites de consistência do solo aumentaram da com o aumento do teor de argila; no caso presente, não houve relação com o teor de argila devido a pequena variação dos teores de argila e provavelmente pela similaridade da mineralogia dos solos estudados.

Do ponto de vista do manejo desses solos, apresentam-se com intervalos de consistência plástica bastante estreita e apenas com teores de umidade volumétrica muito elevado, o que na prática pode representar que isto pode não interferir tão negativamente nas operações de preparo em relação à compactação, já que dificilmente os solos, mesmo em períodos chuvosos deverão manter-se com níveis de umidade tão elevados, ou pelo menos, deverão estar aptos para o preparo em poucos dias após longas chuvas.

Tabela 4 – Valores médios para limite de liquidez (LL), Limite de plasticidade (LPI), Limite de pegajosidade (LPeg) e índice de plasticidade (IP).

Solo	LL	LPI	LPeg	IP
	-----g g ⁻¹ -----			
Horizonte A				
NB _{PAI*}	0,58	0,50	0,62	0,08
LB _{VAC}	0,60	0,51	0,65	0,08
LV _{CN}	0,53	0,45	0,63	0,08
NB _{PS}	0,57	0,39	0,53	0,18
NB _{CUR}	0,57	0,43	0,59	0,13
LB _{VAR}	0,56	0,51	0,60	0,05
LV _{CAS}	0,49	0,42	0,56	0,07
Horizonte B				
NB _{PAI}	0,51	0,45	0,56	0,07
LB _{VAC}	0,56	0,47	0,62	0,09
LV _{CN}	0,57	0,52	0,69	0,10
NB _{PS}	0,60	0,41	0,61	0,19
NB _{CUR}	0,55	0,44	0,59	0,11
LB _{VAR}	0,51	0,42	0,54	0,09
LV _{CAS}	0,50	0,44	0,56	0,07

* NB_{PAI} = Nitossolo Bruno, localizado em Painel/SC; LB_{VAC} = Latossolo Bruno, localizado em Vacaria/RS; LV_{CN} = Latossolo Vermelho, localizado em Campos Novos/SC; NB_{PS} = Nitossolo Bruno, localizado em Ponte Serrada/SC; NB_{CUR} = Nitossolo Bruno, localizado em Cutitibanos/SC; LB_{VAR} = Latossolo Bruno, localizado em Vargeão/SC; LV_{CAS} = Latossolo Vermelho, em Cascavel/PR.

Fonte: Luana da Silva.

Outra relação possível de ser feita é com a capacidade de retração. Considerando os baixos valores do IP, cujo limite de água inferior é o LPI, seria possível inferir que a contração do solo entre o LL e o LPI deva ser mínima, sendo esse efeito mais pronunciado a partir da perda de água abaixo do LPI, ou seja, numa condição de umidade em que o solo perde água a partir de um valor próximo da CC, já que o volume máximo do solo foi considerado a tensão de 1/3 atm.

6.1.5 Área superficial específica

Na Tabela 5 se observam os valores médios obtidos para os horizontes A e B dos solos. No horizonte A, o maior valor de ASE ($207 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) foi encontrado no solo LB_{VAC} , e o menor valor no LV_{CAS} ($98 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$). No horizonte B, o maior valor médio da ASE também ocorreu no solo LB_{VAC} ($237 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$). O menor valor de ASE no horizonte B ocorreu no solo NB_{CUR} , de $106 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. Esse comportamento do solo em relação à ASE é possivelmente indicativo das diferenças na composição mineralógica destes solos. Solos menos intemperizados, que possuem minerais 2:1 podem ter valores de ASE maiores. Para os solos com valores maiores de ASE, é possível cogitar participação de maior quantidade de minerais 2:1 e, ou interestratificados em mistura com minerais de camada 1:1; entretanto, maiores estudos são necessários para comprovar essa hipótese para os solos estudados. Outro fator que pode elevar a ASE é alto teor de matéria orgânica, principalmente no horizonte A (SOUZA JÚNIOR et al., 2007). O LB_{VAC} apresentou os maiores teores de MOS (Tabela 2), tanto no horizonte A como no B; isto, enfim também pode estar atuando na maior expressão de sua ASE. A MOS, além de influenciar na elevação da ASE, também tem efeito sobre a melhor agregação do solo, maior infiltração de água no solo, maiores porosidade total e macro, e na diminuição da densidade do solo. Pode-se perceber entretanto, que em alguns solos a MOS pode estar agindo com efeito contrário, recobrando aglomerados de partículas e reduzindo a ASE, visto que na Tabela 5, nos solos NB_{PAI} , LB_{VAC} , NB_{PS} , LB_{VAR} , a ASE é maior no B, embora não hajam diferenças expressivas no teor de argila.

Com relação à ASE de alguns argilominerais, a da caulinita varia entre 5 a $40 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (KER, 1988); já minerais 2:1 que possuem ASE na parte interna das entrecamadas, onde podem ocorrer valores superiores a $800 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (BRAIDA,

2004). Por sua vez, os óxidos de ferro, típicos de solos mais intemperizados, podem alcançar uma ASE de $1000 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, embora sejam frequentes valores entre 40 e $100 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (SOUZA JÚNIOR et al., 2007).

Tabela 5 - Valores médios de Área superficial específica (ASE) para os horizontes A e B.

Solo	ASE -----m ² g-----
Horizonte A	
NB _{PAI} *	125
LB _{VAC}	207
LV _{CN}	123
NB _{PS}	113
NB _{CUR}	115
LB _{VAR}	120
LV _{CAS}	98
Horizonte B	
NB _{PAI}	160
LB _{VAC}	237
LV _{CN}	116
NB _{PS}	144
NB _{CUR}	106
LB _{VAR}	154
LV _{CAS}	135

* NB_{PAI} = Nitossolo Bruno, localizado em Painel/SC; LB_{VAC} = Latossolo Bruno, localizado em Vacaria/RS; LV_{CN} = Latossolo Vermelho, localizado em Campos Novos/SC; NB_{PS} = Nitossolo Bruno, localizado em Ponte Serrada/SC; NB_{CUR} = Nitossolo Bruno, localizado em Cutitibanos/SC; LB_{VAR} = Latossolo Bruno, localizado em Vargeão/SC; LV_{CAS} = Latossolo Vermelho, em Cascavel/PR.

Fonte: Luana da Silva.

Os valores de ASE para os solos estudados são bastante superiores aos atribuídos aos solos predominantemente cauliniticos. Os teores totais de óxidos de ferro, conforme resultados obtidos pelos autores que analisaram os mesmos solos variaram de 18 a 24% de Fe₂O₃. Portanto, se considerarmos os valores médios de ASE frequentes para a caulinita e os óxidos de ferro, anteriormente citados, ainda

assim, a maioria dos Latossolos Nitossolos Brunos estudados apresentam valores acima do esperado, indicando provável contribuição de minerais de argila com características expansíveis.

6.2 RETRAÇÃO DOS SOLOS

A retração dos solos foi avaliada por três métodos distintos. Dois desses já são consolidados, principalmente para o estudo de solos expansivos como os Vertissolos, correspondendo ao Método da Seringa (SCHAFER & SINGER, 1976) e do Mercúrio Metálico (HALUSCHAK, 2006).

Pelo Método da Seringa, obteve-se o índice de COLE modificado (COLE mod) e pelo Método do Mercúrio o grau de contração do solo (GC). A terceira metodologia está sendo proposta por esta pesquisa para a validação e foi denominada como MÉTODO DO PREENCHIMENTO DO ANEL COM AREIA, através da qual se obteve o índice de retração do solo (IR). Para a obtenção do IR e do GC a variação do volume das amostras foi obtido a partir do volume inicial das amostras úmidas e após secas em estufa a 105°C e para o COLE mod, a partir das amostras úmidas, avaliou-se o volume após submeter as amostras à secagem em três temperaturas distintas, 35, 60 e 105°C, a fim de verificar a influência do conteúdo de umidade na variação do volume. Quando houver a comparação dos dados entre os métodos, no texto que segue, utiliza-se para o COLE mod a temperatura de 105°C.

