

VALORIZAÇÃO DE DADOS DE SOLOS NA REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA

Ernesto Maués da Serra Freire¹
Patrick Séchet²
Jean-Claude Leprun²

INTRODUÇÃO

A exploração racional das informações pedológicas acumuladas pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (EMBRAPA-SNLCS), tornou-se possível graças ao desenvolvimento de um sistema de armazenamento e recuperação de informações por computador, denominado SISOLOS. Tal sistema encontra-se em operação desde meado de 1981 e é acessível aos usuários através de rotinas padronizadas de recuperação de informação, devidamente documentadas (Meneguelli et alii, 1983; Meneguelli & Séchet, 1984). O processo de armazenamento é contínuo e, até o presente momento, tem-se agregados na base de dados os resultados de mais de cento e cinquenta levantamentos de solos, realizados por diversas entidades em todo o território nacional.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, EMBRAPA-CPATU possui o acervo de dados pedológicos mais importante da região amazônica, contando com mais de 2.000 perfis completos e cerca de 8.000 perfis extras, totalizando quase 50.000 amostras analisadas desde o início dos anos sessenta. Em 1985, criou-se uma equipe de transcrição de dados nesse centro para incorporar progressivamente as informações contidas nos livros de resultados de análises ao banco de dados SISOLOS. Até a presente data foram transcritos cerca de 1.000 perfis resultantes de uma primeira seleção feita no acervo, dos quais os 27.000 registros encontram-se em fase de integração no banco.

Assim, os dados gerados pelo CPATU e armazenados em computador no SISOLOS, permitirão melhorar sensivelmente o conhecimento dos solos da região Norte, pois serão facilmente acessíveis junto com os dados coletados por outras entidades (EMBRAPA-SNLCS e Projeto RADAMBrasil, em particular). Neste trabalho, pretende-se exemplificar o potencial do sistema com a exploração de alguns recursos estatísticos sobre as informações pedológicas da região Norte, contidas na base.

Numa primeira parte, enfatiza-se a forma de obtenção de uma matriz de dados que correspondem aos propósitos do trabalho. A seguir, procede-se a uma análise exploratória sistemática do referido conjunto de informações, já deduzindo alguns resultados gerais in-

teressantes no que diz respeito à natureza dos solos da região amazônica. Enfim, trata-se três exemplos específicos:

- o primeiro se refere ao teor de alumínio trocável dos horizontes superficiais e característicos das principais classes de solo encontradas na região, com vista a uma avaliação preliminar da necessidade de calagem;
- apresenta-se também uma análise das relações existentes entre os parâmetros físicos do horizonte superficial e a natureza da cobertura vegetal do perfil, no intuito de estimar os riscos de erosão acelerada, por exemplo;
- enfim, compara-se os latossolos da região coletados sob cerrados com os coletados sob floresta, para melhor quantificar noções já conhecidas, porém de forma qualitativa.

1. OBTENÇÃO DA MATRIZ DE DADOS

Para selecionar os dados que serão estudados neste trabalho, isto é os perfis de solos coletados na região amazônica brasileira com os diversos resultados das análises dos seus horizontes, procedeu-se em três etapas sucessivas:

- extração no SISOLOS dos levantamentos pedológicos efetuados na área da Amazônia legal. Isto é realizado utilizando-se as coordenadas geográficas (latitude menor que 15° S, longitude maior que 44° W), ou ainda a unidade da Federação (Acre, Amapá, Amazonas, etc.). Nos dois casos, tratam-se de atributos dos perfis contidos nos levantamentos. Obteve-se nesta extração um total de 46 levantamentos, os quais representam 3.496 perfis:

- seleção, neste conjunto, dos perfis que servirão de base para a análise. Eliminam-se primeiro as amostras de fertilidade, que apresentam dados apenas para o horizonte superficial, deixando 2.150 perfis (entre completos, complementares e amostras extras, sendo 1.350 perfis completos). Analisando este lote de perfis, constata-se que as classes de solos mais importantes (com mais de 50 perfis), são respectivamente os podzólicos vermelho-amarelos PVA (763), os latossolos vermelho-amarelos LV (245), os latossolos amarelos LA (207), as areias quartzosas AQ (110), os cambissolos C, os plintossolos PLI, os gleis pouco úmicos HGP, as lateritas

¹ EMBRAPA-CPATU, Belém (PA).

