

SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

MORFOLOGIA DOS CONTATOS ENTRE SOLO-SAPROLITO-ROCHA EM NEOSSOLOS DERIVADOS DE ARENITOS DA FORMAÇÃO CATURRITA NO RIO GRANDE DO SUL⁽¹⁾

Fabício de Araújo Pedron⁽²⁾, Jessé Rodrigo Fink⁽³⁾, Ricardo Simão Diniz Dalmolin⁽⁴⁾ & Antonio Carlos de Azevedo⁽⁵⁾

RESUMO

Os Neossolos rasos apresentam limitações ao uso devido à pequena profundidade efetiva e pedregosidade associadas. Existe uma carência de informações sobre a definição dos contatos entre solo, saprolito e rocha existentes nesta classe de solo, bem como, ferramentas que facilitem a sua identificação morfológica no campo. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a morfologia dos contatos existentes entre solo, saprolito e rocha em Neossolos derivados de arenito da Formação Caturrita, na região central do Rio Grande do Sul; testar e adequar as classes de intemperismo de Pedron et al. (2009) para as condições de rocha sedimentar; e verificar a correlação das classes de intemperismo com os resultados do teste de resistência à penetração. Verificou-se que a morfologia das camadas saprolíticas dos Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos derivados do arenito é semelhante às mesmas classes de solos derivadas de basalto/riólito no Estado, permitindo a adaptação das mesmas classes de intemperismo propostas por Pedron et al. (2009). Os testes com o penetrômetro de impacto apresentaram alta correlação com as classes de intemperismo adaptadas neste trabalho. Foram identificados, nos perfis avaliados, os seguintes contatos: contato lítico, contato lítico fragmentário e, a alguns foi associado o contato saprolítico fragmentário, o qual os autores sugerem, considerando sua importância, a inclusão no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Termos de indexação: pedologia, solos rasos, classificação de solos.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em janeiro de 2010 e aprovado em outubro de 2010.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Av. Roraima 1000, CEP 97105-900 Santa Maria (RS). E-mail: fapedron@ymail.com

⁽³⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000 Porto Alegre (RS). E-mail: fink1@gmail.com

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: dalmolin@pesquisador.cnpq.br

⁽⁵⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ. Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba (SP). Bolsista do CNPq. E-mail: aazevedo@usp.br

SUMMARY: MORPHOLOGY OF SOIL-SAPROLITE-ROCK CONTACTS IN NEOSSOLOS DERIVED FROM SANDSTONE (CATURRITA FORMATION) IN RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

The use of the shallow Neossolos (Leptosols and Regosols) is limited in view of the small depth and rock fragments on the surface. There is a lack of information about the definition of the contacts between soil, saprolite and rock in this soil class, as well as tools that would facilitate the morphologic field identification. The objectives of this research were an evaluation of the morphology of the contact between soil, saprolite and rock in the Neossolos derived from the sandstones of the Caturrita Formation, in the central area of Rio Grande do Sul State; to test and to adapt the weathering classes of Pedron et al. (2009) to the conditions of sedimentary rock; and to verify the correlation of the weathering classes with penetration resistance. It was stated that the morphology of the saprolithic layers of the Neossolos Litólicos (Leptosols) and Neossolos Regolíticos (Regosols) derived from sandstone are similar to the same soil classes derived from volcanic rocks in the State, allowing the adaptation of the same weathering classes proposed by Pedron et al. (2009). The tests with the impact penetrometer showed high correlation with the weathering classes adapted in this study. The following contacts were identified in the studied profiles: lithic contact, lithic fragmentary contact, and saprolithic fragmentary contact. The authors suggest, considering its importance, the inclusion of this latter in the Brazilian soil classification system.

Index terms: pedology, shallow soils, soil classification.

INTRODUÇÃO

Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos são solos rasos com horizonte A ou hístico assentados sobre horizonte C, ou camadas Cr e R, sem horizonte B diagnóstico no caso do Litólico e aceitando um horizonte Bi com espessura inferior a 10 cm no caso do Regolítico (Embrapa, 2006). São solos com baixo potencial relativo de uso (Machado, 1997; Pedron, 2007), devido à presença de contato lítico (Embrapa, 2006) ou contato saprolítico (Pedron et al., 2009) muito próximo da superfície. No Estado do Rio Grande do Sul (RS), os Neossolos rasos ocupam, aproximadamente, 22 % do território (Brasil, 1973) e, devido principalmente à pressão populacional, têm sido largamente utilizados de maneira inadequada para usos agrícolas e não agrícolas.

Em casos de solos rasos, como os Neossolos em questão, a camada saprolítica assume importante papel ambiental, pois afetará o desenvolvimento da vegetação e os fluxos hídricos no perfil. Entretanto, devido à falta de informações mais detalhadas sobre o assunto no Brasil, há dificuldade eminente de separar solo e saprolito e também de determinar os tipos de contatos que ocorrem no perfil (Schafer et al., 1979; Stolt & Baker, 1994).

