



IMPORTÂNCIA DOS PROCESSOS PEDOGENÉTICOS NA REDISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS NO REGOLITO

Michelon, C. R.¹; Möller, C.⁴; Azevedo, A. C.²; Dalmolin, R. S. D.²; Kanieski, A. J.³; Mello,
P. L.¹; Corsini, A. L.⁴;

- 1- Acadêmico(a) Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, CCR, UFSM;
- 2- Profs. Adj., Dep. Solos, PPGCS/CCR/UFSM. Contato: aazevedo@ccr.ufsm.br;
- 3- Acadêmico Engenharia Florestal, CCR, UFSM.
- 4- Acadêmico(a) Agronomia, CCR, UFSM.

Eixo temático: Análise e diagnóstico de processos erosivos

Palavras Chave: Balanço químico; solo; intemperismo.

Solos podem conter informações sobre mudanças climáticas ou de vegetação durante o quaternário, sobre eventos tectônicos recentes, estratigrafia, paleoambientes, análise de bacias hidrográficas, taxas de erosão e de transformações geoquímicas (Birkeland, 1999). Para estabelecer estas relações, porém, é preciso entender a dinâmica de cada estrato da crosta. A diferenciação do saprolito a partir da rocha inalterada se dá, principalmente, por transformações químicas e mineralógicas isovolumétricas (Cremeens et al., 1994). Já na transição entre o saprolito e o solo, os minerais originalmente existentes na rocha podem estar ausentes em quantidades detectáveis e, por outro lado, outros minerais secundários terem se formado. Devido à estas mudanças, uma organização própria dos minerais de solo emerge (a estrutura do solo) e as relações volumétricas podem ser muito alteradas em relação ao saprolito, desencadeando uma diferenciação marcante também nos aspectos hídrico, físico e microbiológico.

Como resultado, o fluxo de elementos químicos é afetado, de modo que os processos de intemperismo no solo e a redistribuição dos elementos químicos é bastante particular se



comparada com o saprolito, até porque a interação do solo com a biosfera é bem mais acentuada. As análises químicas totais do regolito e rochas não alteradas permitem que inferências possam ser feitas sobre os processos de intemperismo, e quando acopladas às estimativas ou determinações temporais, permitem também inferir as taxas de formação de regolito, saprolito e/ou solo. Estas taxas podem ser utilizadas para inferir o balanço entre intemperismo e erosão e estabelecer a idade relativa bem como detalhar processos geomórficos em superfícies. Em bacias fechadas, ou onde a entrada e saída de sedimentos pode ser monitorada, o balanço químico total pode ser usado para inferir sobre os processos atuais e paleoprocessos (White & Brantley, 1995). Portanto, o uso da diferenciação geoquímica do regolito, enquanto elemento de apoio para reconstituição do passado geomorfológico, precisa considerar cuidadosamente os processos pedogenéticos.

Os processos pedogenéticos podem ser decompostos e enquadrados em quatro categorias: adição, perdas, transformação e translocação (Simonson, 1959). Adições e perdas são bem caracterizadas no balanço químico total, independentemente se o elemento químico foi perdido como partícula sólida (erosão, por exemplo) ou solúvel (percolação). As transformações não interferem no balanço químico total, exceto se os elementos estiverem sendo distribuídos levando-se em consideração o número de oxidação, principalmente o ferro e o manganês. Já no que tange à translocação (que é o conjunto de mecanismos responsáveis pela redistribuição de materiais no perfil do solo), pode haver uma confusão, principalmente se o balanço for estratificado através dos horizontes pedogenéticos, levando à suspeita de descontinuidades (deposição de material alóctone). O processo pedogenético onde a translocação é mais acentuada é a iluviação. A identificação da ocorrência deste processo pode ser feita no campo através da morfologia do solo apoiado em dados de laboratório. A feição morfológica mais típica da iluviação é a formação do horizonte diagnóstico B textural ou do B plânico. No



Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), solos com horizonte Bt são classificados como Argissolos (mais comuns), Luvisolos, Alissolos, Plintossolos e Chernossolos (Streck et al., 2002).

Os Planossolos são os solos que apresentam horizonte B plânico, que além de satisfazer os requisitos diagnósticos para Bt, ainda possui mudança textural abrupta.

Os Argissolos são solos que apresentam horizonte B textural (Bt). Este horizonte apresenta incremento de argila (partículas menores que 2 micrômetros) em relação ao horizonte superior (horizonte A ou E), sendo diagnóstico para a classe dos Argissolos.

