



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Araujo Skorupa, Alba Lucia; Guimarães Guilherme, Luiz Roberto; Curi, Nilton; de Castro Silva, Charles Plínio; Soares Scolforo, José Roberto; Granate de Sá e Melo Marques, João José
Propriedades de solos sob vegetação nativa em Minas Gerais: distribuição por fitofisionomia, hidrografia e variabilidade espacial
Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 36, núm. 1, enero-febrero, 2012, pp. 11-22
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180222278002>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Comissão 1.3 - Pedometria

PROPRIEDADES DE SOLOS SOB VEGETAÇÃO NATIVA EM MINAS GERAIS: DISTRIBUIÇÃO POR FITOFISIONOMIA, HIDROGRAFIA E VARIABILIDADE ESPACIAL⁽¹⁾

Alba Lucia Araujo Skorupa⁽²⁾, Luiz Roberto Guimarães Guilherme⁽³⁾,
Nilton Curi⁽³⁾, Charles Plínio de Castro Silva⁽⁴⁾, José Roberto Soares
Scolforo⁽⁴⁾ & João José Granate de Sá e Melo Marques⁽³⁾

RESUMO

A distribuição das formações vegetais nativas depende dos fatores de formação do solo, entre outros aspectos. Dessa forma, solos sob vegetação nativa podem informar muito sobre uma região e sua fertilidade natural, constituindo um testemunho das condições encontradas antes da ocupação agrossilvopastoril. O objetivo deste estudo foi avaliar propriedades químicas e textura dos solos sob fragmentos de Cerrado e florestas nativas amostrados durante o Inventário Florestal de Minas Gerais, por meio de análises de fertilidade do solo, textura e estatística espacial. Em geral, houve grande variabilidade em todas as propriedades analisadas, exceto em Al trocável. Os solos sob Campo Cerrado apresentaram maiores teores de matéria orgânica, comparados aos sob Cerradão e Cerrado *stricto sensu*. As Florestas Estacionais ocorreram, em geral, em solos de melhor fertilidade natural do que aqueles sob Cerrado, enquanto as florestas sob clima chuvoso ocorreram nos solos mais ácidos e com maiores teores de matéria orgânica, entre todas as fitofisionomias. Análises de regressão linear indicaram que a importância da matéria orgânica na CTC a pH 7,0 variou entre as diferentes fitofisionomias, sendo não significativa para as Florestas Deciduais. A estratificação por bacias hidrográficas, interpretada em conjunto com a fitofisionomia, permitiu também concluir sobre um provável efeito dos materiais de origem nas propriedades do solo, especialmente a textura. Por meio de análise geoestatística, foi possível construir, por krigagem ordinária, mapas do Estado com a distribuição de teores de carbono orgânico do solo, argila e pH, mas não para CTC a pH 7,0. A análise de solos sob fragmentos de vegetação nativa oferece potencial para uso como referência do padrão de fertilidade natural dos solos e é uma iniciativa que poderia ser empreendida em outras unidades da federação.

Termos de indexação: Inventário Florestal de Minas Gerais, fragmentos florestais, fertilidade do solo, fitogeografia, mata ciliar, geoestatística.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 19 de julho de 2011 e aprovado em 3 de novembro de 2011.

⁽²⁾ Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras – UFLA. Campus, CEP 37200-000 Lavras (MG). Bolsista CNPq. E-mail: albaskorupa@hotmail.com

⁽³⁾ Professor, Departamento de Ciência do Solo, UFLA. Bolsista CNPq. E-mails: jmarques@dcs.ufla.br; guilherm@dcs.ufla.br; niltcuri@dcs.ufla.br

⁽⁴⁾ Departamento de Ciências Florestais, UFLA. E-mails: charles.plinio@plantar.com.br; jscolforo@dcf.ufla.br

SUMMARY: SOIL PROPERTIES UNDER NATIVE VEGETATION IN MINAS GERAIS, BRAZIL: DISTRIBUTION BY PHYTOPHYSIOGNOMY, HYDROGRAPHY AND SPATIAL VARIABILITY

One of the factors affecting the distribution of native vegetation is soil formation. Therefore, soils under native vegetation can be highly informative with regard to a region and the original soil fertility, as records of conditions found before agricultural reclamation (agrosilvopasture). The purpose of this study was to assess soil fertility and texture under native vegetation fragments sampled during the Forest Survey of the State of Minas Gerais, Brazil. In general, the variability in all soil properties was high, except for Al^{3+} . In soils under grassy savanna (Campo Cerrado), the concentrations of soil organic matter were higher than in savanna woodlands (Cerradão and Cerrado Stricto Sensu). In general, seasonal forests were found on soils with higher fertility than Cerrado formations, whereas rainforests (Floresta Ombrófila) occurred on the most acidic and organic matter-rich soils. Linear regression analyses showed that the importance of soil organic matter for cation exchange capacity at pH 7.0 varied among the different vegetation types, and was irrelevant for seasonal deciduous forest (Deciduous Seasonal Forest), but significant for the other phytophysiognomies. Data stratification by hydrographic basins, interpreted in combination with stratification by vegetation, allowed inferences about the probable effect of parent material on soil properties, especially on soil texture. By means of geostatistical analysis and based on ordinary kriging, maps of soil pH, organic carbon and clay contents, but not of cation exchange capacity at pH 7.0, were drawn for the state of Minas Gerais. Data of soils under native vegetation fragments could be used as reference standards of natural soil fertility, not only in Minas, but in other states of Brazil as well.

Index terms: Forest Survey of the State of Minas Gerais, forest fragments, soil fertility, phytogeography, riparian forest, geostatistics.

INTRODUÇÃO

As florestas nativas possuem fundamental importância para a biodiversidade e proteção de solos e água. O Estado de Minas Gerais (MG) compreende em seu território algumas das principais províncias vegetacionais do Brasil, como parte dos biomas Cerrado, Floresta Atlântica e Caatinga, sendo um excelente laboratório para estudos de fitogeografia. Contudo, o desflorestamento continua a ocorrer, tendo sido desmatados cerca de 110.000 ha nesse Estado no período de 2005 a 2007 (Scolforo, 2008). Portanto, atualmente a maioria das formações vegetais nativas ocorre como fragmentos florestais isolados, que são talvez a única referência do *status* original de fertilidade do solo antes de sua incorporação às atividades agrossilvopastoris. Por outro lado, embora já exista a iniciativa da criação de bancos de dados de solos no Brasil (Benedetti et al., 2008), pouco se sabe sobre como as formações vegetais nativas se distribuem em relação à fertilidade natural de solos do Brasil. São conhecidos os trabalhos em Minas Gerais sobre florestas de galeria de Oliveira-Filho et al. (1994), que propuseram uma classificação ecológica de espécies de acordo com fertilidade e topografia dos solos. Entretanto, informações em escala regional são raras, devido à grande variabilidade e extensão das áreas envolvidas. Da mesma forma, embora

já exista boa quantidade de informações sobre a variabilidade espacial de indicadores de fertilidade do solo em escala local, isto é, parcelas experimentais ou fazendas (Guedes Filho et al., 2010; Zanão Júnior et al., 2010), sabe-se pouco sobre a viabilidade do emprego de ferramentas geoestatísticas para o estudo de solos em escala regional no Brasil e em Minas Gerais.