Pedron et al. (2009) estudando Neossolos rasos derivados de rochas vulcânicas no RS propôs a criação dos contatos “saprolítico, saprolítico fragmentário e hipersaprolítico”. Estes contatos foram verificados principalmente nos Neossolos Regolíticos e permitem a diferenciação dos perfis com base na dureza e no fraturamento dos materiais, qualificando informações de interesse agrícola e não-agrícola.

Os contatos saprolítico, saprolítico fragmentário e hipersaprolítico são importantes porque permitem a distinção entre materiais quanto à resistência imposta pelo saprolito à penetração de raízes, além de separar materiais com densidades de fratura distintas, as quais restringem a penetração de raízes quando a dureza do saprolito for restritiva, como é o caso do contato saprolítico (Pedron et al., 2009). Estes atributos diagnósticos referentes aos contatos saprolíticos podem contribuir para o melhor entendimento da configuração, composição e comportamento dos perfis de solos rasos, fornecendo informações importantes sobre o desenvolvimento vegetal, fluxos hídricos no perfil e potencialidades de corte para construções e obras sanitárias. Estas informações, segundo Schafer et al. (1979) e Lietzke & Weber (1981), são fundamentais ao manejo racional destes solos e deveriam ser consideradas pelos sistemas de classificação dos solos e disponibilizadas nos relatórios de levantamentos de solos.

No entanto, ainda há carência de informações sobre a configuração de Neossolos rasos derivados de rochas sedimentares. No RS, as áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Rebordo do Planalto e da Depressão Central fazem parte do Sistema Aquífero Guarani (Soares et al., 2008). Nestas áreas, a presença de solos rasos, como os Neossolos, confere maior fragilidade ao aquífero, pois a zona vadosa que o recobre é menos espessa. Nesta condição é fundamental o conhecimento da configuração morfológica destes solos rasos, a fim de se evitar danos ambientais.

Pedron et al. (2009) também propuseram diferentes classes de intemperismo que visam facilitar a identificação dos contatos entre solo, saprolito e rocha

no campo. Estas classes de intemperismo são baseadas na morfologia dos horizontes e camadas do perfil e na sua resistência à escavação, determinada pelo teste da pá reta (Soil Survey Staff, 1993). Entretanto, a subjetividade inerente ao teste da pá reta tem dificultado a sua aplicação e padronização no campo. Neste caso, o uso de um penetrômetro de impacto foi sugerido por Machado (1997) para a calibração deste teste.

Portanto, os objetivos deste trabalho foram: avaliar a morfologia dos contatos existentes entre solo, saprolito e rocha em Neossolos derivados de rocha sedimentar na região central do Rio Grande do Sul; testar e adequar as classes de intemperismo de Pedron et al. (2009) para as condições de rocha sedimentar; e verificar a correlação das classes de intemperismo com os resultados do teste de resistência à penetração, visando à consolidação destes procedimentos na identificação dos contatos no campo e sua classificação adequada.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Santa Maria, na região central do Rio Grande do Sul (RS), na transição entre a região do Planalto Gaúcho e a Depressão Central, conhecida como Rebordo do Planalto, onde o clima é do tipo Cfa de Köppen - clima subtropical, úmido sem estiagem. A temperatura média anual é de 19,2 °C e o regime pluvial anual médio é de 1.708 mm (Maluf, 2000).

O material geológico é do tipo sedimentar pertencente à Formação Caturrita, originada no Triássico, sobre a Bacia do Paraná. Esta Formação é de origem fluvial, constituída por arenitos finos a médios de composição quartzosa e matriz argilosa, podendo conter considerável teor de feldspato (orthoclásio) e, ainda, fácies pelíticas. Apresenta comportamento predominante de aquífero (Pierini et al., 2002; Sartori, 2009).

Durante o estudo foram identificados e coletados nove perfis de Neossolos, em cinco áreas (Figura 1), os quais foram utilizados para avaliar os contatos existentes entre solo, saprolito e rocha em material sedimentar. Dados referentes ao detalhamento das áreas de coletas e características ambientais estão dispostos no quadro 1. A descrição morfológica de atributos como granulometria, sequência e profundidade dos horizontes, presença de raízes e transição entre horizontes seguiu a proposta de Santos et al. (2005).

Foram coletadas amostras de solo e saprolito dos perfis estudados. A determinação granulométrica da fração grosseira (> 2 mm) foi efetuada em relação à massa total da amostra seca coletada no campo, diretamente na face do perfil, em três repetições. As amostras foram separadas por tamisamento seco nas seguintes classes granulométricas: terra fina

(< 2 mm), cascalho (2 a 20 mm), calhaus (20 a 200 mm) e matacão (> 200 mm). As análises químicas de rotina (dados não apresentados), realizadas visando à classificação taxonômica dos perfis de solos, seguiram os métodos propostos pela Embrapa (1997).

A análise do fraturamento do perfil, chamada de “diagrama de fraturas”, foi realizada conforme sugestões de Pedron et al. (2009). O método consiste na anotação de características como: o azimute do sentido do mergulho, o ângulo de inclinação das fraturas em relação ao horizonte, o espaçamento entre fraturas, bem como, a sua espessura e o seu preenchimento.