² ORSTOM, convênio EMBRAPA, Brasília (DF).

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 36.175 ex 1

Cote : B

23 NOV. 1992

hidromórficas HL e os solos aluviais A. Por outro lado, verifica-se que a vegetação mais frequentemente encontrada é a floresta equatorial subperenifolia;

- escolha dos horizontes. O conjunto de perfis selecionados fornece um total de 8.652 horizontes (6.900 se for considerado apenas as nove classes de solo escolhidas). No intuito de homogeneizar a matriz de dados a ser trabalhada, optou-se pela conservação apenas do horizonte representativo do solo na superfície (denominado A1) e do horizonte característico do solo em profundidade (denominado B2).

A organização do conjunto de dados em função da vegetação mostra que, para a região, tem-se 40% das informações disponíveis sob vegetação e floresta equatorial, 30% sob floresta subtropical, 8% sob floresta tropical, 6% sob cerrados e 14% sob diversas outras formações vegetais. Esta separação de floresta em três grupos é a utilizada no campo pelos pedólogos. Pode ser definida, segundo os critérios de classificação de KUHLMANN (1977):

- *floresta equatorial*. Floresta perenifolia higrófila hileiana amazônica (Hileia = floresta de terra firme) e floresta perenifolia paludosa ribeirinha periodicamente inundada (várzeas), ou permanentemente inundada (mata de iguapô);

- *floresta subtropical*. Floresta perenifolia higrófila hileiana amazônica (Hileia = floresta de terra firme);

- *floresta tropical*. Floresta subcaducifolia amazônica.

2. ANÁLISE SISTEMÁTICA DA MATRIZ

2.1. Características gerais dos solos

Para os perfis selecionados, com horizontes A1 e B2, consegue-se entre 1.100 e 1.700 valores (para as nove principais classes de solo da região) dos parâmetros físico-químicos extraídos. A Tabela 1, apresentada a seguir, fornece os valores médios e os desvios-padrões correspondentes.

Tabela 1: Características para todos os solos

Parâmetros	horizonte A1	desvio padrão	horizonte B2	desvio padrão
pH _{A1}	4,49	0,02	4,77	0,50
Al ³⁺	2,10	2,33	2,33	3,01
C %	1,91	2,78	0,40	0,43
N %	0,10	0,27	0,06	0,10
C/N	10,61		6,66	
NO %	3,29		0,69	
S (meq)	3,00	6,27	1,05	3,57
T (meq)	10,21	7,90	5,45	5,44
S/T %	24,22	25,85	14,00	17,32
Gf %	43,70	25,93	79,22	32,40
Kf	2,36	1,26	2,15	5,33

Esses parâmetros determinam assim as seguintes características gerais dos solos:

- solos ácidos, com pH em torno de 4,5;
- solos desaturados (soma com as bases, $S < - 3$ meq/100 g, capacidade de troca de cations, $T < - 10,2$ meq/10,2 g e taxa de saturação, $S/T < 24%$;

- solos álicos (teor em alumínio trocável alto, superior a 2 meq/100 g);

- solos medianamente intemperizados (coeficiente Ki entre 2,36 e 2,15);

- solos com médio teor em matéria orgânica (taxa de carbono C = 1,91 % no horizonte superficial), mas com uma penetração profunda (0,4 %, abaixo de um metro de profundidade) e uma taxa de mineralização alta (relação C/N da ordem de 10);

- solos com propriedade física melhor em profundidade que na superfície (grau de floculação Gf que passa de 40 a 80 %).