As análises que mensuraram a retração do solo apresentaram valores distintos para um mesmo solo (Tabela 6). Isso ocorre devido a que: i) o procedimento metodológico difere entre os métodos, assim como os cálculos para obtenção desses valores; ii) nos métodos do Mercúrio e da Seringa utiliza-se o solo deformado, em forma de pasta; e iii) enquanto que, o Método do Preenchimento do Anel com Areia, usa solo indeformado.

A partir disso, na interpretação dos resultados, consideraram-se esses fatores.

Como já destacado em Material e Métodos além dos solos com características de retração da massa de solo (NB_{PAI} , LB_{VAC} , LV_{CN} , NB_{PS} , NB_{CUR} e LB_{VAR}) utilizou-se um solo, o LV_{Cas} , que não possui o mesmo comportamento, ou seja, sem retração da massa de solo aparente. Este solo, considerado então como não retrátil, serve como um comparativo para com os outros solos, e também para testar a capacidade dos métodos em reconhecer quando o solo é mais ou menos retrátil, através dos valores dos índices obtidos de retração (IR), para COLE mod e para o GC. Dessa forma, teoricamente, e também verificado através dos resultados encontrados (Tabela 6), o solo com característica não retrátil é o que apresenta os valores indicando a baixa capacidade de retração. Quanto mais equidistante for o valor, do índice ou grau, encontrado para os demais solos, em comparação ao do solo não retrátil, maior é a retração daquele solo.

O Vertissolo, para todas as metodologias testadas, foi o solo que apresentou maior retração. Isso já era esperado para os métodos da Seringa e do Mercúrio, pois são metodologias já consolidadas. Como também foi encontrado o mesmo resultado para o novo método proposto (Preenchimento do Anel com Areia), torna-se assim um primeiro indício do mesmo parecer próprio para a utilização nos estudos de retração dos solos. O solo LV_{Cas} foi o menos retrátil pelos métodos do Mercúrio e do Preenchimento do Anel com Areia. O mesmo comportamento era esperado para o Método da Seringa, entretanto, os valores de COLE mod encontrados para esse solo assemelharam-se ao LB_{VAR} e ao LV_{CN} . Isso pode ser um indicativo de que o Método da Seringa possui limitações para solos menos retráteis, considerando que vem sendo utilizado principalmente para identificação de propriedades vérticas.

Na Tabela 6 verificam-se os valores de COLE mod, GC e IR, obtidos para os solos estudados e seus respectivos

horizontes A e B. Pelo Método da Seringa, o maior valor do COLE mod, ou seja, o solo que apresentou a maior capacidade de retração a 35°C foi o horizonte B do NB_{PS} (0,24) e a 60 e 105°C foi o horizonte B do LB_{VAC} (0,24), e a menor retração foi obtida no horizonte B do LV_{CAS} (0,14). Na metodologia do Mercúrio Metálico o solo mais retrátil foi o horizonte B do NB_{PAI} com valor de GC de 0,31 %, e o menos retrátil horizonte B do LV_{CAS} (0,01 %). Já, no Método do Preenchimento do Anel com Areia, a maior retração foi encontrada no horizonte A do NB_{PAI}, com IR de 0,12 e a menor no horizonte A do LV_{CAS}, com IR de 0,02. Como já comentado anteriormente, a menor retração encontrada no LV_{CAS} já era esperada. Entre os solos classificados como retráteis, excetuando-se o LV_{CAS}, aquele que apresentou a menor retração, pelo método do Mercúrio, foi o LB_{VAR} nos seus dois horizontes. Pelos métodos da Seringa e do Preenchimento do Anel com areia, os solos que apresentaram as menores retrações, foram para ambos, o LV_{CN} e o LB_{VAR}, ambos no horizonte A.

Os valores de IR apresentaram correlação significativa a 5% com o COLE mod (0,65) e com o GC (0,74) correlação positiva a 1% (Tabela 7). O COLE mod também correlacionou-se a 5% positivamente com o GC (0,66). Visto a correlação do IR com os valores de COLE mod e de GC e considerando que o método proposto para a obtenção do IR reconheceu o Vertissolo como o solo mais retrátil e o solo LV_{CAS} como o menos retrátil, considera-se esse método de aceitável utilização. Além disso, é um método de fácil utilização, sem a necessidade de reagentes. Sendo assim, o método pode ser facilmente desenvolvido em um laboratório de solos com componentes básicos (anel volumétrico, mesa de tensão, estufa, bureta, areia fina, entre outros).

Tabela 6 – Retração dos solos através do Método da Seringa – COLE mod (SCHAFER & SINGER, 1976), Método da Mercúrio Metálico – GC (HALUSCHAK, 2006) e Método do Preenchimento do Anel com Areia - IR. COLE mod = Coeficiente de extensibilidade linear modificado; GC = grau de contração do solo em %; IR = índice de retração do solo.

Solo / horizonte	Retração dos solos				
	COLE mod			GC (%)	IR
	35°C	60°C	105°C	105°C	105°C
NB_{PAI} / A	0,17	0,18	0,18	0,28	0,12
NB_{PAI} / B	0,16	0,19	0,19	0,31	0,10
LB_{VAC} / A	0,15	0,22	0,22	0,27	0,11
LB_{VAC} / B	0,19	0,24	0,24	0,26	0,08
LV_{CN} / A	0,16	0,14	0,14	0,22	0,06
LV_{CN} / B	0,18	0,17	0,17	0,25	0,07
NB_{PS} / A	0,18	0,20	0,20	0,27	0,08
NB_{PS} / B	0,24	0,22	0,22	0,22	0,12
NB_{CUR} / A	0,14	0,22	0,22	0,27	0,10
NB_{CUR} / B	0,14	0,20	0,20	0,28	0,08
LB_{VAR} / A	0,13	0,16	0,14	0,13	0,06
LB_{VAR} / B	0,17	0,15	0,15	0,19	0,08
LV_{CAS} / A	0,12	0,14	0,16	0,14	0,02
LV_{CAS} / B	0,11	0,14	0,14	0,01	0,03
Vertissolo	0,22	0,25	0,25	0,38	0,17

* NB_{PAI} = Nitossolo Bruno, localizado em Paniel/SC; LB_{VAC} = Latossolo Bruno, localizado em Vacaria/RS; LV_{CN} = Latossolo Vermelho, localizado em Campos Novos/SC; NB_{PS} = Nitossolo Bruno, localizado em Ponte Serrada/SC; NB_{CUR} = Nitossolo Bruno, localizado em Cutitibanos/SC; LB_{VAR} = Latossolo Bruno, localizado em Vargeão/SC; LV_{CAS} = Latossolo Vermelho, em Cascavel/PR; Vertissolo, localizado em Santana do Livramento/RS.

Fonte: Luana da Silva

Tabela 7 - Correlação de Pearson entre os Métodos da Seringa – COLE mod, Método da Mercúrio Metálico – GC e Método do Preenchimento do Anel com Areia e suas equações.

	COLE mod*	GC (%)	IR
Cmod	-	0,66**	0,65**
GC(%)	GC=-0,0617+1,5422*mod	-	0,74*
IR	IR=-0,0254+0,5702*mod	IR=0,0179 + 0,2774*GC	-

Teste H0: |r| = zero, quando * = significativo (0,01<p<0,05) e ** = significativo (p<0,01).

*COLE mod = Coeficiente de extensibilidade linear modificado; GC = grau de contração do solo em %; IR = índice de retração do solo.

Fonte: Luana da Silva.

Tabela 8 – Divisão de grupos de índice de retração (IR), obtido pelo Método Preenchimento do Anel com Areia, através do agrupamento pela estimativa de erro.