As classes de intemperismo propostas por Pedron et al. (2009) para rochas vulcânicas do RS foram avaliadas quanto a sua adequação para a condição da rocha sedimentar estudada neste trabalho. Em casos necessários, alterações foram propostas. Para a calibração das classes de intemperismo, foram utilizados, além dos nove perfis já mencionados, mais quinze perfis também coletados na região de entorno das cinco áreas da figura 1 (dados não mostrados), totalizando 58 camadas de Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos. O teor de água das amostras no momento da análise no campo variou de 5 a 21 %, com média e mediana de 14 %. Cada camada foi submetida a cinco repetições do teste de resistência a penetração com um penetrômetro de impacto do tipo Stolf, utilizando-se a equação dos holandeses para o cálculo da resistência, conforme descrito em detalhes por Stolf (1991).

As classes de intemperismo associadas ao teste de escavação com a pá reta (Soil Survey Staff, 1993), ao teste de resistência a penetração e aos dados morfológicos dos perfis foram utilizadas para a determinação dos contatos existentes nos nove perfis (Quadro 1).

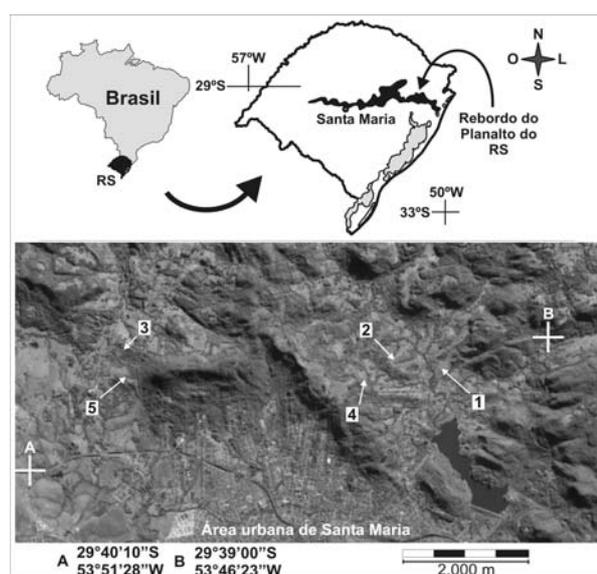


Figura 1. Localização das cinco áreas de coleta dos perfis de Neossolos avaliados.

Quadro 1. Áreas de coleta, dados ambientais e classificação taxonômica dos perfis de Neossolos estudados

Perfil	Área de coleta	Relevo	Uso atual ⁽¹⁾	Classificação taxonômica (Embrapa, 2006)
P1	1	Ondulado a forte ondulado	Campo sujo	Neossolo Regolítico distro-úmbrico léptico
P2	1	Ondulado a forte ondulado	Campo sujo	Neossolo Regolítico distro-úmbrico léptico
P3	1	Ondulado a forte ondulado	Campo sujo	Neossolo Regolítico distrófico léptico
P4	2	Ondulado	Campo sujo	Neossolo Litólico distro-úmbrico típico
P5	3	Ondulado	Campo limpo	Neossolo Regolítico distro-úmbrico léptico
P6	3	Forte ondulado	Campo limpo	Neossolo Litólico distro-úmbrico típico
P7	4	Forte ondulado	Campo sujo	Neossolo Litólico eutrófico típico
P8	5	Ondulado	Campo limpo	Neossolo Regolítico distro-úmbrico léptico
P9	5	Ondulado	Campo limpo	Neossolo Regolítico distro-úmbrico típico

⁽¹⁾ Campo sujo: pastagem espontânea sem manejo, com predomínio de vegetação herbácea-arbustiva do grupo das gramíneas; Campo limpo: pastagem espontânea com limpeza frequente, com predomínio de vegetação herbácea do grupo das gramíneas.

As definições de horizontes e camadas, usadas para separar solo, saprolito e rocha, adotadas neste trabalho, seguiram as sugestões de Pedron et al. (2009). Desta forma, “horizonte” C é definido pela presença de estrutura do solo, mesmo que incipiente, em material inconsolidado e, a “camada” Cr, quando se mantém a estrutura da rocha, mas pode ser escavada com a pá reta (Santos et al., 2005); quando o saprolito não pode ser escavado com a pá reta, mas difere da rocha não intemperizada (R), foram utilizadas as denominações RCr e CrR, conforme Embrapa (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os Neossolos Regolíticos apresentaram sequência de horizontes/camadas A-Cr-RCr e os Neossolos Litólicos a sequência A-RCr (Quadro 2). A profundidade do horizonte A variou de 28 a 45 cm para os Neossolos Regolíticos e de 17 a 36 cm para os Neossolos Litólicos, conferindo maior limitação de uso agrícola e não agrícola aos Litólicos. O limite inferior da camada Cr variou consideravelmente de 92 cm no P1 até mais de 130 cm no P9.