O Inventário Florestal de Minas Gerais (Carvalho & Scolforo, 2008) é uma iniciativa importante não só para o monitoramento da área florestal e sua variação, como também permite o conhecimento sistematizado sobre os solos do Estado, com um mínimo de interferência antrópica. Este trabalho teve como objetivo apresentar os indicadores mais comuns de fertilidade e textura dos solos sob as diferentes vegetações nativas e bacias hidrográficas em MG, buscando identificar padrões de distribuição e avaliar a variabilidade espacial de propriedades selecionadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado durante o Inventário Florestal do Estado de Minas Gerais, no período de 2005 a 2007, por meio de convênio firmado entre o Instituto Estadual de Florestas e a Universidade

Federal de Lavras. A área de Minas Gerais é de 586.528 km², com cobertura de flora nativa de 196.552 km², envolvendo 13 tipos de fisionomias de vegetação nativa (Scolforo, 2008). Praticamente todos os tipos de materiais de origem do solo ocorrem em MG, como granito-gnaiss, sedimentos arenosos, calcários e argilosos, bem como intrusões máficas e ultramáficas e formações ferríferas variadas (COMIG, 2003).

Solos sob oito fitofisionomias foram amostrados em 112 fragmentos de flora nativa, de área variável entre 16 e 85.385 ha, com 3 a 12 parcelas de 1.000 m² por fragmento, espaçadas por distâncias variáveis, perfazendo um total de 336 amostras de solo. Cada parcela consistiu de uma faixa de 10 x 100 m, onde uma amostra de solo foi composta por duas subamostras a 25 e 75 m da borda da parcela, coletadas com ferramentas plásticas na profundidade de 0–20 cm. Todas as parcelas foram georreferenciadas. As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha < 2 mm de plástico para as análises químicas e textura, segundo métodos da Embrapa (1997). Resumidamente, a textura foi determinada pelo método do hidrômetro após dispersão em NaOH 1 mol L⁻¹. O pH foi determinado em proporção de 1:2,5 (solo:água), enquanto o Al + H foi extraído com acetato de cálcio mol L⁻¹ em pH 7,0 e titulado com NaOH 0,1 mol L⁻¹. O Ca, Mg e Al foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por absorção atômica. O K e P disponíveis foram extraídos com reagente de Mehlich-1 (H₂SO₄ 0,025 + HCL 0,05 mol L⁻¹) e determinados por fotometria de chama e colorimetria, respectivamente. O carbono orgânico foi determinado por oxidação em K₂CrO₄ e leitura por colorimetria do excesso de Cr⁺³ em solução (Cantarella et al., 2001). Os dados foram organizados e processados com o uso de uma planilha eletrônica. A estatística descritiva foi realizada com o programa JMP 5.1 (SAS, 2003), com e sem estratificação por fitofisionomias e bacias hidrográficas. Algumas propriedades do solo, como teor de carbono orgânico do solo (COS), argila, valor T (capacidade de trocas de cátions a pH 7,0) e pH,

por incorporarem grande quantidade de informação sobre a qualidade do solo em um só valor, foram selecionadas para análise geoestatística. Os valores desses indicadores em cada parcela foram submetidos à análise de variabilidade espacial, por elaboração de semivariograma ajustado pelo método dos quadrados mínimos dos resíduos, e à krigagem ordinária com o programa GS+ (Robertson, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização geral dos solos

No quadro 1 é apresentada a síntese dos resultados analíticos globais. Em geral, houve grande variabilidade em todas as propriedades, exceto em Al trocável, de acordo com a diversidade de material de origem e clima da extensa área amostrada. Os teores de areia e argila variaram entre 10 e 960 g kg⁻¹ e 40 e 840 g kg⁻¹, respectivamente, embora tenha havido tendência geral para maior teor de areia do que de argila. Em termos de acidez, o pH variou entre fortemente ácido a neutro, e o Al + H atingiu valores extremos de 29,9 cmol_c kg⁻¹, devido em grande parte à matéria orgânica do solo, pois o Al trocável não ultrapassou 4,6 cmol_c kg⁻¹. Em termos gerais, 75 % dos solos sob vegetação nativa de MG mostraram pH até 5,2, P disponível até 4,3 mg kg⁻¹ e Ca⁺² até 0,7 cmol_c kg⁻¹. Esses números corroboram a expectativa generalizada sobre a elevada acidez e a baixa fertilidade de solos sob clima tropical úmido (Lopes, 1984; Furley, 1999).

Fitofisionomias

Após estratificação pelas principais formações vegetais nativas, alguns padrões foram verificados (Quadro 2). Em Minas Gerais, as formações vegetais preservadas de Campo Cerrado, Cerrado e Cerradão ocupavam em 2007 cerca de 1.500.000, 5.000.000 e 360.000 ha, respectivamente (Scolforo, 2008), especialmente nas regiões central e oeste.

Quadro 1. Propriedades químicas e textura de solos (n=336) sob vegetação nativa em Minas Gerais

Propriedade	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio-padrão	Quartil 0,75	Percentil 0,90
argila	40	840	330	363	220	570	660
areia	10	960	420	461	294	760	876
P	0,7	46,9	2,9	3,8	3,5	4,3	5,72
pH	3,6	6,7	4,8	4,8	0,6	5,2	5,3
Ca	0,1	38,5	0,1	1,2	3,0	0,7	3,8
Al	0,0	4,6	1,1	1,2	0,9	1,8	2,4
Al + H	1,7	29,9	7,9	9,7	6,0	13,7	19,1
T	2,3	42,2	10,8	11,5	5,9	14,7	19,4
MOS	5,4	121,9	28,7	32,4	18,4	42,9	54,8

Teores de Ca, Al, Al + H, T a pH 7 em cmol_c kg⁻¹; argila, areia e matéria orgânica do solo (MOS, calculado como carbono orgânico / 0,58) em g kg⁻¹.