Este trabalho visa explorar as relações químicas entre o pedon e o saprolito, e observar a interferência do processo de iluviação na distribuição de elementos totais em cinco conjuntos solo-saprolitos da Depressão Central Gaúcha. Os solos analisados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Classificação e formação geológica dos conjuntos solo-saprolito estudados.

Pedon / Unidade De Mapeamento	Classificação (EMBRAPA, 1999)	Saprolito / Formação Geológica
São Gabriel	Planossolo Háptico eutrófico típico	Folhelhos argilosos e siltosos do grupo Gautá
Alto das Canas	Argissolo Vermelho distrófico latossólico	Argilitos e siltitos da Fm Itararé
São Jerônimo	Argissolo Vermelho distrófico típico	Granito
São Pedro	Argissolo Vermelho distrófico arênico	Arenitos e Fm Santa Maria
Vacacaí	Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico	Sedimentos aluviais recentes



Os solos da unidade de mapeamento São Gabriel são medianamente profundos, imperfeitamente drenados e podem apresentar teores elevados de fração silte e presença, na fração argila, de filossilicatos de alumínio do tipo 2:1 (esmectitas). Ocorrem principalmente na região de São Gabriel, São Sepé, Dom Pedrito, Cachoeira do Sul, Encruzilhada do Sul, Rio Pardo e Formigueiro, ocupando 0,81% da área do estado. Já os solos da unidade Alto das Canas são profundos e bem drenados, e ocorrem com mais frequência nas regiões de São Gabriel, São Sepé, Encruzilhada do Sul, Butiá, Rio Pardo, Cachoeira do Sul e Pinheiro Machado, cobrindo 1,04% da área do estado. Na Unidade São Jerônimo, os solos também são profundos e bem drenados, e pode haver presença de cascalhos. São comuns principalmente nos municípios de São Jerônimo, Caçapava do Sul, São Sepé, Arroio dos Ratos, Rio Pardo e Guaíba, totalizando 0,5% da área do estado.

Os solos da unidade de mapeamento São Pedro são profundos, avermelhados, com textura superficial arenosa e bem drenados. Encontram-se nos municípios de São Pedro, Santa Maria, São Francisco de Assis, Alegrete, Santana do Livramento e Rosário do Sul, entre outros, e representam aproximadamente 2,5% da área do RS. Na unidade de mapeamento Vacacaí predominam solos mal a imperfeitamente drenados, influenciados por sua posição no relevo, geralmente nas planícies de inundação e fundos de vale. Com isto, é comum a ocorrência de reações de redução e desenvolvimento do processo de gleização em paralelo com o processo de iluviação. Sua ocorrência está associada às calhas dos rios da Depressão Central e em alguns da Serra do Sudeste e Campanha. Ocupam aproximadamente 6,06% da área do estado (BRASIL, 1973).

Amostras deformadas para análises químicas e físicas, e indeformadas para determinação da densidade foram coletadas em todos os conjuntos. As análises químicas totais foram realizadas por fluorescência de raios X no Laboratório de Fluorescência de Raios X do



Departamento de Mineralogia e Geotectônica do Instituto de Geociências da USP (DMG-IG), em São Paulo (SP). A distribuição de tamanho de partículas, densidade do solo (pelo método do anel de Kopeck) e densidade de partículas (pelo método do balão volumétrico) foram realizadas segundo a metodologia proposta por (EMBRAPA, 1997), e o ferro nos óxidos secundários ou pedogênicos foi extraído com ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), de acordo com o método proposto por (Holmgren, 1967), nos laboratórios do Departamento de Solos / CCR, da Universidade Federal de Santa Maria (RS).

Observou-se que a distribuição da sílica (SiO_2) nos Planossolos (São Gabriel e Vacacaí) é mais concentrada no horizonte E (Tabela 3). Isto se dá porque este é o horizonte de perda máxima de materiais por eluviação, havendo uma concentração residual da fração areia (Tabela 2) que, neste caso, é predominantemente composta por quartzo. O mesmo efeito não é observado em alguns Argissolos. Por exemplo, no São Pedro e no São Jerônimo, a maior concentração de sílica está no horizonte A_2 (atual E), e A respectivamente. Estes dois solos também são arenosos, porém a iluviação não é tão forte no horizonte E como nos Planossolos, devido à ausência de mudança textural abrupta. Finalmente, o Alto das Canas possui menos areia que os outros dois Argissolos, pelo que a sílica encontra-se mais relacionada à fração argila (mais mobilizada pela iluviação) que a fração areia (residual). Daí sua maior concentração no horizonte B, onde a argila iluvial se acumula.