Quanto às raízes, elas estiveram presentes em todos os horizontes/camadas com exceção da camada RCr do P4, onde o material parcialmente intemperizado se encontrava com forte resistência à escavação e ausência de fraturas. Nas camadas Cr e RCr as raízes penetram pelas fraturas do material, tornando-se importante indicadoras do seu grau de fraturamento, embora não sejam boas indicadoras dos contatos existentes no perfil (Pedron et al., 2009).

A redução de raízes em profundidade nos Neossolos deve-se, também, à fisiologia e morfologia natural da vegetação graminácea predominante nas áreas avaliadas. Por isso, embora tenha sido observado menor volume de raízes nas camadas RCr em relação aos horizontes/camadas superficiais, em épocas de

estiagem elas desempenham papel importante na obtenção de água para a manutenção fisiológica da planta (Schafer et al., 1979). Este fato pode ser potencializado considerando que o arenito Caturrita apresenta comportamento aquífero (Soares et al., 2008).

Os dados de granulometria da fração grosseira (> 2 mm) mostram que todos os horizontes A são constituídos somente por terra fina. Diferentemente, nas camadas Cr e RCr ocorre presença de frações grosseiras do saprolito que variam de 780 a 990 g kg⁻¹ (Quadro 2). O fato do horizonte A não apresentar pedregosidade se deve a menor resistência do agente cimentante do arenito, óxidos de Fe, ao intemperismo, diferindo das rochas vulcânicas estudadas por Pedron (2007) e Sturmer et al. (2009). Além disso, a ausência de coluviamento nas áreas estudadas também mantém o horizonte A livre de fragmentos grosseiros. A fração cascalho e calhaus para as camadas RCr, e a ausência da fração matacão, são atribuídas à fragmentação da rocha alterada em blocos quando utilizada a força para retirada de amostras deste material. Do mesmo modo, quando submetida à secagem, a camada RCr libera partículas de areia, explicando a existência de materiais menores que 2 mm nestas camadas.

A análise de nitidez da transição entre os horizontes e camadas mostrou que há predomínio da transição clara, com ocorrência de transição abrupta e gradual, enquanto a análise da forma da transição mostrou predomínio de transição plana e irregular. Estes dados se assemelham com os obtidos por Pedron et al. (2009) para Neossolos derivados de rochas vulcânicas no RS. Além disso, estes dados de transição indicam que a visualização e separação dos horizontes/camadas, na maioria das vezes, são facilitadas.

Em relação à resistência a escavação, de modo geral, para os Neossolos Regolíticos predominaram resistência moderada a alta nas camadas Cr e RCr, respectivamente. Para os Neossolos Litólicos houve

Quadro 2. Dados morfológicos dos perfis de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos

Perfil	Horizonte/ camada	Profundidade	Granulometria			Transição entre horizontes ⁽¹⁾	Raízes ⁽²⁾	Resistência à escavação ⁽³⁾	Classe de intemperismo ⁽⁴⁾
			Calhaus	Cascalho	Terra fina				
		cm	g kg ⁻¹						
P1	Ap	0-12	0	0	1000	cl e pl	Muitas	-	-
	A	12-29	0	0	1000	ab e pl	Muitas	-	-
	Cr ₁	29-60	603	306	91	cl e ir	Muitas	b/m	I5
	Cr ₂	60-92	930	60	10	cl e ir	Comuns	m/a	I4
	RCr	92-115+	940	50	10	-	Raras	a/ma	I3
P2	A	0-30	0	0	1000	gr e ir	Muitas	-	-
	Cr ₁	30-60	0	782	218	cl e ir	Muitas	b/m	I5
	Cr ₂	60-82	190	605	205	gr e ir	Comuns	m/a	I4
	RCr	82-155+	950	40	10	-	Raras	a/ma	I3
P3	A	0-30	0	0	1000	cl e ir	Muitas	-	-
	Cr	30-69	775	100	125	cl e ir	Comuns	m	I5
P4	RCr	69-120+	930	40	30	-	Raras	a/ma	I3
	A	0-23	0	0	1000	cl e pl	Muitas	-	-
	RCr	23-75+	890	50	60	-	Ausentes	a/ma	I3
P5	A	0-28	0	0	1000	cl e ir	Muitas	-	-
	Cr ₁	28-53	433	413	154	cl e ir	Muitas	b	I5
	Cr ₂	53-73	920	50	20	cl e ir	Comuns	m	I4
	RCr	73-110+	930	60	10	-	Poucas	a/ma	I3
P6	A	0-17	0	0	1000	ab e pl	Abundantes	-	-
	RCr	17-45+	970	20	10	-	Comuns	ma	I3
P7	A	0-36	0	0	1000	ab e pl	Muitas	-	-
	RCr	36-250+	950	50	0	-	Raras	a	I3
P8	Ap	0-18	0	0	1000	cl e pl	Abundantes	-	-
	A	18-45	0	0	1000	ab e ir	Muitas	-	-
	Cr	45-71	740	210	50	cl e ir	Poucas	b/m	I5
	RCr	71-120+	930	50	20	-	Raras	ma/ea	I2
	A	0-29	0	0	1000	cl e pl	Muitas	-	-
P9	A/Cr	29-49	310	200	490	cl e pl	Muitas	b	I5
	Cr ₁	49-84	435	345	220	cl e pl	Poucas	b/m	I5
	Cr ₂	84-110	540	405	55	gr e pl	Raras	m	I4
	Cr ₃	110-130+	600	380	20	-	Raras	-	-

