



XXXIII

Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

RESISTÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA DE DOIS LATOSSOLOS À TERMODEGRADAÇÃO AVALIADA POR MEIO DO AQUECIMENTO CONTROLADO EM FORNO DE MUFLA

Carlos Eduardo Pacheco Lima⁽¹⁾; Maurício Paulo Ferreira Fontes⁽²⁾; Ítalo Moraes Rocha Guedes⁽¹⁾; Júlio César Lima Neves⁽²⁾; João Carlos Ker⁽²⁾; Raphael Bragança Alves Fernandes⁽²⁾

⁽¹⁾ Pesquisador; Embrapa Hortaliças; Rodovia Brasília/Anápolis, BR 060, km 09, CEP 70359-970, Caixa Postal 218, Gama – DF; (carlos.pacheco@cnph.embrapa.br); ⁽²⁾ Professor; Departamento de Solos; Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, s.n., Centro, CEP 36570-000, Viçosa – MG.

Resumo – Os ecossistemas terrestres representam um importante componente do ciclo do carbono. Nesse sentido, eles podem ser considerados como drenos de carbono atmosférico, desde que bem manejados. A avaliação da termodegradação da matéria orgânica dos solos pode fornecer importantes informações sobre sua estabilidade, aplicáveis quando do tratamento de questões relacionadas à mitigação e/ou adaptação às mudanças climáticas globais. O objetivo desse trabalho foi avaliar a resistência à termodegradação dos horizontes A e B de dois latossolos do estado de Minas Gerais, obtidas por meio do aquecimento controlado em forno de mufla. Alíquotas de 10 g de TFSA foram colocadas em cadinho de porcelana e levadas ao forno de mufla para aquecimento a 100, 200, 300, 400 e 500 °C. O experimento foi realizado em blocos inteiramente casualizados, em triplicata. Os teores de carbono orgânico foram posteriormente quantificados por via úmida (Yeomans & Bremner, 1988). Os dados foram então ajustados por meio de regressões sigmoidais e os parâmetros ajustados por elas (temperatura do ponto de inflexão da curva e da declividade da feição retilínea da curva S) foram então determinados. Os resultados mostraram que o latossolo gibbsítico apresentou termodegradação da matéria orgânica em temperatura mais alta do que o caulinitico, indicando maior proteção a ela conferida provavelmente pelos óxidos. Esses resultados ressaltam a grande importância da fração oxídica dos solos, bem como das características por ela conferida (estrutura granular, por exemplo), como “protetores” da matéria orgânica.

Palavras-Chave: matéria orgânica do solo; termodegradação; mineralogia oxídica.

INTRODUÇÃO

A estabilidade vivida pelo planeta Terra nos últimos 10000 anos (Holoceno) vem sendo fortemente ameaçada após a revolução industrial, século XIX. Alguns autores, como Rockstrom et al. (2009) têm chamado esse período, pós-revolução, de Antropoceno. O próprio nome já carrega em si a principal característica dele, as ações humanas como as

principais modificadoras dos processos naturais. Esses mesmos autores estabeleceram limites de importantes processos mantenedores da vida humana na Terra e concluíram que três deles já foram ultrapassados, perda de biodiversidade, interferências no ciclo do nitrogênio e concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa, esse último intimamente ligado às mudanças climáticas globais.

Em se tratando das questões relacionadas às mudanças climáticas, muito tem sido discutido em relação às possibilidades de mitigação delas e/ou adaptação às novas condições por elas proporcionadas. O fato de os solos do planeta representarem o terceiro maior compartimento de carbono, com totais estimados a 1 m de profundidade que representam cerca de duas vezes o C-atmosférico e três vezes o C-biota (Lal, 2001), os credencia à ocupar um importante papel quando se trata dos referidos temas. Para tal, entretanto, é importante o acúmulo prévio de conhecimento sobre a dinâmica de sua matéria orgânica, bem como dos processos a ela ligados. Objetivando tais conhecimentos, diversas tem sido as técnicas utilizadas. Plante et al. (2009), por exemplo, citam a possibilidade de utilização de técnicas termais em amostras de solos, sem prévio tratamento, como importante alternativa para que melhor entendimento sobre as interações organominerais seja conseguido.

Guedes (2008) avaliou, por meio de ensaios de termodegradação em mufla, a resistência à degradação de solos encontrados em ambientes altimontanos. Os dados por ele obtidos mostraram que os teores de carbono orgânico (C-org.) decrescem, à medida que a temperatura aumenta, na forma de uma curva em S, típica das regressões sigmoidais. Ele também encontrou evidências de que a resistência à termodegradação foi influenciada pela recalctrância da matéria orgânica (teores e proporções das frações húmicas, teores de carbono pirogênico, entre outros) e pelas interações organominerais. Porém, o próprio autor ressalta que o trabalho não esgota o tema e que é preciso avançar em seu entendimento.