Observação	Solo / horizonte	IR	Grupo
1	VERT*	0,177	A
2	NB _{PS} /B	0,122	B
3	NB _{PAI} /A	0,1186	B
4	LB _{VAC} /A	0,114	B
5	NB _{CUR} /A	0,105	C
6	NB _{PAI} /B	0,098	C
7	LB _{VAC} /B	0,0848	D
8	NB _{CUR} /B	0,078	DE
9	LB _{VAR} /B	0,0775	DEF
10	NB _{PS} /A	0,0752	EF
11	LV _{CN} /B	0,0684	FG
12	LB _{VAR} /A	0,065	GH
13	LV _{CN} /A	0,0582	H
14	LV _{CAS} /B	0,03033	I
15	LV _{CAS} /A	0,01867	J

* VERT = Vertissolo Ebânico Localizado em Santana do Livramento RS. NB_{PAI} = Nitossolo Bruno, localizado em Painel/SC; LB_{VAC} = Latossolo Bruno, localizado em Vacaria/RS; LV_{CN} = Latossolo Vermelho, localizado em Campos Novos/SC; NB_{PS} = Nitossolo Bruno, localizado em Ponte Serrada/SC; NB_{CUR} = Nitossolo Bruno, localizado em Cutitibanos/SC; LB_{VAR} = Latossolo Bruno, localizado em Vargeão/SC; LV_{CAS} = Latossolo Vermelho, em Cascavel/PR.

Fonte: Luana da Silva.

Considerando as vantagens do Método do anel já citadas anteriormente, se torna importante ressaltar que, comparado ao método da Resina Saran, há certas semelhanças. Entre essas cita-se o uso do solo com a estrutura preservada, e medir o volume do solo seco e úmido. Entretanto há vantagens visíveis no método proposto em comparação ao método da Resina Saran, como a possibilidade do aferimento da retração

nas fissuras internas que ocorrem no solo com o secamento e a dispensa do envoltório produzido com a resina, o que pode gerar maior dificuldade no processo de retração/expansão.

Considerando que os valores do IR para Vertissolos permaneceu semelhantes aos já descrito nas literaturas, e o IR como mostrado nas equações da Tabela 7 sempre superior aos limites impostos pelo GC e COLEmod.

A partir dos valores de IR obtidos, fez-se uma análise de agrupamento por estimativa de erro (Tabela 8), obtendo-se uma divisão dos solos em grupos de intensidade de retração. Os grupos foram divididos pela proximidade de valores de IR, através dos valores submetidos à estimativa de erro, onde a letra A significa os solos com as maiores intensidades de retração, e as letras H e I as menores. Verifica-se por esta análise que os solos NB_{PS} (horizonte B), NB_{PAI} (horizonte A) e o LB_{VAC} (horizonte A) ficaram no grupo A, representando os solos com maior retração. Os grupos H e I, com menor retração, ficaram com os horizontes A e B do solo LV_{CAS}, comportamento já esperado. O grupo B ficou com os solos NB_{CUR} (horizonte A) e NB_{PAI} (horizonte B). Os demais solos com seus horizontes tiveram valores intermediários de retração ficando agrupados entre o C e G.

Através do agrupamento dos dados organizaram-se os IR criando-se limites numéricos de intensidade de retração para solos: muito retrátil, retrátil, pouco retrátil e não retrátil (Tabela 9).

Tabela 9 – Desempenho dos valores de retração do solo obtido pelo Método proposto do Preenchimento do Anel com Areia através do agrupamento pela estimativa de erro.

Valores	Desempenho
>0,105	Muito Retrátil
0,085 a 0,105	Retrátil
0,05 a 0,085	Pouco Retrátil
< 0,05	Não Retrátil

Fonte: Luana da Silva.

Com os limites obtidos (Tabela 9), foi possível então organizar os sete solos e seus horizontes, classificando-os diante da observação da estatística. Por esta avaliação podemos observar na Tabela 10 que os solos NB_{PAI} (horizonte A), LB_{VAC} (horizonte A) e NB_{PS} (horizonte B) foram classificados como muito retráteis. Os horizontes A e B do LV_{CAS} foram classificados como não retráteis, atendendo a expectativa, visto que este solo possui uma mineralogia pressupostamente mais oxídica.

Os agrupamentos não levaram a uma distinção dos solos por horizontes A e B, ou seja, as causas da retração provavelmente estão mais relacionadas à mineralogia do que a outros fatores.

Tabela 10 - Classificação da retração dos Nitossolos e Latossolos obtida pelo Método do Preenchimento do Anel com Areia segundo o agrupamento.

Valores	Desempenho	Solos / Horizontes
>0,105	Muito Retrátil	NB_{PAI}^*/A ; LB_{VAC}/A ; NB_{PS}/B ;
0,085 a	Retrátil	NB_{PAI}/B ; NB_{CUR}/A
0,105		
0,05 a	Pouco Retrátil	LB_{VAC}/B ; LV_{CN}/A ; LV_{CN}/B ; NB_{PS}/A ;
0,085		NB_{CUR}/B ; LB_{VAR}/A ; LB_{VAR}/B ;
< 0,05	Não Retrátil	LV_{CAS}/A ; LV_{CAS}/B

* NB_{PAI} = Nitossolo Bruno, localizado em Painei/SC; LB_{VAC} = Latossolo Bruno, localizado em Vacaria/RS; LV_{CN} = Latossolo Vermelho, localizado em Campos Novos/SC; NB_{PS} = Nitossolo Bruno, localizado em Ponte Serrada/SC; NB_{CUR} = Nitossolo Bruno, localizado em Cutitibanos/SC; LB_{VAR} = Latossolo Bruno, localizado em Vargeão/SC; LV_{CAS} = Latossolo Vermelho, em Cascavel/PR.

Fonte: Luana da Silva.

No Brasil, os principais solos onde normalmente são estudados os processos de expansão/contração, são os Vertissolos. Estes possuem valores limites já fixados na literatura. Esses valores, porém, foram estabelecidos através do Método da Resina Saran. Como já mencionado, este método atualmente é pouco utilizado, visto que a resina é bastante

tóxica e deixou de ser comercializada; outro fator é o procedimento ser bastante demorado.

Com isso, e com a introdução do caráter retrátil como obrigatório para a classificação de Latossolos e Nitossolos, torna-se pertinente à introdução de um método de avaliação da intensidade de retração capaz de se relacionar com os já existentes, contudo com particularidades que lhe permitam distinguir essa característica dos demais e de fácil utilização.

Os índices de COLE propostos por Taboada (2003) para avaliar graus de retração de Vertissolos da Argentina, com uso da metodologia da Resina Saran, podem ser observados na Tabela 11. Há quatro graus de retração previstos: baixo, moderado, alto e muito alto. Esses valores são calculados através da relação de volume e líquido deslocado em amostra indeformada úmida e seca, através da fórmula:

$$COLE = \left\{ \left(v \frac{1}{3} atm / v_{seco} \right)^{\frac{1}{3}} \right\} - 1$$

onde, considera v é o volume da amostra submetido a tensão de 1/3 de atm e o volume seco a 105°C.

Observa-se que valores acima de 0,03 já são considerados grau moderado de retração. No sistema de classificação de solos dos EUA, para indicação dos subgrupos vérticos, é proposto um valor de COLE superior a 0,06 (USDA, 2014), sendo que na conceituação dos Vertissolos constante na 2ª edição completa da Soil Taxonomy (USDA, 1999) é citado como intervalo comum na ordem valores de COLE entre 0,07 e 0,20. Em todos os casos a metodologia sugerida para determinação do COLE envolve uso de amostras indeformadas em laboratório, ou medidas do deslocamento linear à campo.

Não se isentando da tentativa de avaliar o volume de retração do solo, o Método proposto, no qual é possível avaliar a retração do volume interno e externo, chega-se aos índices com a seguinte fórmula:

$$IR = 1 - [(va)/(var)]^{1/3}$$

Essa considera o (va) como volume do anel, e o (var) o volume de areia fina gasto para preencher os espaços deixados dentro do anel.

Tabela 11 - Índice de COLE para Vertissolos, estabelecido através do Método da Resina Saran, descrito por Taboada (2003).

COLE	Desempenho
Vertissolo	
>0,09	Muito Alto
0,06 a 0,09	Alto
0,03 a 0,06	Moderado
< 0,03	Baixo

Fonte: Luana da Silva.

Tabela 12 – Faixas de retração, utilizando a classificação obtida para Vertissolos com a Metodologia da Resina Saran, para os índices de retração (IR) obtidos pelo Método do anel Preenchido com Areia.