Globalmente, esses solos são quimicamente pobres, inclusive no horizonte A1, sendo a serapilheira pobre em nutrientes quando comparada com a de outra floresta (Klinger & Rodrigues, 1968), com toxidez alumínica e frágeis em superfície. Embora esses resultados estejam em conformidade com resultados anteriores (Cochrane et alii, 1985), eles são um pouco surpreendentes para o leigo, visto o porte desta floresta, cuja fitomassa muitas vezes passa de 250 toneladas por hectare !

2.2. Análise dos solos segundo a vegetação

Juntando-se os dois horizontes A1 e B2 (para levar em conta a totalidade do volume pedológico) analisa-se os valores dos mesmos parâmetros de acordo com a vegetação (os valores obtidos são apresentados na Tabela 2, a seguir).

Tabela 2: Características dos solos segundo a vegetação

Valores médios	Floresta equatorial	Floresta subtropical	Floresta tropical	Cerrados
pH _{A1}	4,65	4,54	4,69	5,14
Al ³⁺	1,58	3,54	2,26	0,72
C %	1,00	1,31	1,06	0,57
N %	0,12	0,14	0,10	0,06
C/N	0,33	9,36	10,60	9,50
NO %	1,72	2,25	1,82	0,98
S (meq)	1,39	3,03	1,63	1,04
T (meq)	6,49	10,65	7,61	4,08
S/T %	17,96	18,01	25,46	21,68
Gf %	59,08	69,62	67,24	67,81
Kf	2,11	2,32	2,28	2,96

Constata-se que:

- os solos mais ricos (teores em carbono, matéria orgânica e soma das bases mais altos), menos desaturados mas também mais álicos, encontram-se sob vegetação de floresta tropical e subtropical;

- os solos menos ácidos e menos álicos, mas também os mais pobres quimicamente (S, matéria orgânica baixos) são os solos sob cerrados;

- a floresta equatorial perenifolia encontra-se associado aos solos de posição intermediária, bastante pobres quimicamente.

Esses resultados são lógicos para os cerrados, porém surpreendem um pouco para a floresta equatorial.

Separando-se os horizontes A1 e B2, obtém-se a Tabela 3, apresentada a seguir.

Tabela 3: Características dos solos segundo a vegetação, com horizontes A1 & B2 separados

Valores médios	F.Eq. (A1)	F.Su. (A1)	F.Tr. (A1)	Cer. (A1)	F.Eq. (B2)	F.Su. (B2)	F.Tr. (B2)	Cer. (B2)
pH	4,48	4,31	4,63	5,02	4,78	4,68	4,74	5,24
Al ³⁺	1,72	2,92	1,79	0,97	1,46	2,94	2,63	0,49
C %	1,63	2,69	1,80	0,09	0,41	0,42	0,40	0,27
N %	0,16	0,26	0,15	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04
C/N	10,18	10,34	12,53	11,12				
HO %	2,80	4,62	3,23	1,53	0,70	0,72	0,69	0,46
S (meq)	2,21	5,13	2,47	1,59	0,60	1,70	0,95	0,55
T (meq)	9,09	14,73	8,73	5,02	4,22	6,02	6,54	2,46
S/T %	21,94	27,91	31,68	22,07	14,50	12,90	19,59	21,31
Gf %	37,32	55,52	53,72	44,70	70,46	70,96	78,44	87,91
Kl	2,26	2,79	2,44	1,00	2,00	2,04	2,13	3,02

As mesmas observações podem ser feitas:

- na superfície (horizonte A1), as características dos solos são diferentes. Os mais ricos pertencem a floresta subtropical e tropical, os mais pobres aos cerrados;

- em compensação, há uma grande homogeneidade (pH, C, N, grau de floculação, etc.) em profundidade. Os solos das três florestas são parecidos e os solos dos cerrados bem diferentes (mais pobres, menos intemperizados).

A influência do tipo de vegetação, notável na superfície, desaparece em profundidade, onde prevalece o papel do material originário.

2.3. Análise segundo a classe de solo

Para analisar os solos selecionados de acordo com a classe de solo, limitou-se apenas às classes predominantes na região. A tabela 4 abaixo, foi estabelecida levando-se em conta os valores médios obtidos para os mesmos parâmetros físico-químicos, separadamente para os horizontes superficiais e característicos.