Por tudo exposto acima, o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a resistência à termodegradação de dois latossolos do estado de Minas Gerais, mineralogicamente distintos, por meio de experimentos de termodegradação em forno de mufla.

MATERIAL E MÉTODOS

Para condução desse trabalho foram utilizadas amostras dos horizontes A e B de um Latossolo Amarelo Ácrico típico e de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico. A vegetação natural do primeiro solo era característica do bioma cerrado, enquanto a do segundo era característica do bioma Mata Atlântica. Ambos os solos estavam atualmente sob pastagens em bom estado de conservação.

As amostras, após coletadas, foram armazenadas em sacos plásticos e levadas até o DPS-UFV, onde foram secas ao ar e depois destorroadas até que todo o material passasse em peneira com malha de 2 mm. A então obtida terra fina seca ao ar (TFSA) foi caracterizada química, física e mineralogicamente. Outras alíquotas foram reservadas para condução dos experimentos de termodegradação.

Caracterização química, física e mineralógica

O pH em água e em KCl; os teores de Ca, Mg, Al, P e K; a acidez potencial (H+Al); além dos teores de óxidos de Fe, Al, Ti e Mn pelo ataque sulfúrico foram determinados como dispostos em Embrapa (1997). A análise granulométrica foi efetuada segundo Embrapa (1997) com modificações propostas por Ruiz (2007). Os teores C-org. foram determinados segundo Yeomans & Bremner (1988).

Procurou-se ainda caracterizar qualitativamente a mineralogia dos solos em questão. Para tal, foi efetuada a difratometria de raios X da fração argila natural e argila desferrificada, essa última tratada com: Mg-Glicerol; KCl à temperatura ambiente, 350 °C e 550 °C. Visando a quantificação de parte da mineralogia das amostras avaliadas, também foram determinados os teores de caulinita e gibbsita por meio da análise termogravimétrica.

Além de todas as determinações anteriormente citadas, ainda foram obtidos os teores de óxidos de ferro por reação com o ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Fe_d) (Mehra & Jackson, 1960) e os teores de óxidos de baixa cristalinidade (Fe_o) por reação com oxalato de amônio (McKeague & Day, 1966).

Foi ainda realizado o fracionamento da matéria orgânica dos solos nas frações humina, ácido húmico e fúlvico, segundo método proposto por Swift (1996) e adaptado por Mendonça & Matos (2005).

Termodegradação de matéria orgânica

Alíquotas de 10 g de TFSA foram transferidas para cadinhos de porcelana e então levadas ao forno de mufla. Cada cadinho contendo a amostra original de TFSA foi submetida às temperaturas de 100, 200, 300, 400 e 500 °C por duas horas. Os cadinhos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em triplicata.

Procedeu-se então a determinação dos teores de C-org. por via úmida, segundo Yeomans & Bremner (1988), de cada amostra submetida à termodegradação.

Ajuste da regressão sigmoidal

Os dados obtidos, referentes aos teores de C-org., foram confrontados com a temperatura de termodegradação e então ajustados, utilizando o SigmaPlot 10.0, ao modelo de regressão sigmoidal com

três parâmetros. O ajuste desses modelos permitiu a obtenção dos parâmetros declividade da feição retilínea da curva (D) e temperatura do ponto de inflexão da curva (T).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo das principais características química, física e mineralógicas dos solos é encontrado nas tabelas 1, 2, 3 e 4.

Na literatura observa-se que fatores como teores de óxidos, estrutura granular, presença de cátions divalentes e trivalentes (Ca²⁺ e Al³⁺) formando complexos estáveis, presença de frações mais complexas da matéria orgânica (moléculas grandes contendo material lignificado, grupos fenólicos, etc), entre outros, são frequentemente citados como estabilizadores da matéria orgânica dos solos (Stevenson, 1994; Stevenson & Cole, 1999). Ao se analisar essas variáveis, por meio da caracterização dos solos realizada, é possível observar que as mais expressivas diferenças existentes estão nos teores de C-org. e das frações humina do horizonte A do Latossolo Húmico, quando comparados aos do horizonte A do Latossolo Ácrico, assim como dos teores de óxidos, especialmente gibbsita, e da composição granulométrica de ambos os horizontes.