Solo/horizonte	IR	Faixa de retração
NB_{PAI} */A	0,12	Muito Alto
NB_{PAI} / B	0,10	Muito Alto
LB_{VAC} / A	0,11	Muito Alto
LB_{VAC} / B	0,08	Alto
LV_{CN} /A	0,06	Moderado
LV_{CN} / B	0,07	Alto
NB_{PS} /A	0,08	Alto
NB_{PS} / B	0,12	Muito Alto
NB_{CUR} / A	0,10	Muito Alto
NB_{CUR} / B	0,08	Alto
LB_{VAR} / A	0,06	Moderado
LB_{VAR} / B	0,08	Alto
LV_{CAS} / A	0,02	Baixo
LV_{CAS} / B	0,03	Baixo

* NB_{PAI} = Nitossolo Bruno, localizado em Painel/SC; LB_{VAC} = Latossolo Bruno, localizado em Vacaria/RS; LV_{CN} = Latossolo Vermelho, localizado em Campos Novos/SC; NB_{PS} = Nitossolo Bruno, localizado em Ponte Serrada/SC; NB_{CUR} = Nitossolo Bruno, localizado em Cutitibanos/SC;

LB_{VAR} = Latossolo Bruno, localizado em Vargeão/SC; LV_{CAS} = Latossolo Vermelho, em Cascavel/PR.

Fonte: Luana da Silva.

É válido ressaltar que, os horizontes A e B do LV_{CAS}, se enquadraram como baixo, fator este que destaca a viabilidade do método, partindo de que, esse solo não apresenta retração.

Os valores muito altos foram encontrados aleatoriamente nos horizontes A e B, de forma que não se pode associar de nenhuma forma a ocorrência da retração com fatores externos de ação sobre um ou outro.

6.3 CORRELAÇÕES DA RETRAÇÃO COM ATRIBUTOS DE SOLO

Os testes de correlação são uma ferramenta importante, pois permitem verificar quais são os atributos que mais se relacionaram com a retração dos solos (Tabela 13).

Entre os parâmetros físicos avaliados, o LL foi o único que apresentou correlação com o COLE mod, GC e IR, ou e outras palavras, com os índices de retração determinados por todos os métodos avaliados.

A MOS correlacionou-se apenas com o COLE mod ($r=0,58$; a 5% de probabilidade de erro, Tabela 13) podendo se atribuída a um efeito indireto da MOS, visto que estes solos possuem alto teor de MOS (Tabela 13). A MOS eleva o potencial de retenção de umidade dos solos (MELLO & ALEONNI, 2009); como o COLE mod é obtido a partir de uma pasta úmida de solo, a MO nela presente pode absorver mais água, e, no momento em que o solo seca, a MOS presente neste solo também perde a água, promovendo maior retração.

A correlação do LL foi positiva a 1% de probabilidade de erro com COLE mod e com o IR, respectivamente com valores de 0,62 e 0,73. Verifica-se assim, que o LL obteve a maior correlação com o IR. O LL é dependente das forças ou cargas do solo, e também a relação destas forças com o

conteúdo de água no solo. Segundo Balastreire (1990), quanto mais argila o solo tiver, maior será sua relação com a ASE e com isso, serão mais elevados os valores dos limites de Atterberg. Com isso pode-se estabelecer, para o presente estudo, a relação dos teores de argila e ASE, com os limites de Atterberg, em especial ao LL. Esses fatores esses também atuam sobre a retração dos solos. A alta ASE encontrada (Tabela 5) pode sugerir a presença de minerais 2:1 nesses solos, e, mesmo que encontrados em pequenas quantidades, o alto teor de argila faz com que influenciam na retração e nos limites de Atterberg.

Tabela 13 - Correlação de Pearson entre os Métodos da Seringa – COLE mod (SCHAFER & SINGER, 1976), Método da Mercúrio Metálico – GC (HALUSCHAK, 2006) e Método do Preenchimento do Anel com Areia – IR e demais atributos do solo analisados. COLE mod = Coeficiente de extensibilidade linear modificado; GC = grau de contração do solo em %; IR = índice de retração do solo.

	COLE mod	GC (%)	IR
Dp	-0.01	0.12	-0.10
Areia (%)	-0.31	0.17	-0.03
Silte (%)	0.11	0.04	0.02
Argila (%)	0.11	-0.16	0.01
Argila Natural (%)	0.47	0.34	0.36
Grau Floculação (%)	-0.32	-0.30	-0.29
MOS (g dm⁻³)	0.58**	0.45	0.38
ASE (m² g⁻¹)	0.51	0.21	0.34
LL (g g⁻¹)	0.62**	0.51	0.73*
LP (g g⁻¹)	-0.09	0.10	0.14
LPeg (g g⁻¹)	0.18	0.27	0.26
IP (g g⁻¹)	-0.03	0.01	0.13
PT (cm³ cm⁻³)	0.43	0.24	0.20
PT (Dp)	-0.06	-0.26	-0.12
Micro (cm³ cm⁻³)	-0.30	-0.15	-0.39
Macro (cm³ cm⁻³)	0,29	0,36	-0,39
Ds (g cm⁻³)	0.23	0.35	0.09

* LC = limite de contração do solo; Dp = densidade de partículas do solo; MOS = matéria orgânica do solo; ASE = área superficial específica; LL = limite de liquidez; LP = limite de plasticidade; LPeg = limite de

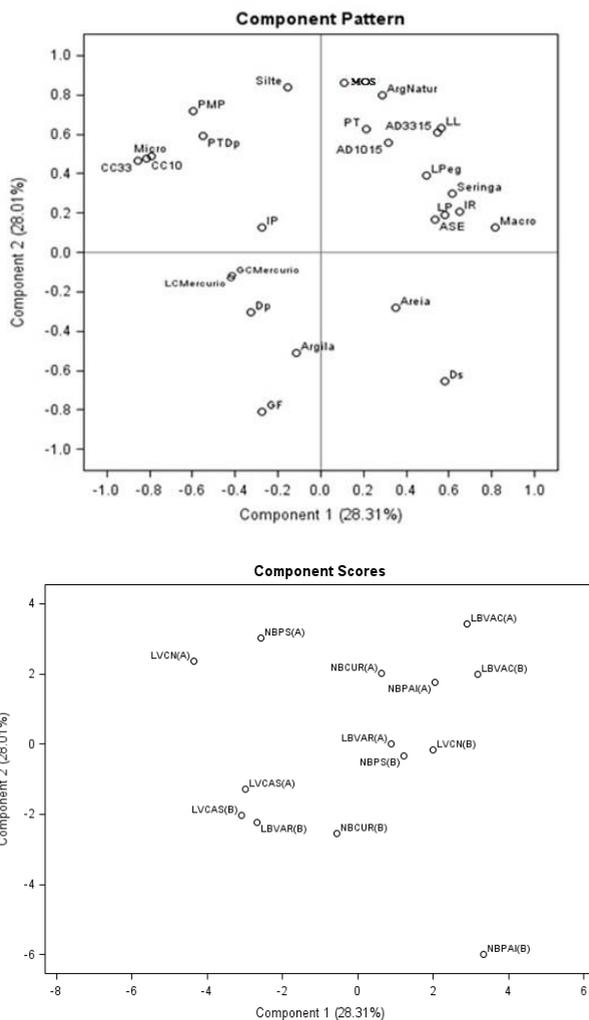
pegajosidade; IP = índice de plasticidade; PT = Porosidade total do solo pelo da saturação total do solo; PT (Dp) = Porosidade total utilizando a densidade de partículas do solo; Micro = microporosidade do solo; Macro = Macroporosidade; Ds = Densidade do solo. Teste H0: $|r| = \text{zero}$, quando * = significativo ($0,01 < p < 0,05$) e ** = significativo ($p < 0,01$).

Fonte: Luana da Silva.

Foi aplicada a análise de componentes principais para os dados de todas as variáveis analisadas (Figura 16). Foram extraídos dois componentes, sendo que o primeiro componente foi responsável por 28,01% da variância dos dados, e o segundo componente foi responsável por 28,31% da variância dos dados. Esta análise revelou que a retração do solo obtida pelo Método do Mercúrio (GC Mercúrio) é correlacionada negativamente com os métodos da Seringa e do Preenchimento do Anel com Areia (Areia). Entretanto, estes dois métodos se correlacionaram positivamente. A retração avaliada pelo Método do Mercúrio (GC Mercúrio) teve maior correlação positiva com a densidade de partículas (Dp), grau de floculação (GF) e teores de argila (Argila), e negativamente com os limites de Atterberg (LL, LPeg e Lp), ASE, Água disponível (AD), Macro, argila natural (ArgNatur), Pt e MOS. A retração avaliada pelos métodos da Seringa e do Preenchimento do Anel com Areia obtiveram correlações positiva maior com LPeg, Lp, ASE e Macro, e menores com a AD, Argila natural, Pt, LL e MOS.