Tabela 2. Características físicas dos conjuntos solo-saprolitos estudados.

Conjunto solo-saprolito	Horizonte ou camada	Profundidade	Densidade do Solo	Densidade de Partículas	Areia	Silte	Argila
		Cm	Mg.m ⁻³	Mg.m ⁻³			g. kg ⁻¹
São Gabriel	A2	20 – 37	1,04	2,53	275,0	443,5	281,5
	E	37 – 58	1,13	2,5	345,5	479,8	174,7
	Bt2	76 - 111	1,24	2,5	290,7	260,1	449,1
	C2	146 - 220	1,34		117,9	431,4	450,7
	R	275 +	1,86		474,0	443,9	82,1
Alto das canas	A	26 – 72	1,22	2,52	246,0	47,6	706,5
	Bt	148 - 210	1,25	2,48	211,1	45,9	743,0
	R	210 +	1,2	2,4	242,2	12,3	745,5
São Jerônimo	A2	32-60	0,27	2,53	521,8	42,0	436,2
	Bt	130-160	1,19	2,6	332,0	12,6	655,4
	R	200+					
São Pedro	A	0-65	1,16	2,53	634,7	332,4	32,9
	E2	80-95	1,34	2,53	517,5	461,4	21,1
	Bt	115-160	1,25	2,78	376,1	315,5	308,3
	C	160-180	1,31	2,53	397,1	324,6	278,4
	R	180-230+	1,38	2,84	472,7	471,2	56,1
Vacacaí	A1	0 – 33	1,15	2,53	688,9	93	218,1
	E	67 – 76	1,27	2,53	827,8	75,7	96,5
	Btg	76 - 112	1,35	2,44	426,6	67,8	505,6
	C	112 - 150	1,59	2,33	492,5	30,3	477,2
	R	150 +	1,44	2,45	603,2	23,1	373,7

Nos balanços químicos envolvendo solos, é comum o uso do alumínio como elemento índice, isto é, aquele tomado como imóvel e usado para corrigir as distorções volumétricas nas transições rocha-saprolito e saprolito-solo (Bland e Rolls, 1998). Como a perda de silício é inerente aos processos de intemperismo em ambientes bem drenados e com presença de água percolante, espera-se uma diminuição da relação molecular Si:Al, isto é, dessilicação. Esta parece ser a tendência nos perfis estudados, mais tipicamente no conjunto São Pedro, e menos nos Planossolos (conjuntos São Gabriel e Vacacaí). Este maior desvio se dá tanto pelo



acúmulo de areia no horizonte E e transição abrupta para o B plânico, quanto pelo fato que os Planossolos possuem, com frequência, drenagem deficiente, favorecendo o acúmulo de sílica.

Tabela 3. Conteúdo total de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 , razão molecular entre silício e alumínio, e entre ferro extraído com DCB (Fe_d) e ferro total (Fe_t), nos estratos dos conjuntos analisados.

Conjunto Solo-saprolito	Hz	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Si:Al	Fed:Fet
		%				
São Gabriel	A2	86,51	5,00	1,27	14,68	0,24
	E	89,90	3,85	0,98	19,81	0,33
	Bt2	86,00	6,22	1,73	11,73	0,38
	C2	85,17	6,57	1,37	11,00	0,47
	R	71,37	13,20	4,30	4,58	0,44
Alto das canas	A	63,47	19,46	6,38	2,77	0,54
	Bt	92,00	2,50	1,65	31,21	2,84
	R	87,48	4,13	2,23	17,97	1,61
São Jeronimo	A2	74,33	12,68	3,73	4,97	0,54
	Bt	62,31	20,76	5,83	2,55	0,60
	R	58,60	23,39	3,32	2,13	0,27
São Pedro	A	91,35	2,51	1,64	30,87	0,63
	E2	78,91	7,13	7,74	9,39	0,10
	Bt	73,09	13,30	3,79	4,66	0,82
	C	68,43	14,70	5,57	3,95	0,79
	R	62,76	19,30	6,98	2,76	0,23
Vacacaí	A1	86,97	5,05	1,36	14,61	0,19
	E	91,31	3,25	0,79	23,83	0,19
	Btg	69,70	15,17	4,58	3,90	0,22
	C	80,04	9,81	2,69	6,92	0,23
	R	74,83	12,68	3,38	5,01	0,04

À luz destas colocações, é possível identificar uma anomalia no horizonte B do Alto das Canas. Embora o São Pedro também tenha apresentado uma relação Si:Al acima de 30



(Tabela 3), também possui alta porcentagem de areia, acima de 600 g kg^{-1} (Tabela 2), o que não ocorre com o Alto das Canas.