⁽¹⁾ Transição entre horizontes: ab: abrupta; cl: clara; gr: gradual; pl: plana; ir: irregular. ⁽²⁾ Nas camadas Cr e RCr referem-se aquelas entre as fraturas, estimadas conforme sugestão de Santos et al. (2005). ⁽³⁾ Teste da pá reta (Soil Survey Staff, 1993), determinada somente para camadas saprolíticas e rochosas. b/m: baixa a moderada; m/a: moderada a alta; a/ma: alta a muito alta; ma/ea: muito alta a extremamente alta; a: alta; m: moderada; b: baixa; ma: muito alta. ⁽⁴⁾ Classes de intemperismo de Pedron et al. (2009) adaptada para rocha sedimentar da Formação Caturrita (Quadro 4).

predomínio de maior resistência, do tipo alta a muito alta na camada RCr. Os dados de resistência à escavação, somados aos morfológicos, sugerem classes de intemperismo I5–I3 para os Neossolos Regolíticos e I3–I2 para os Neossolos Litólicos (maiores informações são apresentadas no quadro 4 adiante no texto).

No quadro 3 são apresentados dados referentes ao fraturamento das camadas saprolíticas. Nota-se que a espessura das fraturas variaram de 1 a 3 mm, valores inferiores aos encontrados por Pedron et al. (2009) e Sturmer et al. (2009) para rochas vulcânicas. A distância entre as fraturas variou de 1 a 8 cm. Todas as fraturas encontravam-se preenchidas com solo e raízes. Alguns perfis como o P5, o P8 e o P9, não apresentaram ângulo de mergulho e azimute do

sentido do mergulho predominante, devido ao alto grau de fraturamento destes perfis. Os demais perfis evidenciam a ampla variação de azimutes do sentido do mergulho, indicando a heterogeneidade do arenito nesta região.

Os dados referentes às fraturas mostraram que todos os perfis apresentam fraturamento considerável, com ampla variação angular e espaçamento menor que 10 cm entre fraturas (Pedron et al., 2009; Sturmer et al., 2009). Essa configuração favorece a movimentação de água e materiais minerais e orgânicos no perfil, bem como a penetração de raízes nas fraturas. Entretanto, autores como Vepraskas (2005) e Sturmer et al. (2009) mostram que a interpretação da configuração de fraturas deve ser realizada com cuidado, visto que os materiais de

Quadro 3. Dados relativos à configuração das fraturas existentes nas camadas de saprolito e rocha nos perfis dos Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos derivados do arenito Caturrita

Perfil	Camada avaliada	Espessura das fraturas	Distância entre fraturas	Preenchimento das fraturas	Azimute do sentido do mergulho	Azimute da exposição do perfil	Ângulo de mergulho (°) ⁽¹⁾
		mm	cm				
P1	Cr ₁ , Cr ₂ e RCr	1 a 2	3 a 7	Raízes finas e solo	150° SE	150° SE	0 a 5
P2	Cr ₂ e RCr	1 a 2	1 a 3 no Cr ₂ ; 3 a 8 no RCr	Raízes finas e solo	330° NW	330° NW	30
P3	Cr	1 a 3	3 a 8	Raízes finas e solo	85° NE	85° NE	15
P4	RCr	np ⁽²⁾	np	np	np	140° SE	np
P5	Cr ₁ , Cr ₂	1	2 a 8	Raízes finas e solo	Sem sentido aparente	250° SW	Sem ângulo predominante
P6	RCr	1 a 2	8	Raízes finas e solo	190° SW	190° SW	5 a 10
P7	RCr	1 a 2	8	Raízes finas e solo	50° NE	5° NE	5
P8	Cr e RCr	0,5 a 1	1	Raízes finas e solo	Sem sentido aparente	330° NE	Sem ângulo predominante
P9	Cr ₁ , Cr ₂ e Cr ₃	1	1	Raízes finas e solo	Sem sentido aparente	240° SW	Sem ângulo predominante

⁽¹⁾ Linha horizontal como referência. ⁽²⁾ np: não presente no contato.

preenchimento, principalmente quando argilosos, podem agir como um impedimento à condutividade hidráulica, influenciando na quantidade e velocidade da água que infiltra no perfil.

Considerando-se que as classes de intemperismo de Pedron et al. (2009), criadas para solo, saprolito e rocha de origem vulcânica (basalto e riólito) apresentaram boa correlação com aquelas identificadas para os mesmos materiais derivados do arenito da Formação Caturrita, salvo algumas particularidades evidenciadas na nova proposição (Quadro 4), sugere-se a unificação das classes de intemperismo para estes dois grupos geológicos em questão, visando facilitar o seu emprego no campo.

