

RECONSTRUÇÃO VEGETACIONAL E CLIMÁTICA NO QUATERNÁRIO TARDIO EM ESTUDO MULTI/INTERDISCIPLINAR NO VALE DO RIBEIRA (SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO) – RESULTADOS PRELIMINARES

Saia, S.E.M.G.¹; Pessenda, L.C.R.¹; Gouveia, S.E.M.¹; Sifeddine, A.²; Ledru, M.P.³; Karmann, I.⁴; Bendassoli, J.A.⁵; Guerra, M.F.¹

¹Laboratório ¹⁴C – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, C. Postal 96, 13400-970, Piracicaba/SP – e-mail: sosaia@cena.usp.br, pessenda@cena.usp.br, susyeli@cena.usp.br

²Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, UFF Niterói/RJ – e-mail: sifed@geoq.uff.br

³Departamento de Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo/SP – e-mail: ledru@usp.br

⁴Departamento de Geocronologia, Universidade de São Paulo/SP – e-mail: ikarmann@usp.br

⁵Laboratório de Isótopos Estáveis - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP – e-mail: jab@cena.usp.br

RESUMO

O objetivo desse trabalho é desenvolver no Vale do Ribeira, região de Iporanga, sul do estado de São Paulo, um estudo comparativo envolvendo registros paleoambientais, através da ação conjunta e sistematizada de análises de pólenes de sedimentos lacustres, de espeleotemas e isotópicas da MOS e das plantas, com a possibilidade de se associar a análise antracológica quando houver a presença de fragmentos de carvão soterrados nos solos. Esta integração de técnicas e pesquisadores deverá reforçar de forma significativa os estudos de reconstrução das trocas vegetacionais e climáticas ocorridas durante o Pleistoceno tardio e Holoceno na região sudeste do Brasil. Esse trabalho está em fase inicial e dados preliminares foram obtidos para uma avaliação isotópica dos solos da região a ser estudada.

ABSTRACT

This work intends to develop a comparative study in the Vale do Ribeira, region of Iporanga, south of the state of São Paulo, involving paleoenvironmental records, with systematic and joint actions of pollen analyses of lacustrine sediments, speleothems and carbon isotopes of SOM (soil organic matter) and plants, with the possibility to associate an antracological analyse when charcoal fragments are presented in the soils.

This integration of techniques and researchers must improve significantly the studies of reconstruction concerning vegetational and climatic changes, that occurred in the Late Pleistocene and Holocene in the southeast region of Brazil. This work is in initial stage and preliminary results regarding the carbon isotopes of soil organic matter (SOM) are presented.

Palavras-Chave: multi/interdisciplinaridade, paleovegetação, paleoclima

1. INTRODUÇÃO

Os estudos paleoambientais envolvendo os isótopos do carbono (¹²C, ¹³C e ¹⁴C) da matéria orgânica de solos tropicais são muito restritos e só recentemente têm sido desenvolvidos e divulgados na literatura nacional e internacional. Tais características podem estar relacionadas com os altos custos envolvidos, com a complexidade das técnicas empregadas, com a multidisciplinaridade do tema e, talvez, com a carência de tradição científica na área isotópica, principalmente na datação por ¹⁴C.

A matéria orgânica dos solos (MOS), que provém quase exclusivamente da vegetação de cobertura, aparece como um testemunho dos eventos climáticos que ocorreram nos últimos milhares de anos. Com a aplicação dos isótopos estáveis do carbono (¹²C, ¹³C) é possível determinar a origem dessa matéria orgânica do solo (plantas C₃, C₄ ou mistura de plantas), enquanto a datação por ¹⁴C fornece a cronologia dos fatos.

No Brasil, estudos de reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) têm sido mais intensamente desenvolvidos desde o início da década de 90, utilizando-se a palinologia pólenes depositados em sedimentos lacustres e turfeira, os isótopos do carbono da matéria orgânica do solo e a antracologia entre outros indicadores.

Entretanto, nesses estudos sente-se a falta de ações conjuntas tanto analíticas como interpretativas, impossibilitando uma abordagem interdisciplinar.

Estudos palinológicos e isotópicos de solos desenvolvidos isoladamente, indicaram a presença de condições climáticas mais secas no Pleistoceno superior e Holoceno inferior, em vários locais das regiões central (Ferraz-Vicentini, 1993; Ferraz-Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996; Pessenda et al., 1996a; Barberi et al., 2000), sudeste (Ledru, 1993; Ledru et al., 1996, 1998; Behling, 1995a, 1997a; Pessenda et al., 1996b, 1998a; Behling et al., 1998; Gouveia et al., 1999; Gouveia, 2001) e sul (Roth & Lorscheitter, 1993; Neves & Lorscheitter, 1995; Lorscheitter & Mattozo, 1995; Behling, 1995b, 1997b, 1998; Pessenda et al., 1996b, 1998a; Stevaux, 1994, 2000) do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os pontos de amostragem encontram-se no Parque Estadual do Alto do Ribeira (PETAR), situado no Vale do Ribeira, sul do estado de São Paulo, região de Iporanga, entre as latitudes de 24°20'-24°50'S e longitudes 48°30'-48°60'. Esta região corresponde à transição planalto-baixada costeira, com pluviosidade média anual de 1604 mm/ano e temperatura média anual de 20 °C (Karmann, 1994).