Quadro 2. Propriedades químicas e textura de solos por fitofisionomia em Minas Gerais

Fitofisionomia	Propriedade	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio-padrão	Quartil 0,75	Percentil 0,90
Campo Cerrado n=15	argila	90	670	270	371	225	620	662
	areia	20	840	410	458	286	755	836
	P	0,7	3,1	2,0	2,2	0,7	2,9	3,1
	pH	4,5	5,4	4,9	4,9	0,2	5,1	5,3
	Ca	0,1	2,5	0,1	0,3	0,6	0,1	1,1
	Al	0,2	2,6	1,1	1,2	0,5	1,4	2,1
	Al + H	3,6	13,7	6,3	7,2	2,8	8,8	11,4
	T	3,9	14,1	8,3	7,9	2,9	10,2	12,3
	MOS	12	61	25	27	12	36	48
Cerradão n=18	argila	120	510	140	188	112	185	454
	areia	400	850	800	763	133	840	850
	P	1,2	5,9	3,9	3,6	1,5	4,6	5,6
	pH	4,6	5,6	5,1	5,1	0,3	5,1	5,6
	Ca	0,1	3,8	0,4	0,8	1,0	0,8	2,8
	Al	0,1	1,4	0,7	0,7	0,3	0,8	1,2
	Al + H	3,6	9,8	5,6	5,5	1,5	5,8	8,1
	T	4,6	10,4	6,6	6,9	1,5	7,8	9,6
	MOS	15	38	19	21	7	22	37
Cerrado <i>stricto sensu</i> n=126	argila	40	840	265	365	265	640	737
	areia	30	960	550	511	352	870	917
	P	0,7	8,2	2,6	3,0	1,6	3,8	5,3
	pH	3,9	6,0	4,9	4,9	0,4	5,1	5,3
	Ca	0,1	6,8	0,1	0,4	1,0	0,1	3,3
	Al	0,1	3,6	1,0	1,2	0,8	1,7	2,3
	Al + H	1,7	23,9	6,3	8,4	5,5	10,1	17,1
	T	2,3	24,5	7,4	9,1	5,5	12,4	17,5
	MOS	5	92	20	25	16	31	49
Floresta Estacional Decidual Terra Firme n=18	argila	70	650	220	250	141	260	574
	areia	170	890	430	485	247	708	865
	P	1,5	46,9	3,1	5,7	10,3	4,3	10,0
	pH	4,7	6,1	5,6	5,4	0,4	5,7	6,0
	Ca	0,3	10,5	1,9	3,4	3,3	5,2	10,0
	Al	0,0	2,1	0,2	0,5	0,6	0,6	1,7
	Al + H	2,6	11,0	4,5	5,3	2,1	6,2	8,2
	T	4,1	16,6	9,4	10,1	3,2	11,9	15,8
	MOS	11	41	27	27	9	32	40
Floresta Estacional Semidecidual n=109	argila	60	800	490	458	166	600	650
	areia	20	940	360	364	182	460	560
	P	1,0	23,4	2,9	3,7	3,1	4,3	6,2
	pH	3,6	6,7	4,4	4,5	0,6	4,8	5,3
	Ca	0,1	12,1	0,1	0,8	2,07	0,4	1,8
	Al	0,0	4,4	0,2	1,5	0,9	2,0	2,6
	Al + H	1,7	26,7	13,7	13,0	5,0	16,2	19,1
	T	3,6	27,8	14,1	14,3	4,3	17,4	27,8
	MOS	11	80	43	42	12	50	58
Fl. Est. Semidecidual Ciliar n=33	argila	60	610	280	289	155	380	581
	areia	10	900	305	350	313	602	819
	P	1,5	13,1	4,0	5,1	3,0	7,2	8,8
	pH	4,0	6,2	5,3	5,3	0,5	5,6	5,8
	Ca	0,1	38,5	3,5	4,5	6,9	4,9	8,1
	Al	0,0	4,6	0,2	0,7	1,1	1,0	2,4
	Al + H	1,9	23,9	5,0	6,0	4,6	7,9	11,0
	T	3,1	42,2	11,4	12,2	6,9	13,3	19,0
	MOS	6	67	25	25	11	31	38
Fl. Est. Decidual Ciliar n=3	argila	200	380	210	263	101	380	380
	areia	440	670	520	543	117	670	670
	P	4,6	6,2	4,6	5,1	0,9	6,2	6,2
	pH	6,0	6,3	6,1	6,1	0,2	6,3	6,3
	Ca	5,1	14,6	5,6	8,4	5,3	14,5	14,5
	Al	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Al + H	2,1	2,6	2,6	2,4	0,3	2,6	2,6
	T	9,6	22,2	10,4	14,1	7,1	22,2	22,2
	MOS	24	38	36	32	8	38	38
Floresta Ombrófila n=14	argila	110	570	240	268	125	320	524
	areia	180	840	570	569	157	630	802
	P	2,3	11,9	7,2	7,2	3,0	10,4	11,9
	pH	3,6	5,1	4,1	4,1	0,4	4,4	4,9
	Ca	0,1	0,8	0,1	0,2	0,2	0,2	0,7
	Al	0,8	3,8	2,2	2,3	0,8	2,8	3,4
	Al + H	12,3	29,9	19,1	20,2	5,6	24,6	28,3
	T	12,6	30,2	25,7	20,1	5,7	25,7	29,2
	MOS	34	122	61	72	31	104	122

TEORES DE CA, AL, AL + H, T A pH 7 EM CMOL_c KG⁻¹; ARGILA, AREIA E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS, CALCULADO COMO CARBONO ORGÂNICO / 0,58)) EM G KG⁻¹. N: NÚMERO DE AMOSTRAS.

Os solos sob Campo Cerrado mostraram teores de matéria orgânica compatíveis com os reportados por Carvalho Filho et al. (2010) e maiores do que aqueles sob Cerradão e Cerrado *stricto sensu*. Isso pode ser explicado pela maior ocorrência de gramíneas em Campo Cerrado, resultando em grande biomassa radicular e resíduos recalcitrantes, apesar da baixa biomassa aérea, quando comparado ao Cerrado e Cerradão (Chapuis-Lardy et al., 2002), e maiores teores de argila. Entretanto, o Cerradão apresentou maiores teores de pH e Ca trocável, embora tenha mostrado os menores valores de matéria orgânica do solo e argila, o que sugere que esta fitofisionomia se estabelece preferencialmente nos solos mais férteis do bioma Cerrado, conforme o conceito de Cerradão Mesotrófico (Ratter et al., 2003). O Cerrado *stricto sensu* tendeu a ocorrer em solos com textura média, e cerca de 75 % mostraram P disponível até 3,8 mg kg⁻¹, Ca⁺² até 0,1 cmol_c kg⁻¹ e T até 12,4 cmol_c kg⁻¹. Esses valores estão em acordo com os obtidos por Lopes (1984) e Vendrame et al. (2010) para solos da região do Cerrado. Ainda segundo Lopes (1984), apesar da baixa fertilidade, os solos do bioma Cerrado tendem a apresentar teores médios de matéria orgânica, o que também foi verificado no presente estudo.