As classes de intemperismo I1, I2, I3 e I4 apresentam particularidades para os materiais formados a partir de basalto/riólito e arenito, as quais podem facilmente ser descritas no quadro unificado (Quadro 4). Estas particularidades ocorrem devido à diferença física, química e mineralógica das rochas em questão (Sartori et al., 1975; Pierini et al., 2002). Nos estádios iniciais de formação de solo, nas classes de intemperismo mais resistentes, as características dos diferentes materiais de origem são mantidas. No entanto, em materiais mais alterados, tanto de basalto/riólito quanto de arenito, nas classes de intemperismo I5, I6 e I7 a ação do intemperismo torna o material mais homogêneo, com a perda progressiva das características das rochas de origem.

Os contatos líticos são caracterizados pelas classes de intemperismo I1, I2 e I3, simbolizadas pelas camadas R e RCr. Os contatos saprolíticos são caracterizados pelas classes I4, I5 e I6, simbolizadas

pelas camadas CrR e Cr. Enquanto a classe I7 caracteriza material já com indícios claros de pedogênese, simbolizada pelo horizonte C. Da mesma forma que em Pedron et al. (2009), as classes de intemperismo adaptadas para arenito também foram eficientes no auxílio da identificação do horizonte ou camada e do tipo de contato existente nos perfis de Neossolos estudados.

Ao comparar-se as classes de intemperismo, encontradas nas 58 camadas de Neossolos rasos, com a resistência à penetração em kgf cm⁻², percebeu-se que a classe I2 apresentou variação na resistência de 633 a 555 kgf cm⁻²; a classe I3 de 508 a 114 kgf cm⁻²; a classe I4 de 168 a 71 kgf cm⁻²; a classe I5 de 94 a 29 kgf cm⁻²; e a classe I6 de 72 a 36 kgf cm⁻².

A sobreposição de valores de resistência em kgf cm⁻² de uma classe de intemperismo em relação à outra pode estar atrelada a grande variabilidade natural de intemperismo das camadas saprolíticas. Este fato é importante porque a área e a forma da ponteira do penetrômetro de impacto são diferentes da área e da forma da lâmina da pá reta, permitindo a ocorrência de diferença nos resultados. Além disso, a definição das classes de intemperismo adaptadas neste trabalho não leva em conta apenas a resistência à escavação, mas também, a morfologia e a intensidade de alteração do material.

Na figura 2 é apresentada a relação entre as classes de intemperismo e a resistência à escavação (kgf cm⁻²) pelo método do penetrômetro de impacto para as camadas saprolíticas dos perfis avaliados. O coeficiente de determinação da equação da curva (R² = 0,904) e a significância < 0,0001 evidencia a

Quadro 4. Unificação das classes de intemperismo para basaltos e riólitos da Formação Serra Geral – Pedron et al. (2009) e arenito da Formação Caturrita

Classe	Palavra-chave	Descrição	Camada ou horizonte
I1	Rocha inalterada (Contato lítico)	<ul style="list-style-type: none"> Som metálico com pancada de martelo; Fraturas quando existentes apresentam junções angulares; O material não pode ser escavado manualmente; Não há penetração de raízes, exceto pelas fraturas, que geralmente ocorrem com espaçamento superior a 10 cm. <p>Material vulcânico</p> <ul style="list-style-type: none"> Coloração máfica ou félsica; <p>Material sedimentar</p> <ul style="list-style-type: none"> Coloração é geralmente clara, característica de arenitos; 	Camada R
I2	Rocha pouco alterada (Contato lítico)	<ul style="list-style-type: none"> Apresenta fraturas com juntas distintas e angulares; A dificuldade de escavação manual inviabiliza a mesma, embora possa ser parcialmente escavada com picareta. O material não é cortado pela picareta, mas fragmentado em blocos. Não há penetração de raízes, exceto pelas fraturas, que geralmente ocorrem com espaçamento superior a 10 cm. <p>Material vulcânico</p> <ul style="list-style-type: none"> Apresenta som metálico com pancada de martelo; Coloração máfica ou mais clara; <p>Material sedimentar</p> <ul style="list-style-type: none"> Coloração é geralmente clara, tanto internamente quanto externamente; Geralmente apresenta pouco fraturamento, tendo um aspecto maciço. 	Camada RCr
I3	Rocha moderadamente alterada (Contato lítico)	<ul style="list-style-type: none"> O material mantém a estrutura da rocha; Geralmente pode ser escavado com picareta com moderada dificuldade, mas inviabiliza a escavação com a pá reta; Pancadas com martelo pedológico e picareta rompem em blocos grandes e pequenos; Raízes não penetram no material, somente nas fraturas; <p>Material vulcânico</p> <ul style="list-style-type: none"> Apresentam juntas angulares e distintas; A coloração é clara, podendo apresentar o interior máfico semelhante à cor da rocha inalterada. <p>Material sedimentar</p> <ul style="list-style-type: none"> Coloração é geralmente clara, tanto internamente quanto externamente; O aspecto maciço ainda persiste, no entanto, o material é mais fraturado; Já pode ser parcialmente cortado pela picareta; 	Camada RCr
I4	Saprolito alterado (Contato saprolítico)	<ul style="list-style-type: none"> O material mantém a estrutura da rocha; A pancada com picareta corta o material, que pode também ser escavado com a pá reta; Raízes não penetram no material, somente nas fraturas; Apresentam juntas angulares e distintas; A coloração é geralmente clara. <p>Material vulcânico</p> <ul style="list-style-type: none"> Não pode ser quebrado com as mãos, mas sim com a pá de corte, martelo ou picareta, rompendo-se em blocos grandes e pequenos; <p>Material sedimentar</p> <ul style="list-style-type: none"> Pode ser quebrado com as mãos em blocos médios a pequenos; 	Camada CrR
I5	Saprolito muito alterado (Contato saprolítico)	<ul style="list-style-type: none"> O material mantém a estrutura da rocha; Pode ser quebrada com as mãos sem dificuldade, dividindo-se em fragmentos grandes e pequenos; Pode não ser friável e não é plástica; Pode ser cortado com a pá reta sem dificuldade, ainda não permite a penetração de raízes; Pode apresentar canais biológicos e juntas angulares e subangulares. 	Camada Cr