Outros atributos também foram testados para ver sua relação com os métodos de retração do solo, entretanto estes não apresentaram relação a nenhum dos métodos, esses atributos são areia, silte, DS, micro, Capacidade de campo do solo utilizando a tensão de 10 kPa (CC(10)) e a 30 kPa (CC(33)), Porosidade total obtida através da densidade de partículas (Pt(Dp)) e índice de plasticidade (IP).

Figura 16 – Análise estatística de componentes principais, realizados através do programa SAS, para avaliar a agrupamento entre dos parâmetros avaliados.



Fonte: Luana da Silva

Com a análise dos componentes principais, além de perceber o comportamento dos atributos do solo em relação a retração, também é bastante visível o agrupamento dos solos de acordo com o grau de retração. Todos os solos ficaram dentro do limite de 95% da predição.

CONCLUSÕES

1. Os métodos consolidados para o estudo de solos expansivos, o Método do Mercúrio Metálico e o Método da Seringa, e o novo método proposto nesta pesquisa, o Método do Preenchimento do Anel com Areia, apresentaram boa correlação na estimativa da retração dos Latossolos e Nitossolos Brunos e Vermelhos do Sul do Brasil.
2. A intensidade de retração variou em função do Método utilizado porque se utilizam formas distintas de procedimento, sendo que para os Métodos do Mercúrio e da Seringa usa-se o solo deformado e para o Método do Preenchimento do Anel com Areia utiliza-se o solo indeformado.
3. Com o Método da Seringa, o solo que apresentou a maior retração foi o horizonte A do Latossolo Bruno de Vacaria/RS. Para o Método do Mercúrio Metálico foi o horizonte B do solo Nitossolo Bruno de Painel/SC.
4. O método proposto do Preenchimento do Anel com Areia estimou o índice de retração dos solos, os quais foram classificados com algum grau de retração. Apresentaram o maior grau de retração o horizonte B do Nitossolo Bruno de Ponte Serrada/SC, o horizonte A do Nitossolo Bruno de Painel, e o horizonte A do Latossolo Bruno de Vacaria/RS.
5. Todos os métodos de avaliação da retração dos solos apresentaram os menores valores de intensidade de retração no solo Latossolo Vermelho de Cascavel/PR e os maiores no Vertissolo de Santana do Livramento/RS. Isto já era esperado, visto que o primeiro solo não apresenta retração aparente da massa de solo no campo e o segundo solo tem expressiva contração e expansão. Ambos, no entanto, foram utilizados como comparativos para com os demais solos (Latossolos e Nitossolos) e de certa forma, observar a sensibilidade dos

métodos para a avaliação da retração dos Latossolos e Nitossolos Brunos e Vermelhos do Sul do Brasil.

6. O novo Método proposto, do Preenchimento do Anel com Areia, se mostrou, diante dos já consolidados (Método da Seringa e Método do Mercúrio), como uma boa proposta para avaliar a intensidade de retração dos solos, visto que além de resultados satisfatórios obtidos, se trata de um método com simples operação.

7. Dentre as propriedades físicas do solo, aquelas que tiveram maior correlação com a retração dos solos foram à área superficial específica, limites de liquidez e a porosidade total do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Latossolos e Nitossolos são solos muito abrangentes na região Sul do Brasil. Nos últimos anos pesquisadores tem percebido nesses a presença da retração acentuada da massa do solo após exposição e secamento de perfis de solo, resultando no fendilhamento dos mesmos. Diante disto, foi necessário incluir no SiBCS o caráter retrátil.

O principal entrave dessa inclusão no SiBCS é que o caráter não possui método para a quantificação e também as características que culminam para o seu aparecimento nesses solos. Em solos com características retráteis, conforme ocorre o secamento do solo, se pressupõe que a estrutura do solo seja alterada, há o aparecimento de fendas entre agregados e no interior destes deverá haver redução do volume de poros, devido à perda de água nas entrecamadas dos argilominerais do tipo 2:1. Este processo atribui a estes solos (retráteis) características específicas de retenção de água, expressas pela curva de retenção de água no solo. A água no solo é de extrema importância no estudo da retração dos solos. O processo de entrada e saída de água em um determinado perfil determina o grau da retração envolvida.

Após caracterizados os solos, estudos futuros são importantes para identificar o efeito de cada propriedade do solo na relação direta ou indireta com a retração do solo; isto seria possível através da realização análise de trilha. Outro fator importante é construir para esses solos uma curva de retração, para relacionar a umidade do solo com o principio da retração nos solos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. & KUNTZE, M.A.G. **Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo.** vol. 29. Viçosa-MG. R. Bras. Ci. Solo, 2005.

ANJOS, J,T,; UBERTI, A,A,A,; VIZZOTTO, V,J,; LAITE, G,B, & KRIEGER, M, **Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo.** Vol. 18. Viçosa-MG. R. Bras. Ci. Solo. 1994

BALDWIN, M.; KELLOGG, C.E. & THORP, J. **Soil classification.**
In: Estados Unidos. n. 1938. Washington, D.C. 1938.
Agriculture Yearbook,

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas** Ed. Manole LTDA . São Paulo 1990.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDENER, W. R. **Física de suelos.** México: C.R.A.T./ A.I.D., 1973.

BEUTLER, A. N. CENTURION J. F. SOUZA Z. M. ANDRIOLI I. & ROQUE C. G. **Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos.** Vol. 26. Viçosa-MG. R. Bras. Ci. Solo. 2002.

BOGNOLA, I. A. Caracterização química, física e mineralógica de solos intermediários entre Latossolos Brunos e Latossolos Roxos. Tese (Doutorado) Viçosa. UFV. 1995.

BRAIDA, J, A. Matéria orgânica e resíduos vegetais na superfície do solo e suas relações com o comportamento mecânico do solo sob plantio direto. Tese (Doutorado) UFSM, Santa Maria, 2004.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H. & TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. J. Am. Chem. Soc., 60, 938.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. Natureza e propriedade dos solos. 5 ed. Rio de Janeiro. 1979

CAMPOS, B,C, DE; REINERT, D,J,; NICOLODI, R,; RUEDELL, J,; PETRERE, C,, Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho -Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. Vol. 19. Campinas. R. Bras. Ci. Solo. 1995.

CARTER, D.L.; MORTLAND, M.M. & KEMPER, W.D. Specific surface. In: KLUTE, A., **Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods.** 2.ed. Soil Sci.Soc.of America. Madison, 1986.

COSTA, W. A.; OLIVEIRA, C. A. da S.; KATO, E. Modelos de ajuste e métodos para a determinação da curva de

retenção de água de um Latossolo-vermelho-amarelo.
vol.32, Rev. Bras. Ciênc. Solo [online].Rio de Janeiro. 2008.

CURI. N.; LARACH. J. O. I.; KÄMPF. N.; MONIZ. A. C. e FONTES. L. E. F. **Vocabulário de Ciência do Solo.**
Campinas. 1993.

DALL'ORSOLETTA, D. J. Favaretto. J. A. Orsolin, J. Stringari,
J. D. Schmitt, D. E. Gatiboni, L. C. Aproveitamento do Fósforo Microbiano do Solo por Plantas de Trigo. Anais X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo - Fatos e Mitos em Ciência do Solo Pelotas, RS - 15 a 17 de outubro de 2014.

DAY. P. **Particle fractionation and particle-size analysis.** In: Black C.A. (ed.). Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison. Ame. Soc.of Agronomy. 1965.

DIAS JUNIOR. M. de; MIRANDA. E. E. V. de.
Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). vol.24 Ciê. Agrotecnica. Lavras. 2000.