As formações Florestais Estacionais mostraram, em geral, maiores valores de pH, Ca, CTC e matéria orgânica em relação às fitofisionomias de Cerrado. Fragmentos preservados de Floresta Decidual de Terra Firme, também conhecida como mata seca, ocupavam cerca de 2.000.000 ha em 2007 (Scolforo, 2008). Solos sob esta formação apresentaram, em média, os mais altos valores de pH e Ca, provavelmente por causa do clima mais seco e de influências generalizadas de sedimentos calcários. Segundo Schaefer et al. (2009), muitas matas secas ocorrem sobre afloramentos de diferentes rochas, de modo que os solos são rasos e frequentemente apresentam alta fertilidade quando a rocha é calcária ou basáltica. As mesmas tendências foram verificadas sob Floresta Decidual Ciliar, que, no entanto, apresentou valores ainda maiores de pH e Ca, devido provavelmente ao fluxo subsuperficial lateral de água e solutos de partes superiores da

paisagem, ou deposição fluvial de sedimentos e nutrientes dissolvidos ou particulados.

As Florestas Estacionais Semidecíduais foram as mais alteradas pela ocupação humana em Minas Gerais (Oliveira-Filho & Fluminhan-Filho, 1999); seus fragmentos ocupavam cerca de 5.200.000 ha no ano de 2007 (Scolforo, 2008). No presente estudo, os solos sob essas florestas apresentaram maiores teores médios de argila do que sob qualquer outra das fitofisionomias amostradas, o que pode estar relacionado ao fato de terem apresentado os maiores teores médios de matéria orgânica, inferiores apenas aos sob Floresta Ombrófila. A semelhança do que ocorre com as Formações Decíduais, as Florestas Semidecíduais Ciliares apresentaram maiores valores de pH e Ca do que as Semidecíduais de Terra Firme.

Os fragmentos de Florestas Ombrófilas, com cerca de 224.000 ha (Scolforo, 2008), ocorrem comumente em maior altitude e sob alta precipitação pluvial média anual no sudeste de MG, o que pode favorecer o acúmulo de matéria orgânica quando os solos possuem textura média ou argilosa e suficiente biomassa vegetal (Dias et al., 2003). De fato, os teores de matéria orgânica do solo foram geralmente os mais altos observados na base de dados, atingindo valores médios de 72 g kg⁻¹. Em consequência, verificou-se expressiva acidificação do solo, conforme indicado pelos mais baixos valores de pH e mais altos de Al + H, observados também por Scheer et al. (2011) em solos sob Florestas Ombrófilas Altimontanas, no Paraná. Por sua vez, os teores de P disponível foram também mais altos do que sob outras formações vegetais.

A matéria orgânica tem papel importante na capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos tropicais (Lopes, 1984; Bayer & Mielniczuk, 2008). Buscou-se correlacionar a CTC a pH 7,0 (valor T) com o teor de matéria orgânica, na base de dados como um todo, sem sucesso. Contudo, após estratificação por fitofisionomia, foram obtidas equações de regressão linear, cujos parâmetros e coeficientes de determinação são apresentados no quadro 3. O parâmetro *a* (intercepto) foi menor sob Cerrado

Quadro 3. Parâmetros de equações de regressão do tipo T=a+b(MOS) obtidas para as diferentes fitofisionomias em Minas Gerais

Fitofisionomias	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²
Campo Cerrado (n=15)	4,539	1,252	0,28*
Cerradão (n=18)	3,573	1,609	0,50**
Cerrado (n=126)	2,044	2,836	0,68***
Floresta Estacional Decidual Terra Firme (n=18)	5,804	1,574	0,17n.s.
Floresta Estacional Semidecidual (n=109)	3,979	2,474	0,50***
Floresta Semidecidual Ciliar (33)	2,287	3,900	0,41***
Floresta Ombrófila (n=14)	10,896	1,362	0,56**

T: Capacidade de troca catiônica a pH 7, MOS: matéria orgânica do solo. * significativo para p < 0,05; ** significativo para p < 0,01; *** significativo para p < 0,001.

(2,04 cmol_c kg⁻¹), enquanto sob Floresta Decidual atingiu 5,8 cmol_c kg⁻¹, refletindo os altos valores de bases trocáveis nos solos sob esta fitofisionomia. Contudo, não houve correlação entre T e teor de matéria orgânica sob Floresta Decidual, o que indica pouco efeito da matéria orgânica na retenção de cátions, que, portanto, se deve essencialmente à fração mineral nesses solos menos intemperizados e lixiviados, sob regime hídrico mais seco. Por outro lado, o contrário ocorreu sob outras formações, onde a matéria orgânica efetivamente responde por grande parte da capacidade de troca e fertilidade do solo, com R² variando entre 0,28 e 0,68.

Bacias Hidrográficas

A base de dados também foi estratificada por bacias hidrográficas (Quadro 4). O maior número de amostras está na bacia do São Francisco (177) e compreende especialmente Cerrado *stricto sensu*, enquanto a bacia Piracicaba/Jaguari abrange apenas três parcelas de Floresta Ombrófila. Em termos de diversidade de ambientes, observou-se que a bacia do Jequitinhonha inclui parcelas de Campo Cerrado, Cerrado *stricto sensu*, Floresta Semidecidual e Decidual em proporções similares, enquanto a do Rio Doce possui apenas Floresta Semidecidual.

Embora os resultados em boa parte reflitam as tendências relacionadas às fitofisionomias

dominantes, a estratificação por bacia hidrográfica permitiu em certa medida agrupar afinidades litológicas e pedológicas gerais. No quadro 4 são listados os principais indicadores da fertilidade e textura do solo nessas bacias. Nas bacias dos rios Pardo e São Francisco predominaram solos arenosos, refletindo sua origem sedimentar psamítica (COMIG, 2003), o que resultou em baixos valores de T e matéria orgânica. Em contrapartida, os solos das bacias dos rios Jequitinhonha, São Mateus e Mucuri foram predominantemente argilosos. Em termos de acidez, destacaram-se os baixos valores de pH dos solos das bacias dos rios Doce, Paraíba do Sul, São Mateus, Mucuri e Piracicaba, provavelmente em consequência de um clima mais úmido, resultando geralmente em maiores teores de Al e Al + H. Excetuando-se os teores extremamente altos de matéria orgânica (> 100 g kg⁻¹) da bacia dos rios Jaguari/Piracicaba, os maiores valores médios ocorreram na bacia do Paraíba do Sul (55,9 g kg⁻¹), seguida pelas bacias dos rios Doce, Grande e Jequitinhonha, com valores similares (cerca de 40 g kg⁻¹). Os teores de P disponível foram geralmente baixos e pouco relacionados com textura e outras propriedades, refletindo não somente a pobreza do material de origem e, ou, a elevada fixação pelo solo, mas também, provavelmente, as diferentes capacidades de absorção e ciclagem desse nutriente pelas fitofisionomias dominantes.