Continua...

Quadro 4. Continuação

Classe	Palavra-chave	Descrição	Camada ou horizonte
I5	Saprolito muito alterado (Contato saprolítico)	O material vulcânico e o sedimentar se assemelham muito nas características avaliadas.	
I6	Saprolito severamente alterado (Contato saprolítico)	<ul style="list-style-type: none"> • Material friável quando úmido e plástico quando molhado; • Pode ser quebrado sem dificuldade com a mão, pulverizando-se ou dividindo-se em fragmentos pequenos; • Não oferece resistência à penetração de raízes; • Pode apresentar canais biológicos e juntas angulares e subangulares; • Geralmente apresenta estrutura maciça, dificultando a percepção das fraturas. <p>O material vulcânico e o sedimentar se assemelham muito nas características avaliadas.</p>	Camada Cr
I7	Saprolito completamente alterado (solo)	<ul style="list-style-type: none"> • O material encontra-se inconsolidado, com sinais de início de processos pedogenéticos e presença de estrutura do solo, mesmo que em estágio incipiente. <p>O material vulcânico e o sedimentar se assemelham muito nas características avaliadas.</p>	Horizonte C

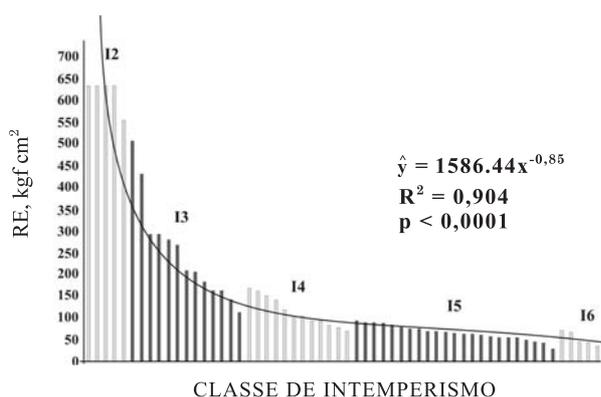


Figura 2. Relação entre as classes de intemperismo e a resistência à escavação (RE) pelo método do penetrômetro de impacto para as camadas saprolíticas de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos derivados de arenito da Formação Caturrita.

existência de relação entre as variáveis consideradas. Os valores calculados de acordo com a equação da curva como limites de resistência para cada classe de intemperismo são: I2–633 a 380 kgf cm⁻²; I3–380 a 134 kgf cm⁻²; I4–134 a 87 kgf cm⁻²; I5–87 a 54 kgf cm⁻²; I6–54 a 50 kgf cm⁻². Embora tenham sido analisadas somente camadas saprolíticas, sugere-se que camadas sobrepostas ao saprolito e com valores menores que 50 kgf cm⁻² podem ser consideradas material inconsolidado com início de alteração pedogenética (classe I7).

Os resultados do teste de resistência à penetração, realizado com o penetrômetro de impacto,

demonstraram que as classes de intemperismo adaptadas neste trabalho são coerentes com a condição de resistência a campo e, quando utilizadas juntamente com o teste da pá reta, contribuem significativamente para a anotação correta das condições dos contatos entre solo saprolito e rocha no perfil. Isso é importante porque, em muitos casos, o uso de um penetrômetro de impacto nas descrições morfológicas de perfis no campo não é viável.

Considerando os dados morfológicos do perfil, a análise de fraturas, o teste de resistência à escavação e as classes de intemperismo, verificou-se a presença de contato lítico, contato lítico fragmentário (Embrapa, 2006) e contato saprolítico fragmentário (Pedron et al., 2009). O contato lítico foi identificado no P4, onde a camada RCr, a 23 cm da superfície, se apresenta sem fraturamento aparente. O contato lítico fragmentário foi determinado em quase todos os perfis, com exceção do P4 e P9. No contato lítico fragmentário a camada RCr, com alto grau de fraturamento, aparece desde 17 cm da superfície, no P6, até 92 cm no P1.