EMBRAPA & EPAGRI. **VIII RCC Reunião Nacional de Correlação e Classificação de Solos (Santa Catarina).** Santa Catarina. 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de Métodos de Análise** do Solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA-
EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**.
1.ed. Rio de Janeiro, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa
de Solos. **Guia de excursão de estudos de solos nos estados
do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Embrapa
Florestas. 2000.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. n. 46. Rio
de Janeiro. Embrapa Solos, 2004. Embrapa Solos.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manual de métodos de
análise de solos**. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro. Embrapa
Solos. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de
Classificação de Solos** – 3 ed. rev. ampl. – Brasília. Embrapa.
2013a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Latossolos**. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acesso em: 19 de março de 2013b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Nitossolos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais. Acesso em: 04 de março de 2013c.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. **Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos da região Sudeste do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 515-524, jul./set. 1999.

FERREIRA, M, M, **Caracterização Física do Solo**, *In* Física do Solo / editor Quirijin de Jong van Lier, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, Pg 2-12

FIGUEIREDO. M.A.; VARAJÃO. A.F.D.C.; FABRIS. J.D.; LOUTFI. I.S. & CARVALHO. A.P. **Alteração superficial e pedogeomorfologia no sul do complexo Bação - Quadrilátero Ferrífero (MG)**. Vol. 28 Viçosa. R. Bras. Ci. Solo. 2004.

GROHMANN, F. **Correlação entre superfície específica e outras propriedades de solos de São Paulo**. Vol. 1 R. Bras. Ci. Solo 1977.

GHIDIN. A. A.; MELO. V. F.; LIMA. V. C.; LIMA. J. M. J. C. **Toposeqüência de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos.** . Vol. 30 R. Bras. Ci. Solo. Viçosa. 2006.

HALUSCHAK P. **Canada-manitoba soil survey.** 2006
Disponível em http://www.manitoba.ca/agriculture/land/soil-survey/pubs/laboratory_methods_of_soil_analysis.pdf.

HILLEL. D. **Fundamentals of soil physics.** New York: Academic Press. 1980. 413p.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia.** 2.ed. Rio de Janeiro. Manuais Técnicos em Geociências. 2007.

KER. J. C. **Caracterização química. física. mineralogia e micromorfológica de Solos Brunos subtropicais.** (Tese D.S.)Viçosa. MG. UFV. 1988.

KLEIN. V. A. LIBARDI. P. L. **Consistência de um Latossolo Roxo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo.** Suelo y nutrición vegetal. São Tiago. v. 1. p. 54 – 58. 2001.

LEMOS, R.C., AZOLIN, M.A.D., ABRAÃO, P.V.R., *et al.* **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul.** (Boletim Técnico, 30). Recife. 1973.

LUCIANO. R.V. et al. **Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil.** vol. 36 R. Bras. Ciê. do Solo. 2012.

Malik, Z. Malik, M. A. Yu-Tong, Z. Sheng-Gao, L. **Physical properties of unproductive soils of Northern China.** Vol. 28 Int. Agrophys. 2014.

MELO, V. DE F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e Mineralogia do Solo**
. **Parte 1- conceitos básicos.** Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2009

MELLO. I.S. et al. **Revisão sobre argilominerais e suas modificações Estruturais com ênfase em aplicações tecnológicas e Adsorção - uma pesquisa inovadora em universidades.** v.9 R. de Ciê. Agro-Ambientais. Alta Floresta. 2011.

Moraes, A. **Pastagens como fator de recuperação de áreas degradadas.** Anais. Jaboticabal. UNESP. 1993.
OLIVEIRA. J. B **Novo sistema brasileiro de classificação de solos. Informações técnicas.** O Agrônomo. Campinas-SP. 2001.

RESENDE. M.; CURI. N.; KER. J.C. & REZENDE. S.B. **Mineralogia de solos brasileiros: Interpretação e aplicação.** Lavras. Universidade Federal de Lavras. 2005. 192p.

REICHERT. J. M.; REINERT. D. J.; BRAIDA. J. A.
Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. v.27 R. Ciê. & Amb. Santa Maria. 2003.

REICHARDT, KLAUS; TIMM, LUIS CARLOS. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** 2. ed. Barueri. Manole. 2012.

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

RICHARDS, L. **Methods of measuring moisture tension.** Vol. 58 *Soil Science*, 1949.

Reinert, D. J. et al. **Principais Solos da Depressão Central e Campanha do Rio Grande do Sul: guia de excursão.** 2ed. – Santa Maria: Departamento de Solos - UFSM, 2007.

SAS – STAT. **Procedures Guide for Personal Computers.** Version 6. 3ed. Cary, SAS Institute Inc., 1990.

SANTOS. H. G. et al; **Proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos. 2009.

SILVA. I.F. & MIELNICZUK. J. **Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo.** *R. Bras. Ci. Solo.* 21:113-117. 1997.

SOUZA JUNIOR, I. G. et al. **Contribuição dos constituintes da fração argila de solos subtropicais à área superficial específica e à capacidade de troca catiônica.** R. Bras. Ci. Solo. 31:1355-1365. 2007

SCHAFFER, W.M. AND SINGER, M.J. 1976. **A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes.** Vol. 40 Soil Sci. Soc. Am. J.

SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. Iron Oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. **Minerals in soil environments.** 2.ed. Madison, S. Sci. Soc. of Ame.1989.

Taboada, M.A. 2004. **Soil shrinkage characteristics in swelling soils.** Vol. XVIII College on Soil Physics 2003. (ISBN 92-95003-26-9) (www.ictp.it).

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2ª ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

THORP, J. & SMITH, G.D. **Higher categories for soil classification.** 67 Soil Science. 1949.

ANEXOS

ANEXO A - Descrição morfológica – P1 - NB_{PAI}

DATA – 23/06/2008

CLASSIFICAÇÃO – Nitossolo Bruno Distrófico típico, textura muito argilosa, Amoderado, álico, caulínítico, mesoférrico, fase oderadamente rochosa, floresta subtropical perenifólia altimontana (mista com pinheiros), relevo ondulado,

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO- Trevo da BR-282 com a SC-438, pela SC-438 em direção a Painele e São Joaquim, a 21,4Km do trevo e a 2,1Km após a Polícia Rodoviária, em barranco do lado esquerdo da rodovia, Município de Painele,

COORDENADAS – 27° 53' 41,8"S; 50° 07' 45"W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – meia encosta com 15% de declive, sob campo com araucárias e matas de galeria,

ALTITUDE – 1150m

LITOLOGIA – Basalto

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento; Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da decomposição das rochas supracitadas

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma

PEDREGOSIDADE – não pedregosa (no perfil)

ROCHOSIDADE – moderadamente rochoso

RELEVO LOCAL – ondulado

RELEVO REGIONAL – ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Ombrófila Mista (com pinheiro)

USO ATUAL – pastagem

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Antonio de Almeida, Murillo Pundek João Bertoldo de Oliveira, César da Silva Chagas, José Augusto Laus Neto, Denílson Dortzbach, André da Costa,

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-17cm; (8YR 4/4, úmido); bruno forte (7,5YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca blocos subangulares e moderada pequena e média granular; ligeiramente duro a duro; friável a firme; plástico e pegajoso, transição gradual,

AB 17–43cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido); bruno forte (7,5YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média prismática que se desfaz em moderada a fraca grande blocos subangulares; duro; firme; plástico e pegajoso; transição gradual,

BA 43–63cm; bruno amarelado escuro (9YR 4/4, úmido); bruno amarelado escuro (10YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média prismática que se desfaz em moderada a fraca média blocos subangulares; firme; duro; plástico e pegajoso; transição difusa,

Bt1 63–94cm; vermelho amarelado (8YR 4/6, úmido); bruno amarelado (10YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada grande prismática que se desfaz em moderada média blocos subangulares, duro; firme; plástico e pegajoso; transição difusa,

Bt2 94–127cm; bruno amarelado escuro 9YR 4/6, úmido); bruno amarelado (10YR 5/8, seco); muito argilosa; moderada a forte prismática que se desfaz em moderada média e grande blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; firme; plástico e pegajoso; transição difusa e plana,

Bt3 127–146cm; bruno amarelado escuro (10YR, 4/6, úmido); bruno amarelado (10YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada média prismática que se desfaz em moderada média e grande blocos angulares; cerosidade fraca e comum; firme; plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana,