Os dados obtidos por meio do ensaio de termodegradação em mufla se ajustaram bem aos modelos de regressão sigmoidal (tabela 5 e figura 1). A forma das curvas obtidas, porém, apresentou ligeiras diferenças em relação àquelas obtidas por Guedes (2008). A principal delas foi a existência, nos solos termodegradados por esse autor, de um primeiro patamar muito bem definido, com inclinação muito baixa, não tão claramente observado no presente trabalho. Uma possível explicação para esse fato pode estar ligada às diferenças entre os solos avaliados, uma vez que o referido autor trabalhou com solos possuidores de maiores teores de matéria orgânica e, de maneira geral, menos intemperizados quando comparados aos solos nesse trabalho utilizados.

Os parâmetros obtidos pelo ajuste da regressão, temperatura do ponto de inflexão (PI) e declividade da feição retilínea da curva S (D) podem ser observados na tabela 5. É bem provável que esses parâmetros estejam ligados à resistência da matéria orgânica à termodegradação.

Nesse sentido, hipotetiza-se que curvas que apresentem maior PI são referentes a solos cuja matéria orgânica é mais resistente ou está mais “protegida”. Dos dois solos avaliados, o latossolo gibbsítico foi o que apresentou maiores valores de PI, nos horizontes A e B, indicando uma tendência de maior resistência da matéria orgânica à termodegradação. Essa possível maior resistência pode estar relacionada à proteção química e/ou física conferida pela gibbsita, bem como com a influência da fração oxidica na gênese de matéria orgânica mais recalcitrante. Outra hipótese plausível é a presença de matéria orgânica mais recalcitrante, possivelmente carbonizada, uma vez que a vegetação original do referido solo, cerrado, apresenta como uma das principais características a evolução em ambiente altamente susceptível à ocorrência de incêndios.

Com relação à inclinação D, foi constatado maior valor em módulo do horizonte A do Latossolo húmico, muito embora um padrão de comportamento para os quatro

horizontes avaliados não seja claro. O sinal negativo indica que os teores de carbono orgânico decrescem à medida que a temperatura se eleva. Essa maior inclinação provavelmente representa uma queda mais brusca dos teores de C-org. à medida que maiores valores de temperatura são registrados (maior taxa de perda de C-org.). É possível, portanto, que os maiores teores de C-org. desse horizonte não representem, necessariamente, presença de matéria orgânica recalcitrante.

Parece claro que os resultados do presente trabalho, bem como aqueles encontrados por Guedes (2008), apontam para as análises térmicas como importantes alternativas para que a estabilidade da matéria orgânica do solo em amostras sem prévio tratamento seja avaliada. Essas colocações são concordantes com as de Plante et al. (2009) e se tornam ainda mais importantes num momento em que se discute o papel dos solos como componente ativo dos processos ligados às mudanças climáticas globais, seja como emissores de gases de efeito estufa ou como mitigadores das elevadas concentrações atmosféricas deles.

CONCLUSÕES

1. Os dados obtidos no experimento de termodegradação se ajustam bem ao modelo sigmoidal com três parâmetros.
2. A matéria orgânica do Latossolo Amarelo Ácrico típico tende a ser mais resistente à termodegradação do que a do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico.
3. A tendência a qual o item 2 se refere é evidenciada, principalmente, pelos maiores valores de PI registrados para o solo em questão.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- Guedes, I. M. R. Geoambientes, estoques de carbono e termodegradação da matéria orgânica de solos da área de proteção ambiental estadual Cachoeira das Andorinhas, Ouro Preto, Minas Gerais. Viçosa: UFV, 2008. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa. 75 p.
- Lal, R. World cropland soils as source or sink for atmospheric carbon. *Advances in Agronomy*, 71, 145–191, 2001.

- McKeague, J. A., Day, J. H. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soil. *Canadian Journal of Soil Science*, 46, 13-22, 1966.
- Mehra, J. P., Jackson, M. L. Iron oxides removal from soils and clays by a Dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*, 7, 317-327, 1960.
- Mendonça, E. S., Matos, E. S. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. 1 ed. Viçosa, 2005, 77 p.
- Plante, A. F., Fernández, J. M., Leifeld, J. Application of thermal analysis techniques in soil science. *Geoderma*, 153, 1 - 10, 2009.
- Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sorlin, S., Snyder, P. K., Constanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472-475, 2009.
- Ruiz, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (Silte + Argila). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29, 297-300, 2005.
- Stevenson, F. J. Humus chemistry. New York: John Wiley & Sons, 1994. 443p.
- Stevenson, F. J., Cole, M. A. Cycles of soil. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1999. 427p.
- Yeomans, J. C., Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 19, 1467-1476, 1988.