Quadro 4. Propriedades químicas e textura de solos sob vegetação nativa por bacias hidrográficas, em Minas Gerais

Bacias hidrográficas	Propriedade	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio-padrão	Quartil 0,75	Percentil 0,90
São Francisco n=177	argila	40	840	260	315	222	480	656
	areia	10	960	510	495	334	825	910
	P	0,7	46,9	2,9	3,9	4,1	4,6	6,2
	pH	3,6	6,3	5,0	5,0	0,5	5,3	5,7
	Ca	0,1	38,5	0,1	1,6	3,8	1,7	4,9
	Al	0,0	4,6	0,9	1,0	0,8	1,5	2,1
	Al + H	1,7	23,9	5,6	7,0	4,3	9,8	13,7
	T	2,3	42,2	8,9	9,4	5,2	12,8	15,6
	MOS	5,4	67,2	22,3	23,6	11,6	28,7	38,7
Jequitinhonha n=45	argila	80	830	580	523	207	685	748
	areia	50	920	280	295	159	400	446
	P	1,2	5,8	3,1	3,2	1,2	4,2	4,7
	pH	4,1	5,6	4,5	4,7	0,5	4,8	5,5
	Ca	0,1	5,1	0,1	0,5	1,0	0,2	1,9
	Al	0,1	2,9	1,8	1,7	0,9	2,4	2,8
	Al + H	4,0	23,9	13,7	13,7	6,2	19,1	21,4
	T	5,3	24,5	14,2	14,8	5,4	19,5	21,8
	MOS	24,8	92,0	39,9	44,0	15,5	52,6	61,5
Rio Grande n=35	argila	110	670	295	343	168	497	630
	areia	130	840	425	442	208	560	831
	P	1,5	16,3	3,7	5,1	3,7	6,8	12,0
	pH	3,6	6,7	4,5	4,7	0,7	5,0	5,6
	Ca	0,1	12,1	0,2	1,0	2,2	0,8	2,7
	Al	0,0	4,4	1,3	1,5	1,0	1,9	2,9
	Al + H	1,7	29,9	12,3	13,7	6,7	19,1	23,5
	T	6,5	30,2	14,3	15,5	5,7	19,4	24,0
	MOS	15,2	121,9	46,0	47,1	20,4	59,6	65,3

Continua...

Quadro 4. Continuação

Bacias hidrográficas	Propriedade	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio-padrão	Quartil 0,75	Percentil 0,90
Paranaíba n=36	argila	120	800	440	382	227	605	692
	areia	20	850	450	477	316	790	846
	P	0,7	5,8	2,4	2,8	1,5	4,3	5,1
	pH	4,3	5,6	5,0	5,0	0,3	5,2	5,4
	Ca	0,1	9,5	0,1	1,0	2,2	0,5	4,2
	Al	0,0	2,1	0,7	0,8	0,5	1,1	1,5
	Al + H	3,6	15,3	6,7	7,4	3,0	9,8	11,8
	T	4,6	16,6	8,2	9,0	3,2	10,6	14,7
	MOS	15,2	59,6	28,7	30,0	13,1	38,4	48,0
Rio Doce n=18	argila	120	640	380	402	139	510	608
	areia	230	770	510	476	133	535	714
	P	1,0	3,7	2,6	2,5	0,7	2,9	3,5
	pH	3,6	5,0	4,2	4,2	0,4	4,4	4,9
	Ca	0,1	1,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,7
	Al	0,8	2,1	1,3	1,3	0,4	1,6	2,0
	Al + H	7,0	21,4	13,7	13,9	3,5	17,1	17,6
	T	7,3	21,8	14,0	14,4	3,3	17,4	17,9
	MOS	21,1	63,4	45,2	45,6	9,9	54,3	56,7
Pardo n=7	argila	90	620	175	267	207	462	620
	areia	290	840	765	633	260	832	840
	P	1,0	3,1	1,8	2,0	0,8	2,9	3,1
	pH	3,9	5,1	4,8	4,6	0,5	5,1	5,1
	Ca	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,4	0,4
	Al	0,7	1,8	0,9	1,2	0,5	1,7	1,8
	Al + H	3,6	19,1	5,6	9,4	6,4	15,3	19,1
	T	3,9	20,0	5,9	9,9	6,7	16,1	20,1
	MOS	11,8	56,0	24,8	28,6	15,5	41,4	56,0
Paraíba do Sul n=6	argila	110	540	430	372	166	500	540
	areia	290	840	430	510	209	705	840
	P	3,4	11,1	5,6	6,3	3,0	9,2	11,1
	pH	3,7	4,2	3,9	3,9	0,2	4,0	4,2
	Ca	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
	Al	1,8	3,1	2,6	2,5	0,6	3,0	3,1
	Al + H	15,3	26,7	19,1	20,2	4,3	24,6	26,7
	T	15,6	27,0	19,8	20,6	4,3	24,9	27,0
	MOS	38,4	94,6	51,0	55,9	20,2	65,6	94,6
Mucuri n=6	argila	500	600	570	567	370	600	600
	areia	320	440	340	355	44	380	440
	P	1,2	4,0	3,0	2,9	1,1	3,8	3,9
	pH	3,6	4,4	3,8	3,9	0,3	4,2	4,4
	Ca	0,1	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
	Al	1,8	2,5	2,2	2,1	0,3	2,4	2,5
	Al + H	12,3	19,1	17,1	16,1	2,6	17,6	19,1
	T	12,8	19,4	17,4	16,5	2,5	18,3	19,4
	MOS	24,8	46,0	35,5	35,1	8,6	43,7	46,0
São Mateus n=3	argila	430	520	510	487	49,3	520	520
	areia	390	520	420	443	68	520	520
	P	1,8	4,3	1,8	2,6	1,5	4,3	4,3
	pH	4,2	4,5	4,4	4,4	0,2	4,5	4,5
	Ca	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
	Al	1,6	2,4	2,1	2,0	0,4	2,4	2,4
	Al + H	12,3	17,1	15,3	14,9	2,5	17,1	17,1
	T	12,6	17,4	15,6	15,2	2,4	17,4	17,4
	MOS	30,0	47,6	30,0	35,9	10,2	47,6	47,6
Piracicaba/Jaguari n=3 (n=1 para textura)	argila	-	-	-	130	-	-	-
	areia	-	-	-	622	-	-	-
	P	10,3	11,9	10,7	11,0	0,8	11,9	11,9
	pH	4,2	4,4	4,2	4,3	0,1	4,4	4,4
	Ca	0,3	0,8	0,7	0,6	0,3	0,8	0,8
	Al	1,9	2,9	2,2	2,3	0,5	2,9	2,9
	Al + H	21,4	26,7	23,9	24,0	2,7	26,7	26,7
	T	22,1	28,1	25,2	25,1	3,0	28,1	28,1
	MOS	102,8	121,9	108,8	111,2	9,8	121,9	121,9

Teores de Ca, Al, Al + H, CTC a pH 7 em cmol_c kg⁻¹; argila, areia e matéria orgânica do solo (MO, calculado como carbono orgânico/0,58) em g kg⁻¹.