Bt4 146–174cm; bruno amarelado (10YR 5/6, úmido); bruno amarelado (10YR 5/6, seco); argilosa; moderada grande blocos subangulares; firme a muito firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana,

BC 174–190 cm+,

OBSERVAÇÕES:

Bt1 – o consenso para a cerosidade foi fraca e pouca (Jaime: fraca e comum); (Bertoldo: moderada e comum),

Bt2 – cerosidade (Bertoldo: moderada e comum); (César: Moderada e pouca),

Bt3 – presença de cutans (ferri argilans) grau moderado na superfície dos blocos com cores 7,5YR 5/8,

Bt4 – presença de cutans de grau forte e comuns nas faces verticais (ferri argilans) com cores 7,5YR 5/8,

Na porção inferior do Bt4, próximo ao contato com a camada do manganês, observa-se cores de redução apresentando mosqueados com cores 7,5YR 5/8,

Raízes: A – muitas e fasciculadas

AB – muitas e fasciculadas

BA – comuns Bt1 – poucas

Bt2/ Bt3/ Bt4 – raras

ANEXO B – Descrição morfológica – P2 - LB_{VAC}

DATA: 13/10/1999

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR: LATOSSOLO BRUNO
ÁLICO epidistrófico A proeminente textura muito argilosaCLASSIFICAÇÃO ATUAL: LATOSSOLO BRUNO
Distrófico típicoLOCALIZAÇÃO: cerca de 5 km de Vacaria na estrada para
Bom Jesus, 550 metros além da entrada para a Unidade do
Centro de Uva e Vinho da Embrapa, barranco do lado direito.

COORDENADAS: 28°30'47.40"S; 50°53'36.90"W

SITUAÇÃO NA PAISAGEM: terço superior de encosta com
5% de declive

ALTITUDE: 1000 m

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: rochas
basálticas do Grupo São Bento, Juro-Cretáceo.MATERIAL ORIGINÁRIO: produtos de alteração das rochas
acima mencionadas

RELEVO LOCAL: suave ondulado

RELEVO REGIONAL: suave ondulado e ondulado

EROSÃO: não aparente

DRENAGEM: bem a acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: campo subtropical

USO ATUAL: pastagem

DESCRITO E COLETADO: Gustavo Ribas Curcio, Américo
Pereira de Carvalho, Márcio Rossi, Jaime Antônio de Almeida
e Maurício Rizzato Coelho,**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA****A1** – 26 cm; bruno-escuro (8,5YR 3/3), bruno a bruno-escuro
(8,5YR 4/2, seco); muito argilosa; moderada grande a pequena
blocos subangulares que se desfaz em moderada a forte
pequena e muito pequena granular; ligeiramente dura, friável a
firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana,**A2** – 44 cm; bruno-escuro (8,5YR 3/3,5), bruno a bruno-escuro
(8,5YR 4/2, seco); muito argilosa; moderada pequena e média
blocos subangulares que se desfaz em moderada a forte

pequena e muito pequena granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana,

AB – 65 cm; bruno a bruno-escuro (8,5YR 4/3, úmido e seco); muito argilosa; moderada grande blocos subangulares que se desfaz em moderada a forte pequena e muito pequena granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana,

BA – 80 cm; bruno a bruno-escuro (7,5YR 4/4); muito argilosa; fraca a moderada grandes blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável a firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana,

Bw1 – 100 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição difusa e plana,

Bw2 – 130 cm; bruno-avermelhado (6,0YR 4/4); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição difusa e plana,

Bw3 – 177 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada muito pequena e pequena granular; muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição difusa e plana,

Bw4 – 220 cm+; bruno-forte (7,5YR 4/6); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e pegajosa,

RAÍZES: A1 – muitas fasciculadas finas e médias; A2 – muitas a comuns fasciculadas finas; AB – comuns finas; BA, Bw1 e Bw2 – poucas finas; Bw3 e Bw4 – raras finas,

POROS: A1 e A2 – muitos muito pequenos e pequenos comuns médios; AB – muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios, poucos grandes; BA – muitos muito pequenos

e pequenos, poucos médios e grandes; Bw1 – muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios; Bw2 – muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios, poucos grandes; Bw3 e Bw4 – comuns pequenos e muito pequenos, poucos médios,

ANEXO C – Descrição morfológica – P3- LV_{CN}

DATA – 24/07/99,

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – Latossolo Vermelho Distrófico retrático úmbrico,

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO - Rodovia BR-470, trecho Campos Novos - Curitiba, a 13,2Km após o trevo principal de acesso a Campos Novos e a cerca de 2km antes do trevo para São José do Cerrito, em barranco do lado direito da rodovia, Município de Campos Novos, SC,

COORDENADA– 27° 22' 34,93|S; 51° 05' 26,92| W

SITUAÇÃO, DECLIVE e COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Coletado em barranco de corte de estrada, topo de elevação, com área de relevo suave ondulado, cerca de 6% de declive, sob vegetação de campo nativo,

ALTITUDE - 939m,

LITOLOGIA – Basalto,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Serra Geral,

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produtos de alteração do basalto, CRONOLOGIA – Jurássico Triássico, Grupo São Bento, PEDROGOSIDADE – Não pedregoso,

ROCHOSIDADE - Não rochoso,

RELEVO LOCAL – Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL – Ondulado,

EROSÃO – Não aparente,

DRENAGEM - Bem drenado,

USO ATUAL – Campo nativo,

CLIMA – Cfb,

DESCRITO E COLETADO POR - Joelcio Gmach; Douglas A, N, de Oliveira; Jaime Antonio Almeida,

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**A1 0** – 11 cm, bruno-avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, seco); muito argilosa, moderada muito pequena e pequena granular; ligeiramente duro, friável à firme; transição gradual e plana,

A2 11 – 35 cm, bruno-avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); vermelho amarelado (5YR 4/6, seco); muito argilosa; fraca à moderada pequena e média blocos subangulares e moderada pequena granular; ligeiramente dura, friável à firme; transição gradual e plana,

AB 35 – 50 cm, bruno-avermelhado escuro (5YR 3/4 úmido); bruno avermelhado (5YR 4/4, seco); muito argilosa; fraca à moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável; transição gradual e plana,

BA 50 – 71 cm, bruno-avermelhado escuro (4YR 3/4, úmido); vermelho amarelado (4YR 4/6 seco); argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável à firme; transição gradual e plana,

Bw1 71 – 98 cm, bruno avermelhado escuro (3,5YR 3/4, úmido); bruno avermelhado escuro (3,5YR 3/8, seco); argilosa, fraca à moderada, pequena e média blocos subangulares e forte pequena e muito pequena granular; ligeiramente duro, friável a firme; transição difusa e plana,

Bw2 98 – 220 cm, vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); vermelho escuro (2,5YR 4/6, seco); argilosa, fraca muito pequena e pequena blocos subangulares e forte pequena e muito pequena granular; duro, friável; transição difusa e plana,

Bw3 220 – 350 cm + (coletada amostra com trado na profundidade de 350 cm), Atividade da Argila: Bw1: 7,4; Bw2: 7,5; Relação textural = 1,09,

ANEXO D – Descrição morfológica – P4 – NB_{PS}

DATA – 25/06/2008

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico rúbico,

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO - BR-282 – trecho Vargeão – Ponte Serrada a 16,5Km após o trevo de Vargeão e

a 3 km antes do acesso a Ponte Serrada, Ponte Serrada, SC,

COORDENADA– 26° 51' 22,91S; 52° 02' 32,71 W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE

O PERFIL – topo de elevação com 5% de declive sob culturas anuais,

ALTITUDE – 1065m,

LITOLOGIA – Efusivas ácidas – Dacito,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Serra Geral,

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto de decomposição das rochas supracitadas,

CRONOLOGIA – Jurássico Triássico, Grupo São Bento,

PEDROGOSIDADE – Não pedregoso,

ROCHOSIDADE – Não rochoso,

RELEVO LOCAL – Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL – Ondulado,

EROSÃO– Não aparente,

DRENAGEM – Bem drenado,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Ombrófila Mista (com pinheiros),