Tabela 4: Características dos solos segundo a classe de solo

Valores médios	PVA (A1)	LA (A1)	LV (A1)	AQ (A1)	PVA (B2)	LA (B2)	LV (B2)	AQ (B2)
pH	4,58	4,21	4,31	4,44	4,78	4,69	4,79	5,02
Al ³⁺	1,84	1,97	1,85	0,94	2,79	1,35	1,03	0,55
C %	2,01	2,07	1,90	0,94	0,38	0,48	0,44	0,21
N %	0,19	0,19	0,18	0,08	0,06	0,08	0,07	0,04
C/N	10,57	10,89	10,55	11,75				
HO %	3,45	3,56	3,27	1,61	0,65	0,82	0,75	0,36
S (meq)	3,19	1,88	1,71	0,77	1,49	0,35	0,36	0,16
T (meq)	9,76	9,90	9,67	5,22	6,23	3,90	3,71	2,47
S/T %	28,49	15,01	14,67	14,21	17,08	9,55	11,40	7,06
Gf %	45,34	41,61	45,41	52,75	77,27	89,46	86,87	50,78
Kl	2,53	1,96	1,81	2,82	2,07	1,00	2,54	1,51

A análise desta tabela mostra tanto no A1 quanto no B2, as características dos solos PVA, LA e LV são bastante parecidas (C, N, Al, Gf), mas os PVA são os mais ricos e os AQ os mais pobres. Essas características de riqueza química que permanecem na profundidade indicam a importância do material originário.

2.4. Análise segundo vegetação e classe de solo

Levando-se em conta todo o volume pedológico (A1 + B2), examina-se agora os solos das classes predominantes (PVA, LV, LA, AQ), em função da cobertura vegetal.

Tabela 5a: Características das principais classes de solos segundo a vegetação (Floresta equatorial e subtropical)

Valores médios	F.Eq. PVA	F.Eq. LA	F.Eq. LV	F.Eq. AQ	F.Su. PVA	F.Su. LA	F.Su. LV	F.Su. AQ
pH	4,81	4,47	4,50	4,32	4,56	4,56	4,38	4,08
Al ³⁺	1,36	1,34	1,42	0,82	3,81	2,35	2,12	1,62
C %	0,84	1,13	1,15	0,70	1,30	1,17	0,94	1,46
N %	0,10	0,14	0,13	0,08	0,14	0,10	0,12	0,12
C/N	8,40	8,07	8,84	8,75	9,28	11,70	7,83	12,16
HO %	1,44	1,94	1,90	1,20	2,23	2,01	1,61	2,51
S (meq)	1,42	1,19	1,04	0,42	3,25	0,41	0,76	0,36
T (meq)	5,69	6,40	6,73	4,25	10,92	6,48	6,30	8,69
S/T %	22,62	12,49	11,65	9,90	19,71	7,57	10,45	8,92
Gf %	50,48	69,04	68,90	50,53	69,84	76,72	73,61	73,33
Kl	2,15	1,94	1,85	3,84	2,43	1,80	1,79	2,75

Tabela 5b: Características das principais classes de solos segundo a vegetação (Floresta tropical & cerrados)

Valores médios	F.Tr. PVA	F.Tr. LA	F.Tr. LV	F.Tr. AQ	Cer. PVA	Cer. LA	Cer. LV	Cer. AQ
pH	4,64	4,25	4,68	4,52	5,21	4,97	5,23	4,98
Al ³⁺	2,47	1,55	0,96	0,57	0,75	0,85	0,40	0,70
C %	1,06	0,84	0,81	1,10	0,44	0,43	0,57	0,70
N %	0,09	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,07
C/N	11,77	12,00	11,57	15,71	7,33	8,60	9,50	10,00
HO %	1,82	1,44	1,39	1,89	0,75	0,74	0,98	1,20
S (meq)	1,47	0,43	0,45	1,10	1,23	0,41	0,47	1,05
T (meq)	7,50	4,44	4,12	3,17	3,68	3,22	2,97	4,48
S/T %	26,31	10,51	14,90	28,22	31,50	18,29	18,40	15,98
Gf %	73,72	81,14	67,67	46,43	61,92	82,03	79,10	53,04
Kl	2,14	1,97	1,91	3,37	2,10	1,92	4,25	1,55