Variabilidade Espacial

O estudo da variabilidade espacial em Ciência do Solo tem tornado-se comum nos últimos anos. Por exemplo, mapas de estoques de COS foram confeccionados para áreas de até 50.000 ha (Ryan et al., 2000), embora iniciativas mais abrangentes incluam mapas de estoques de COS do Brasil como um todo (Bernoux et al., 2002). Minasny et al. (2006) empregaram funções de pedotransferência e sensoriamento remoto para elaborar mapas de estoques de COS na Austrália em escala 1:500.000. Contudo, nenhum desses trabalhos utilizou as técnicas geoestatísticas de semivariograma e krigagem para os mapeamentos, provavelmente devido ao grande número de amostras requerido ou outras restrições. Entretanto, quando essas técnicas são utilizadas, sua viabilidade ou aplicação é usualmente voltada a áreas experimentais ou fazendas com poucos hectares, resultando em mapas de escala muito grande (Guedes Filho et al., 2010; Zanão Júnior et al., 2010), aplicabilidade local e extrapolação restrita.

A base de dados utilizada no presente trabalho possui a vantagem da grande amplitude de distâncias entre unidades amostrais, variando

entre centenas de metros (parcelas dentro de um fragmento florestal) a centenas de quilômetros (entre fragmentos distantes). Essa configuração permitiu estudar a variabilidade espacial em escalas que variam do local ao regional. Na figura 1 são apresentados os semivariogramas para as quatro propriedades selecionadas do solo, e o quadro 5 mostra seus respectivos parâmetros. Os semivariogramas para teores de COS e argila, ajustados por modelos esféricos, mostraram que essas variáveis apresentam dependência espacial até distâncias (alcances A) de 562 e 307 km, respectivamente. Por sua vez, o semivariograma da variável pH, ajustado por modelo exponencial, mostra alcance muito maior (1.071 km), indicando extensa região de dependência espacial. Segundo critérios de Cambardella et al. (1994), para as três propriedades mencionadas, ocorreu moderado grau de dependência espacial (C1/(C0+C1), entre 25 e 75 %, embora essa dependência deva ser interpretada na escala estadual ou regional. Finalmente, a variável T (CTC a pH 7,0) mostrou efeito pepita (C0) puro, ou seja, a dependência espacial é tão forte que impossibilita a sua detecção mesmo para as menores distâncias entre as parcelas analisadas. Assim, algumas das propriedades

Quadro 5. Parâmetros obtidos para os semivariogramas de propriedades do solo da figura 1

Propriedade ⁽¹⁾	Modelo	C0 ⁽²⁾	C0+C1 ⁽³⁾	C1/(C0+C1) ⁽⁴⁾	A (m) ⁽⁵⁾	R ²	SQR ⁽⁶⁾
COS	esférico	32,3	116,2	72,2	562.000	0,939	659
Teor de argila	esférico	16400	54480,0	69,9	307.000	0,893	2,29 x10 ⁸
pH	exponencial	0,131	0,427	69,2	1071.000	0,934	4,69 x10 ⁻³
T	linear	536	536	100	522.659	0,00	756.063

⁽¹⁾ COS e teor de argila = g kg⁻¹; T = cmol_c kg⁻¹ a pH 7. ⁽²⁾ C0: efeito pepita. ⁽³⁾ C0+C1: patamar. ⁽⁴⁾ Grau de dependência espacial (%). ⁽⁵⁾ A: alcance. ⁽⁶⁾ SQR: soma de quadrados de resíduos.

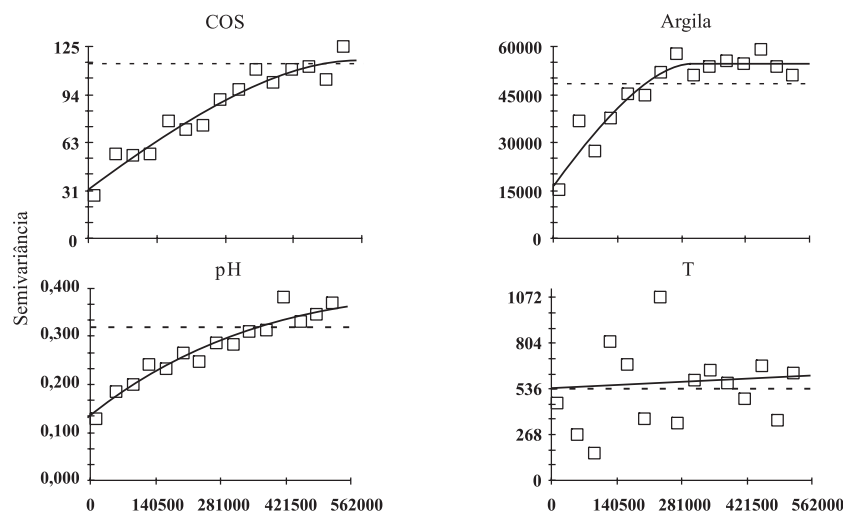


Figura 1. Semivariogramas para propriedades do solo: carbono orgânico do solo (COS), teor de argila, pH e T.

analisadas (COS, argila e pH) apresentaram grande potencial para mapeamento por krigagem, enquanto outras (T) podem não ser mapeáveis por técnicas geoestatísticas em escala menor do que a local.