ANEXOS

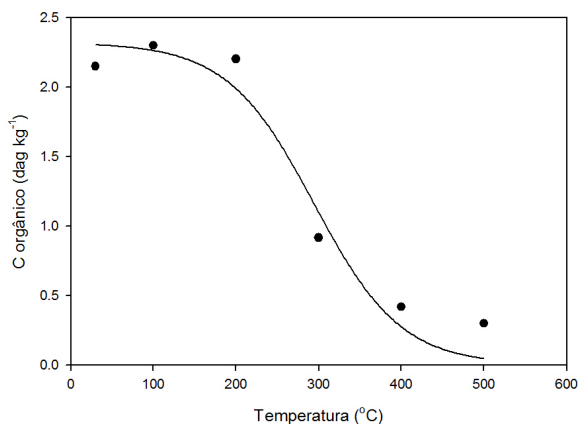


Figura 1 – Exemplo de ajuste de regressão sigmoidal com três parâmetros à perda de C orgânico em função da temperatura. Ajuste para o horizonte A de um Latossolo Amarelo Ácrico típico.

Tabela 1 – Classificação, material de origem e resumo das características físicas dos solos avaliados.

Classificação	Material de origem	Solo	Hor.	Análise textural (dag.kg ⁻¹)		
				Areia	Silte	Argila
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico	Gnaiss	LVAdh	A	31	22	47
		LVAdh	Bw	39	12	49
Latossolo Amarelo Ácrico típico	Sedimentos – Sup. Sul-Americana	LAW	A	8	13	79
		LAW	Bw	5	12	83

Tabela 2 – Resumo das características químicas dos solos avaliados

Solo	Hor.	pH		Ca ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
		H ₂ O	KCl	cmol _c .dm ⁻³						%	
LVAdh	A	5,47	4,87	2,21	0,20	12,5	4,03	4,23	16,53	24,4	4,7
LVAdh	Bw	5,22	4,89	0,00	0,10	2,1	0,13	0,23	2,23	5,8	43,5
LAW	A	6,54	5,87	2,07	0,00	5,6	2,71	2,71	8,31	32,6	0,0
LAW	Bw	5,95	5,98	0,13	0,00	2,1	0,19	0,19	2,29	8,3	0,0

Tabela 3 – Resumo das características mineralógicas dos solos avaliados

Solo	Mineralogia da fração argila	Fe _d	Fe _o	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Gibbsita	Caulinita
		dag.kg ⁻¹						
LVAdh	VHE, Ct, Gb e Gt	7,58	0,65	6,90	24,37	11,04	37,78	52,34
LVAdh	VHE, Ct, Gb e Gt	8,35	0,30	9,20	25,44	12,32	30,53	59,92
LAW	Ct, Gb, Gt e An	9,02	0,09	6,30	35,95	14,08	54,60	32,19
LAW	Ct, Gb, Gt e An	9,57	0,04	5,70	37,84	15,23	50,85	35,26

VHE – Vermiculita com hidróxi entre camadas; Ct – Caulinita; Gb – Gibbsita; Gt – Goethita; An – Anatásio.

Tabela 4 – Teores de carbono orgânico e frações úmidas

Solo	Horizonte	Corg.	AF	AH	Hu
		dag.kg ⁻¹			
LVAdh	A	5,35	1,68	1,30	3,53
LVAdh	Bw	1,81	0,42	0,33	0,85
LAW	A	2,15	0,41	0,29	1,92
LAW	Bw	1,23	0,22	0,26	0,75

Tabela 5 – Equações das regressões sigmoidais ajustadas a um Latossolo Amarelo Ácrico típico e a um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico, além de seus coeficientes de determinação e valores de PI e D.

Solo	Horizonte	Equação	R ²	PI	D
LVAdh	A	$Corg = \frac{5.5350}{1 + \exp\left(-\frac{(T - 259.2967)}{-81.8331}\right)}$	0.9773	259,2967	-81,8331
	B	$Corg = \frac{1.8463}{1 + \exp\left(-\frac{(T - 246.1970)}{-63.1334}\right)}$	0.9812	246,1970	-63,1334
LAW	A	$Corg = \frac{2.3188}{1 + \exp\left(-\frac{(T - 294.5887)}{-52.6095}\right)}$	0.9575	294,5887	-52,6095
	B	$Corg = \frac{1.2733}{1 + \exp\left(-\frac{(T - 278.6584)}{-63.4803}\right)}$	0.9521	278,6584	-63,4803