USO ATUAL – Culturas anuais,

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Antonio de Almeida, Murillo Pundek, João Bertoldo de Oliveira, César da Silva Chagas, José Augusto Laus Neto, Denílson Dortzbach, André da Costa,

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 – 21 cm; bruno (7,5YR 4/2, úmido); bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, seco); muito argilosa; moderada média e

pequena granular; firme; plástico a muito plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

A2 21 – 34 cm; bruno (7,5YR 4/3, úmido); bruno escuro (7,5YR 3/2, seco); muito argilosa; moderada média blocos subangulares e moderada média e pequena granular; firme; plástico a muito plástico e pegajoso; transição clara e plana,

AB 34 – 66 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido); bruno (7,5YR 4/4, seco); muito argilosa; moderada a fraca média e pequena blocos subangulares; friável; plástico a muito plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

BA 66 – 86 cm; bruno forte (7,5YR 5/6, úmido); bruno forte (7,5YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média e pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; friável; plástico a muito plástico e pegajoso; transição difusa e plana,

Bt1 86 – 130 cm; bruno forte (7,5YR 4/6, úmido); bruno forte (7,5YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média prismática que se desfaz em moderada a fraca média e 367

pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; friável; plástico e pegajoso; transição difusa e plana,

Bt2 130 – 159 cm; bruno forte (6YR 4/6, úmido); bruno forte (7,5YR 5/8, seco); muito argilosa; moderada a fraca média e pequena blocos subangulares e angulares; cerosidade moderada e pouca; firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana,

Bt3 159 – 217 cm+; vermelho escuro (3,5YR 4/6, úmido); vermelho amarelado (5YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média e pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; friável a firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso,

OBSERVAÇÕES: Raízes: A1: poucas, muito finas e finas, A2; AB E Bt1: raras e finas, Ausente nos demais horizontes, Atividade de Argila: Bt1: 12,9; Bt2: 10,1; Bt3: 9,6; Relação Textural: 1,05,

ANEXO E – Descrição morfológica – P5 - NB_{CUR}

DESCRIÇÃO GERAL: PROJETO: XXXIV *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo* INSTITUIÇÃO: EPAGRI-CIRAM (Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de SC-Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina); IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística); UDESC-DSRN (Universidade do Estado de Santa Catarina-Departamento de Solos e Recursos Naturais); UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

DATA: 16/10/2012

CLASSIFICAÇÃO: NITOSSOLO BRUNO.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: Vacaria.

LOCALIZAÇÃO: Aproximadamente 1 km a partir do trevo de Curitiba nos na BR470 sentido a Campos Novos no lado esquerdo da via.

MUNICÍPIO E ESTADO: Curitiba - SC.

COORDENADAS: 27°18'42,2"S e 50°35'26,8"W (Datum SAD69).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: barranco em beira de estrada com aproximadamente 10% de declive coberto por gramíneas.

ALTITUDE: 1018 m.

LITOLOGIA: Basalto.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral.

CRONOLOGIA: Juro-Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Intemperismo/alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta subtropical perenifólia (floresta ombrófila mista) e vegetação campestre de altitude (campo subtropical).

USO ATUAL: Pastagem.

CLIMA: Cfb.

DESCRITO E COLETADO POR: Antônio Lunardi Neto; Denilson Dortzbach; Jaime Antônio Almeida; Pablo Grahl dos Santos e Sérgio Hideiti Shimizu.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 - 0-15 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); moderada pequena granular e moderada pequena e muito pequena blocos angulares e subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

A2 - 15-40 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); moderada pequena e muito pequena blocos angulares e subangulares e moderada pequena granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

AB - 40-55 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmido) e bruno (7,5YR 4/3, seco); moderada pequena e muito pequena blocos angulares e subangulares; dura, friável a firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 55-80 cm; bruno-avermelhado-escuro a bruno-avermelhado (5YR 3,5/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); forte grande prismática que se desfaz em moderada média e pequena blocos subangulares e angulares; cerosidade fraca e comum; muito dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₁ - 80-128 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); forte grande prismática que se desfaz em moderada média e pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; muito dura a extremamente dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bt₂ - 128/180 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); forte grande prismática que se desfaz em moderada média e pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; superfícies foscas comuns vermelho-amareladas; muito dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bt₃ - 180-210+ cm; bruno-avermelhado-escuro a bruno-avermelhado (4YR 3,5/4, úmido); fraca a moderada grande prismática que se desfaz em fraca a moderada média e grande blocos subangulares; superfícies foscas comuns vermelho-amareladas; friável, plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES – Abundantes fasciculadas finas no A1 e A2; muitas fasciculadas finas no AB e BA; comuns fasciculadas finas no Bt₁; poucas fasciculadas finas no Bt₂ e raras fasciculadas finas no Bt₃.

OBSERVAÇÕES:

- Grãos de quartzo milimétricos e centimétricos comuns no AB, BA e Bt₁, raros centimétricos nos demais horizontes inferiores;
- Pelotas centimétricas de material orgânico na parte inferior do B;
- Intensa atividade biológica de cupins até o Bt₁;
- Intenso fendilhamento no B quando seco “caráter retrátil”;
- Capeamento de plasma vermelho-amarelado (5YR 4/6) no Bt₃ recobrando toda a face de alguns macroagregados principalmente nas fendas maiores, idem no Bt₂, mas em menor quantidade.

ANEXO F – Descrição morfológica – P6

DATA – 25/06/2008

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – Latossolo Bruno Distrófico nitossólico húmico, textura muito argilosa, álico, caulínítico, mesoférrico, fase floresta subtropical perenifólia altimontana (mista com pinheiros), relevo suave ondulado,

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: BR-282, trecho Vargeão – Ponte Serrada a 10Km após o trevo principal de Vargeão, 100m antes do Km 467, em barranco do lado direito da rodovia, Município de Vargeão,

COORDENADAS – 26° 51' 13,3"S; 52° 05' 56"W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – topo de elevação com declividade de 3% sob vegetação herbácea e arbustiva em contato com culturas anuais,

ALTITUDE – 1043m

LITOLOGIA – Efusivas ácidas - Dacito

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento – Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto de decomposição das rochas supracitadas

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma

PEDREGOSIDADE – não pedregoso

ROCHOSIDADE – não rochoso

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Ombrófila Mista (com pinheiro)

USO ATUAL – culturas anuais

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Antonio de Almeida, Murillo Pundek, João Bertoldo de Oliveira, César da

Silva Chagas, José Augusto Laus Neto, Denílson Dortzbach, André da Costa,

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0–30cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido); bruno avermelhado escuro (5YR 3/2, seco); muito argilosa; moderada pequena a muito pequena granular; muito friável; plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

A2 30–71cm; bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); bruno avermelhado escuro (5YR 3/2, seco); muito argilosa; fraca média blocos subangulares e moderada média e pequena granular; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana,

AB 71–80cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido); bruno escuro (7,5YR 3/4, seco); muito argilosa; fraca a moderada média blocos subangulares e moderada média e pequena granular; friável a muito friável; plástico a muito plástico e pegajoso; transição clara e plana,

BA 89–94cm; bruno (8YR 4/3, úmido); bruno amarelado escuro (10YR 4/6, seco); muito argilosa; fraca a moderada média e pequena blocos subangulares; friável; plástico a muito plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

Bw1 94–123cm; bruno amarelado escuro (8YR 4/4, úmido); bruno amarelado escuro (10YR 4/6, seco); muito argilosa; fraca a moderada média e pequena blocos subangulares e forte muito pequena granular; friável; plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

Bw2 123–174cm; bruno forte (7,5YR 4/6, úmido); bruno forte (7,5YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média prismática que se desfaz em moderada a fraca média e pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; firme; ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana,

Bw3 174–206cm; bruno (7,5YR 4,5/4, úmido); bruno forte (7,5YR 5/6, seco); muito argilosa; fraca a moderada pequena

blocos subangulares e angulares; cerosidade fraca e pouca;
firme; ligeiramente plástico e pegajoso,

OBSERVAÇÕES:

Raízes: A1 e A2 – muitas, finas e médias

AB; BA; Bw1; Bw2 – comuns e finas

- Intensa atividade de formigas no Bw1 e Bw2