O contato saprolítico fragmentário proposto por Pedron et al. (2009) foi encontrado em todos os perfis com camada Cr. Este tipo de contato foi verificado a 18 cm de profundidade no P8 e entre 28 a 30 cm de profundidade nos demais perfis. Conforme Pedron et al. (2009) o contato saprolítico fragmentário ocorre em diferentes condições, dependendo do estágio de intemperização, entre os horizontes A ou C e o saprolito (camada Cr ou CrR), onde a dureza do material permite a escavação manual com a pá reta, mas não a penetração de raízes, exceto pelas fraturas, as quais são abundantes e dispostas a uma distância inferior a 10 cm uma das outras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Verificou-se que a morfologia das camadas saprolíticas, principalmente, a configuração de fraturas, dos Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos derivados do arenito Caturrita são semelhantes às mesmas classes de solos derivadas de basalto/riólito no RS, permitindo o uso, com poucas modificações, das mesmas classes de intemperismo propostas por Pedron et al. (2009).

2. Os testes com o penetrômetro de impacto nos materiais das camadas líticas e saprolíticas em perfis de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos derivados do arenito Caturrita, apresentaram alta correlação com as classes de intemperismo adaptadas neste trabalho, evidenciando a sua coerência e contribuição na identificação dos contatos no campo.

3. Foram identificados, nos Neossolos rasos derivados do arenito Caturrita, os seguintes contatos: contato lítico, contato lítico fragmentário, e aquele denominado contato saprolítico fragmentário, o qual os autores sugerem a inclusão no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, visto que tem sido recorrentemente encontrado em solos rasos e que fornece informações ambientais importantes ao manejo destes solos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao FIPE (Fundo de incentivo a Pesquisa) da UFSM e ao CNPq pelo auxílio financeiro no desenvolvimento do trabalho e pela concessão de Bolsas de Iniciação Científica (FIPE/UFSM e PIBIC-CNPq/UFSM) e Produtividade em Pesquisa (PQ-CNPq).

LITERATURA CITADA

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife, DNPEA-MA, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- LIETZKE, D.A. & WEBER, R.S. The importance of Cr horizons in soil classification and interpretations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:593-599, 1981.
- MACHADO, S.R.V. Caracterização química, física e mineralógica de saprolitos do Estado de São Paulo e suas implicações na taxonomia e uso agrícola. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1997. 105p. (Tese de Mestrado)
- MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Agrometeorol.*, 8:141-150, 2000.
- PEDRON, F.A. Mineralogia, morfologia e classificação de saprolitos e Neossolos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2007. 160p. (Tese de Doutorado)
- PEDRON, F.A.; AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D.; STÜRMER, S.L.K. & MENEZES, F.P. Morfologia e classificação taxonômica de Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da formação Serra Geral no Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:119-128, 2009.
- PIERINI, C.; MIZUSAKI, A.P.; SCHERER, C.M.S. & ALVES, D.B. Integrated stratigraphic and geochemical study of the Santa Maria and Caturrita formations (Triassic of the Paraná Basin), southern Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, 15:669-681, 2002.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; DOS SANTOS, H.G.; KER, J.C. & DOS ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- SARTORI, P.L.P.; MACIEL FILHO, C. & MENEGOTTO, E. Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná na região de Santa Maria, RS. *R. Bras. Geoci.*, 5:141-159, 1975.
- SARTORI, P.L.P. Geologia e geomorfologia de Santa Maria. *Ci. Amb.*, 38:19-42, 2009.
- SCHAFFER, W.M.; NIELSEN, G.A. & NETTLETON, W.D. Morphology of a paralithic contact in a soil over soft sandstone. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:383-386, 1979.
- SOARES, A.P.; SOARES, P.C. & HOLZ, M. Heterogeneidades hidroestratigráficas no Sistema Aquífero Guarani. *R. Bras. Geoci.*, 38:598-617, 2008.
- SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. Washington, U.S. Government Printing Office, 1993. (Department of Agriculture Handbook, 18)
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:229-235, 1991.
- STOLT, M.H. & BAKER, J.C. Strategies for studying saprolite and saprolite genesis. In: CREMEENS, D.L.; BROWN, R.B. & HUDDLESTON, J.H., eds. Whole regolith pedology. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.1-20. (Special Publication, 34)

- STÜRMER, S.L.K. DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; PEDRON, F.A. & MENEZES, F.P. Relação da granulometria do solo e morfologia do saprolite com a infiltração de água em Neossolos Regolíticos do rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. *Ci. Rural*, 39:2057-2064, 2009.
- VEPRASKAS, M.J. Predicting contaminant transport along quartz veins above the water table in a mica-schist saprolite. *Geoderma*, 126:47-57, 2005.