O ferro é um elemento bastante subordinado aos processos pedogenéticos porque o ferro contido nos minerais primários, quando liberado em um ambiente oxidante como os solos bem drenados, precipita-se na forma de óxidos de ferro pedogênicos (íon férrico). Estas formas podem ser quantificadas através da extração com ditionito-citrato-bicarbonato (DCB). Em pedologia, a relação entre o ferro total (F_{et}) e o ferro extraído com DCB (F_{ed}) é um indicativo do grau de desenvolvimento do solo ou horizonte. Em sua forma reduzida (íon ferroso), porém, o ferro é muito solúvel e é transportado pela água percolante. Se, em seu trajeto para fora do perfil, a solução contendo íons ferrosos atravessa um microambiente aerado, como um canal de raiz, o íon ferroso rapidamente se oxida e precipita, podendo formar desde manchas em tons laranja avermelhado, até concreções endurecidas. Esta última condição é mais comum no horizonte B dos planossolos. Já no horizonte E do solo São Pedro observamos concreções endurecidas, com alta concentração de ferro. Deve-se ressaltar, porém, que os Argissolos são solos bem drenados e que estas concreções têm uma gênese diferente daquelas dos Planossolos, estando mais relacionada à relictos do material de origem.

De maneira geral, observa-se que a tendência é que a relação $F_{ed}:F_{et}$ seja intermediária no horizonte A, mais alta no horizonte B e volte a diminuir no horizonte C e camada R. Tal comportamento está em acordo com a premissa inicial aceita na pedologia de que o horizonte B tende a ser aquele com maior desenvolvimento pedogenético.

A anomalia anteriormente identificada na relação $Si:Al$ encontra sustentação também na relação $F_{ed}:F_{et}$ (Tabela 3). A rigor, esta relação não deve ser maior que 1 para materiais autóctones, situação em que todo o ferro contido nos minerais primários estaria alocada nos óxidos pedogênicos. Assim, este resultado sugere uma adição ao perfil, provavelmente de



material pré-intemperizado, isto é, adição de ferro na forma de óxidos pedogênicos e não de minerais primários. Portanto, as amostras do conjunto Alto das Canas merecem maior detalhamento nas suas propriedades para teste da hipótese de contribuição alóctone. Vários métodos podem ser empregados para investigação, desde a análise da distribuição de tamanho de partículas da fração areia, lançando-se mão de técnicas e cálculos simples utilizados em sedimentologia, até métodos mais sofisticados com difratometria de raios X.

Estes resultados constituem um exemplo de como as teorias de formação do solo podem auxiliar na interpretação de dados químicos e físicos do regolito, bem como a alocação de recursos no detalhamento dos casos mais complexos.

Literatura Citada

- BIRKELAND, P. W. Soils and Geomorphology. 3rd. New York, USA, Oxford University Press, 1999. 430p.
- BLAND and ROLLS. Weathering. An introduction to the scientific principles. 1998. Oxford University Press.
- BRASIL. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul. 1st. Recife, PE, Brazil, Ministerio da Agricultura - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), 1973. 431p.
- CREMEENS, D. L.; RANDALL, B. B.; HUDDLESTON, J. H. Whole regolith pedology. Madison, USA, Soil Science Society of America, Inc., 1994. 136p.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2nd. Rio de Janeiro, RJ, Brazil, EMBRAPA, 1997. 212pp.
- EMBRAPA, CNPS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 1999. SPI-EMBRAPA
- HOLMGREN, G. G. S. A rapid Citrate-Dithionite extractable iron procedure. Soil Science Society of America Journal, 31: 210-211, 1967.
- SIMONSON, R. W. Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Science Society Proceedings, 152-156, 1959.
- STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.;



SCHNEIDER, P. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, EMATER-RS / UFRGS, 2002. 107 p.

WHITE, A. F.; BRANTLEY, S. L. Chemical Weathering Rates of Silicate Minerals . Washington, D.C., USA, Mineralogical Society of America, 1995. 583 p.