A diversidade dos valores obtidos para as características físico-químicas entre as quatro classes de solo, para uma mesma vegetação, mostra que a cobertura vegetal não constitui o fator discriminante. Qualquer que seja a vegetação, os podzólicos vermelho-amarelos são os mais ricos e as áreas quartzosas as mais pobres. Entretanto, para a matéria orgânica, percebe-se que os solos sob floresta subtropical e tropical encontram-se favorecidos no que diz respeito ao teor em carbono.

Isto significa que quando se considera os horizontes A1 e B2 juntos, a importância dos fatores edáficos domina a do fator vegetação.

Em resumo da análise sistemática da matriz que foi realizada com o conjunto de dados apresentado, identificam-se algumas características físico-químicas dos solos da região, e dessa forma destaca-se o papel da formação vegetal na cobertura pedológica. A matéria orgânica que provém da decomposição da vegetação marca somente as características de superfície.

3. EXPLORAÇÃO ORIENTADA DOS DADOS

3.1. Teor de alumínio nos solos da região Norte

A tabela a seguir permite comparar, para as principais classes de solos, os teores em alumínio trocável dos horizontes A1 e B2, através de suas médias e desvios padrões.

Tabela 6: Valor do alumínio trocável para diversas classes de solos

Classe de solo	horizonte A1	número de obs.	horizonte B2	número de obs.
PVA	1,84	607	2,79	917
LA	1,97	174	1,35	205
LV	1,85	104	1,03	300
AQ	0,94	-	0,55	-
PLI	1,73	56	3,69	48
HGP	4,06	56	1,12	6
A	0,98	-	0,60	-
C	3,32	85	3,26	3,26

Constata-se uma grande variação de valor nos dados, entre 4,06 e 0,94 meq/100 g. Considerando-se apenas o horizonte superficial, o mais interessante para as culturas, a toxidez com alumínio e a seguinte, na ordem decrescente:

HGP > C > LA > LV > PVA > PLI > A > AQ,

sendo alta para os dois primeiros, média para os seguintes e média a baixa para os dois últimos. Isto determina uma calagem indispensável para os dois primeiros, necessária para os seguintes e dispensável para os solos aluviais e as arcias quartzosas.

Ressalta-se as taxas muito elevadas, nos dois horizontes, para os cambissolos e os solos hidromórficos, normalmente considerados pouco intemperizados. No que se refere ao teor de alumínio do horizonte A1, a média geral de todos os solos da região amazônica (Tabela 1), é a mais elevada de todas as regiões do Brasil, até duas vezes a média correspondente para a região centroeste (GOEDERT, 1985), onde entretanto a toxidez aluminica é considerada como o principal fator limitante de fertilidade.

3.2. Grau de floculação dos solos da região Norte

Compara-se, para as principais classes de solos, os valores do grau de floculação dos horizontes A1 e B2, através de suas médias e desvios padrões.

Tabela 7: Valor do grau de floculação para diversas classes de solos

Classe de solo	horizonte A1	número de obs.	horizonte B2	número de obs.
PVA	45,34	529	77,27	796
LA	41,61	142	89,46	225
LV	45,41	172	86,87	270
AQ	52,75	45	50,78	11
PLI	25,08	51	47,51	48
HGP	49,17	46	98,97	6
A	28,97	31	70,39	2
C	38,23	67	30,64	18

Já que o grau de floculação mede a resistência do solo com relação à dispersão pela água (quanto maior o grau de floculação, maior a resistência), o exame da Tabela 7 evidencia:

- valores muito variáveis, de acordo com o grupo de solo;
- maior resistência em profundidade que na superfície, para todos os solos. Todos os solos têm um grau de floculação inferior a 50%;

- grande fragilidade de certos tipos de solos, tanto na superfície que na profundidade (PLI, HGP, A, C).