O local de estudo escolhido apresenta um grande número de cavernas com rica variedade de espeleotemas, incluindo estalagmites tipo "vela", favoráveis para investigações paleoambientais do carbonato de cálcio, registros palinológicos e sedimentológicos (Lagoa Grande, no Bairro da Serra e Lagoa Vermelha, na Fazenda Intervalles, distante 70 km ao Norte de Apiaí, onde serão feitas futuras amostragens) além de vegetação natural de Mata Atlântica, que favorece substancialmente a utilização dos isótopos do carbono das plantas e dos solos. Segundo Oliveira (1999), no domínio do Planalto do Lajeado (região do Bairro da Serra e adjacências) tem-se sobre os calcários uma associação complexa de cambissolos háplicos eutróficos de textura argilosa dominante, associado a chernossolos argilúvicos órticos de textura argilosa, com neossolos litólicos na base argilosa, todos com fase rochosa associados a um relevo escarpado e montanhoso. Sobre os filitos apresentam-se cambissolos háplicos distróficos, com neossolos litólicos distróficos com textura argilosa (argila de atividade baixa) e com fase rochosa na base.

A amostragem de solo foi realizada através de tradagens, para a determinação isotópica ($\delta^{13}\text{C}$), do carbono total e análise granulométrica. A Tabela 1 apresenta as profundidades alcançadas nas tradagens. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas.

Tabela 1 - Locais de amostragem de coleta de solo

Pontos de Coleta	Localização Geográfica	Profundidade máxima (cm)
IPO1	-	90
IPO2	-	50
IPO3	-	70
IPO4	-	110
IPO5	24°33'19.0"S 48°39'27.4"O	400
IPO6	-	210
IPO7	24°31'59.1"S 48°39'45.0"O	330
IPO8	-	350

No laboratório as amostras foram passadas em peneiras de malha grossa para o destorroamento e, durante o peneiramento, fragmentos de carvão, raízes, folhas, insetos, etc. foram separados. Após secagem, as amostras foram passadas em peneiras de 2 mm e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Ciência do Solo - ESALQ/USP, para a análise granulométrica através do método do densímetro (Kiehl, 1979).

Foram enviados aproximadamente 50 mg de amostras, previamente peneiradas a 0,21mm e pesadas em balança Sartorius BP211D, ao Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, para determinação do carbono total e análise isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) em analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa ANKA SL 2020, da Europa Scientific.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Solos

Os solos do PETAR apresentaram textura médio-argilosa e argilosa, com valores entre 26% e 46% de argila ao longo de IPO7, e para os solos de IPO8, argilosa da superfície até os 130 cm, médio-argilosa de 140 a 190 cm, médio-arenosa de 200 a 340 cm, sendo a camada 240-250 cm, médio-argilosa e 340-350 cm, argilosa (Figura 1).

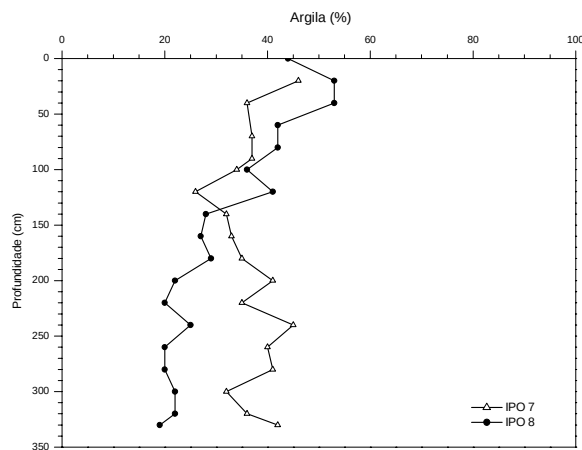


Figura 1 - Teores de argila dos solos estudados em relação à profundidade.

Na Figura 2 são apresentadas as variações dos teores de carbono e nitrogênio total, razão C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ com a profundidade dos solos. Com relação ao carbono total, observou-se um decréscimo nas concentrações com o aumento da profundidade em todos os solos estudados, tendência já observada em Latossolos dos estados de São Paulo (Pessenda et al., 1996b; Gouveia, 2001), Amazonas (Desjardins et al., 1996; Gomes, 1995; Pessenda et al., 1998c) e Mato Grosso (Gouveia, 2001). Os solos IPO5 e IPO6 apresentaram teores desde 2,41% na superfície com decréscimos progressivos até 0,03% na profundidade de 400 cm, no caso de IPO5 e 0,08% na profundidade de 180 cm para IPO6.