A figura 2 mostra os mapas obtidos por krigagem ordinária, que foi o modelo mais robusto obtido para modelar valores de COS, argila e pH. Uma vez que o semivariograma da variável T mostrou efeito pepita

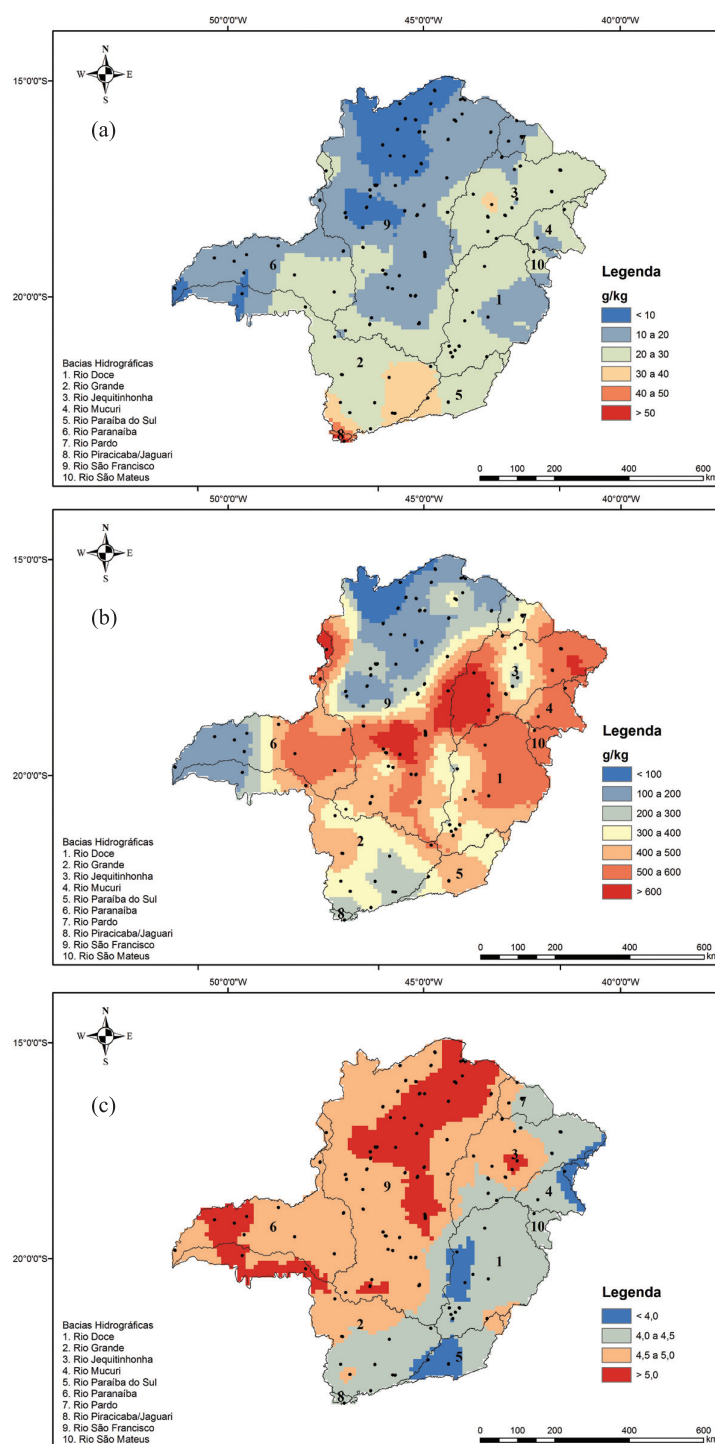


Figura 2. Mapas de krigagem para: (a) concentração (g kg⁻¹) de carbono orgânico do solo (COS); (b) teor de argila; e (c) pH, em solos sob vegetação nativa em Minas Gerais. Pontos representam os locais de amostragem dentro dos fragmentos.

puro na escala empregada, não foi possível a elaboração da krigagem para essa variável. Os menores teores de COS foram observados nas áreas oeste e centro-norte, enquanto valores médios ocorreram nas faixas leste e central, e os valores mais altos, no extremo sul (Figura 2a). Isso é, em parte, explicado pelos baixos teores de argila nas áreas oeste e centro-norte e médios na maioria das faixas leste e centro-sul (Figura 2b); no extremo sul, as precipitações são mais elevadas e as temperaturas mais baixas, o que ajuda a explicar os resultados obtidos. Os valores de pH tenderam a ser maiores no oeste e, sobretudo, no norte, especificamente nas bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha, bem como no Triângulo Mineiro, enquanto os menores valores

ocorreram no extremo leste, nas bacias do Paraíba do Sul, Doce e Mucuri (Figura 2c). A figura 3 apresenta as nuvens de pontos observados vs. estimados da validação cruzada das krigagens, e o quadro 6 mostra seus respectivos parâmetros matemáticos. Observou-se, para os modelos de krigagem, que, apesar de alguns pontos extremos ficarem distantes da linha de tendência, esta concentrou a maioria dos pontos plotados, sugerindo a adequação em explicar os valores mais baixos e mais altos da distribuição. O coeficiente de determinação para o teor de argila (0,680) foi superior aos obtidos para o teor de COS e o pH (0,647 e 0,531, respectivamente), em parte devido à sua melhor distribuição ao longo da amplitude de valores, embora estes estejam relativamente mais

Quadro 6. Parâmetros de validação cruzada de krigagens (valor observado x valor estimado) para carbono orgânico do solo (COS), teor de argila e pH da figura 3

Propriedade	Intercepto	Declive	Erro-padrão do declive	R ²	Erro-padrão de predição
COS	-0,93	1,057	0,045	0,630	6,489
Teor de argila	-31,82	1,095	0,043	0,680	124,205
pH	-0,17	1,033	0,053	0,531	0,387

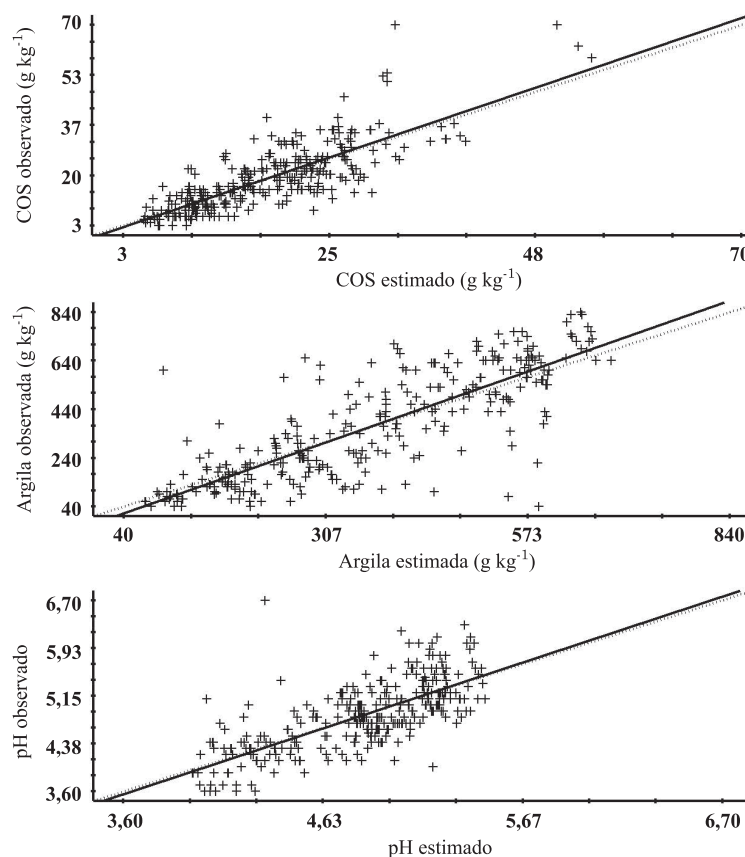


Figura 3. Equações de validação de krigagens para carbono orgânico do solo (COS), teor de argila e pH.