Isto mostra o cuidado que deve prevalecer na utilização agrícola dos solos amazônicos..

3.3. Comparação entre latossolos sob floresta e sob cerrado

Nesta última tabela, apresenta-se os valores de alguns parâmetros físico-químicos dos latossolos, em função da vegetação (com horizontes A1 e B2 reunidos).

Tabela 8: Comparação dos latossolos (LA + LV) sob floresta e sob cerrados

Parâmetros	Floresta equatorial	Floresta Tr. + Su.	Florestas (todas)	Cerrados
pH _e	4,48	4,46	4,47	5,10
A ₁ 3+	1,30	1,74	1,56	0,62
C %	1,14	0,94	1,04	0,50
N %	0,14	0,09	0,12	0,05
S (meq)	1,10	0,51	0,40	0,44
T (meq)	6,55	5,33	5,94	3,09
S/T %	12,00	10,85	11,43	18,30
Gf %	69,00	74,77	71,08	80,96
Kf	1,90	1,87	1,88	3,08

Anota-se que as características dos solos das diferentes florestas são bastante semelhantes, enquanto os solos de cerrados se destacam com uma pobreza química acentuada.

CONCLUSÃO

Mostrou-se neste trabalho que a partir de interrogações na base de dados de solos, foi fácil deduzir as principais características dos solos da região amazônica brasileira. Em particular, evidenciou-se os papéis respectivos da litologia e da cobertura vegetal.

O sistema SISOLOS, com todos os seus dados atualmente armazenados, já constitui uma ferramenta valiosa para avaliar globalmente os solos de cada região do País. Ademais, pode ser ainda bastante aprimorado:

- no aspecto da *quantidade dos dados*, prosseguindo-se com o armazenamento das informações pedológicas coletadas por outras instituições brasileiras (como o CPATU, o Instituto Agrônomo de Campinas, etc.);
- no aspecto da *qualidade dos dados* contidos, procedendo-se a uma crítica sistemática das informações da base através dos próprios recursos de recuperação de informação oferecidos pelo sistema, como já foi sugerido (Séchet, 1985);

- no aspecto da *facilidade de acesso*, pela migração da base de dados em estação de trabalho (minicomputador) a ser instalada na EMBRAPA-SNLCS, no Rio de Janeiro, e integrada na rede nacional de comunicação de dados;

- no aspecto dos *meios de armazenamento*, concluindo-se a versão atual do módulo local do SISOLOS, que permite captar, diretamente em microcomputador, os dados gerados pelos novos levantamentos. Essas mesmas informações serão então aproveitadas na base central, por meio de transferência e conversão (operações permitidas pelo sistema).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA

- COCHRANE, T.T.; SANCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G. do; PORRAS, J.A.; GARVER, C.L. *Land in tropical America*. CIAT-EMBRAPA-CPAC, V1., 146p., 1985.
- GOEDERT, W.J. *Solos de cerrados*. EMBRAPA-CPAC, Nobel Ed., 422p., 1985.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W.A. *Litter production in an area of Amazonian terra firme forest*. Part 1. Litter fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. *Amazonia*, 1, pp. 287-302, 1968.
- KUHLMANN, E. In: *Geografia do Brasil*. Região Norte, V.1. IBGE, pp. 59-94, 1977.
- MENEGUELLI, N. do A.; ASSIS, D.S.; ARAUJO, A.R.; SÉCHET, P. *SISSOLOS: manual de uso*. Rio de Janeiro, RJ. EMBRAPA-SNLCS, sér. Documentos, 4., 1983. 245p.
- MENEGUELLI, N. do A. & SÉCHET, P. *SISSOLOS: Guia de entrada*. Rio de Janeiro, RJ, EMBRAPA-SNLCS, sér. Documentos, 9., 1984, 91p.
- SÉCHET, P. *SISSOLOS: base de données de sols du Brésil*. In: *cah. ORSTOM*, sér. Pédol., vol. XXI, n° 4, 1984-1985:285-307.