dispersos em relação à linha do modelo. No entanto, todos os valores obtidos foram adequados ao grande número de observações utilizadas e à escala regional almejada. Dessa forma, a krigagem ordinária mostrou-se uma ferramenta válida para elaboração de mapas de algumas propriedades do solo, em escala regional, se forem utilizadas densidades e distribuição de amostragens similares às empregadas no Inventário Florestal de Minas Gerais.

CONCLUSÕES

1. Apesar da grande variabilidade espacial observada nas diversas propriedades do solo, foram verificados padrões para as diferentes fisionomias vegetais e bacias hidrográficas, indicando a complexa inter-relação entre a pedogênese e a distribuição biogeográfica.

2. A influência da matéria orgânica na CTC a pH 7,0 variou entre as diferentes formações vegetais, sendo irrelevante para as Florestas Deciduais, devido a seus valores tipicamente mais altos de bases trocáveis.

3. A análise da variabilidade espacial mostrou ser possível construir mapas regionais de distribuição quantitativa de pH e teores de COS e argila por krigagem, mas não de CTC a pH 7,0, em solos sob vegetação nativa.

4. Os dados apresentados oferecem potencial para uso como referência do padrão de fertilidade natural dos solos do Estado de Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de doutorado à primeira autora. À Fapemig, pelo apoio financeiro. Ao Professor Ednaldo Carvalho Guimarães, Universidade Federal de Uberlândia, pelo apoio nas análises geoestatísticas. Ao Engenheiro-Agrônomo Walbert Santos, pelo auxílio na confecção dos mapas.

LITERATURA CITADA

- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.
- BENEDETTI, M.M.; SPAROVEK, G.; COOPER, M.; CURI, N. & CARVALHO FILHO, A. Representatividade e potencial de utilização de um banco de dados de solos do Brasil. R. Bras. Ci. Solo, 32:2591-2600, 2008.
- BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. Brazil's soil carbon stocks. Soil Sci. Soc. Am. J., 66:888-896, 2002.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. & KONOPKA, A.E. Fieldscale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & RAIJ, B.van. Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A., eds. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. p.173-180.
- CARVALHO FILHO, A.; CURI, N. & SHINZATO, E. Relações solo-paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. Pesq. Agropec. Bras., 45:903-916, 2010.
- CARVALHO, L.M.T. & SCOLFORO, J.R.S., org. Inventário Florestal de Minas Gerais - Monitoramento da Flora Nativa 2005-2007. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2008. v. 1. 357p.
- CHAPUIS-LARDY L.C.; BROSSARD M.; ASSAD, M.L.L. & LAURENT, J.Y. Carbon and phosphorus stocks of clayey Ferralsols in native Cerrado and agroecosystems, Brazil. Agric. Ecosys. Environ., 92:147-158, 2002.
- COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS – COMIG. Mapa geológico do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003.
- DIAS, H.C.T.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; OLIVEIRA, A.P.; MICHEL, R.F.M. & LEMOS JR., J.B. Caracterização de solos altimontanos em dois transectos no Parque Estadual do Ibitipoca (MG). R. Bras. Ci. Solo, 27:469-481, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FURLEY, P.A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. Global Ecol. Biogeog., 8:223-224, 1999.
- GUEDES FILHO, O.; VIEIRA, S.R.; CHIBA, M.K.; NAGUMO, C.H. & DECHEN, S.C.F. Spatial and temporal variability of crop yield and some Rhodic Hapludox properties under no-tillage. R. Bras. Ci. Solo, 34:1-14, 2010.
- LOPES, A.S. Solos sob cerrado – Características, propriedades e manejo. 2.ed. Piracicaba, Potafós, 1984. 162p.
- MINASNY, B.; McBRATNEY, A.B.; MENDONÇA-SANTOS, M.L.; ODEH, I.O.A. & GUYON, B. Prediction and digital mapping of soil carbon storage in the Lower Namoi Valley. Austr. J. Soil Res., 44:233-244, 2006.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito. Cerne, 5:51-64, 1999.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A. & GAVILANES, M.L.J. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. Trop. Ecol., 10:483-508, 1994.

- RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S. & RIBEIRO, J.F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *J. Bot.*, 60:57-109, 2003.
- ROBERTSON, G.P. *GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's Guide*. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.
- RYAN, P.J.; MCKENZIE, N.J.; O'CONNELL, D.; LOUGHHEAD, A.N.; LEPPERT, P.M.; JACQUIER, D. & ASHTON, L. Integrating forest soils information across scales: spatial prediction of soil properties under Australian forests. *For. Ecol. Manag.*, 138:139-157, 2000.
- SAS Institute. *JMP: Statistics and Graphics Guide*, Version 5.1. SAS Inc.. Cary, 2003. 593p.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; MENDONÇA, B.A.F.; FERREIRA JÚNIOR, W.G.; VALENTE, E.L. & CORRÊA, G.R. Relações solo-paisagem em alguns ambientes brasileiros: Fatores edáficos e florística. In: MARTINS, S.V., ed. *Ecologia de florestas tropicais do Brasil*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2009. p.143-184.
- SCHEER, M.B.; CURCIO, G.R. & RODERJAN, C.V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:1113-1126, 2011.
- SCOLFORO, J.R.S. Características e produção das fisionomias do Cerrado em Minas Gerais. In: FALEIRO, F.G. & FARIAS NETO, A.L., eds. *Savanas: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2008. p.505-610.
- VENDRAME, P.R.S.; BRITO, O.R.; GUIMARÃES, M.F.; MARTINS, E.S. & BECQUER, T. Fertility and acidity status of Latossolos (oxisols) under pasture in the Brazilian Cerrado. *An. Acad. Bras. Ci.*, 82:1085-1094, 2010.
- ZANÃO JÚNIOR, L.A.; LANA, R.M.Q.; GUIMARÃES, E.C. & PEREIRA, J.M.A. Variabilidade espacial dos teores de macronutrientes em Latossolos sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:389-400, 2010.