Observou-se um decréscimo na concentração do N-total com o aumento da profundidade (Figura 2). Os solos apresentaram maior valor na camada superficial (0-10 cm) sendo 0,25% para IPO5 e 0,15% para IPO6. Em IPO5, houve uma diminuição bastante acentuada na camada 20-30 cm de 0,25 para 0,10%. A mesma tendência é observada nos valores de IPO6. Os valores obtidos para N-total estão em concordância com valores de solos da Amazônia (Gouveia, 1996). A tendência da diminuição dos teores com relação ao aumento da profundidade é similar à descrita para o C-total. Observou-se um decréscimo da razão C/N com o aumento da profundidade, como observado também por Pochon & Barjac (1958), com valores variando de 9,6 a 1,4 (Figura 2), os quais encontram-se na faixa estreita, devido ao estado de decomposição apresentado (PIPAEMG, 1972).

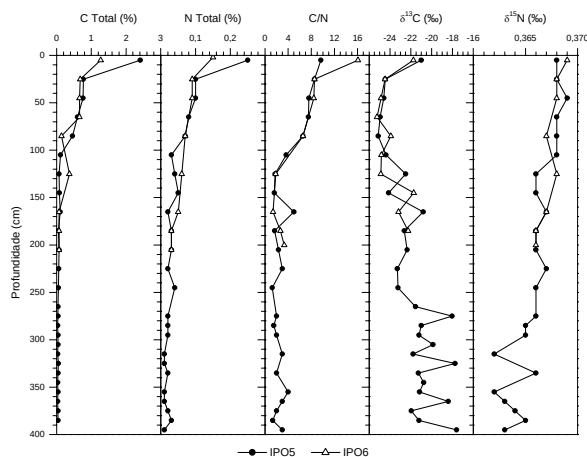


Figura 2 - Variação do teor de carbono orgânico total, nitrogênio total, razão C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos solos IPO5 e IPO6 em relação à profundidade.

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ encontrados nos solos do PETAR, de 0,36 a 0,37‰ (Figura 2), são característicos de solos sob florestas, onde os valores geralmente apresentam-se próximos a 1‰. Em tais solos, a maior fonte de nitrogênio é o inorgânico proveniente das chuvas. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ do N inorgânico em águas de chuva são próximos de -6‰. Em florestas sem a adição de fertilizantes de N e fixação biológica de N_2 , tanto a entrada de N por deposição úmida quanto a perda são baixas, se houver abundância de plantas. Estas circunstâncias devem reter o N através da ciclagem interna com um pequeno aumento dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ nestes solos.

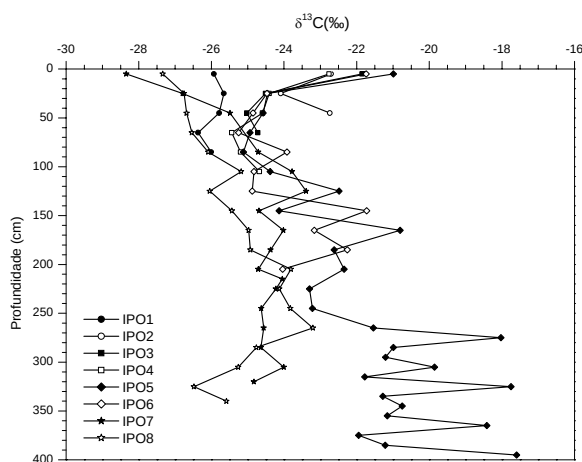


Figura 3 - Teores de carbono orgânico total e $\delta^{13}\text{C}$ dos solos em relação à profundidade.

Os solos IPO 1, 7 e 8 apresentaram comportamento semelhante, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 3) entre (-26 e -29‰), caracterizando a vegetação atual de cobertura, ou seja, uma mata com árvores de porte médio. Em IPO8 observou-se um ligeiro enriquecimento até a profundidade de 270 cm (-23,2‰), que pode estar relacionado a um

fracionamento isotópico ocorrido durante a decomposição da MOS (Nadelhoffer & Fry, 1980; Stout et al., 1981) e/ou a uma vegetação arbórea menos densa. De 280 cm (-24,8‰) até 350 cm (-25,6‰), observou-se um fracionamento isotópico, sugerindo uma maior influência de plantas C_3 . Enriquecimento semelhante foi observado em IPO7 até a profundidade de 120cm (-23,4‰) e depois um empobrecimento até a camada 330cm (-24,8‰). IPO1 manteve praticamente o valor de superfície (-26‰), até cerca de 90 cm.

Os solos IPO2, 3, 4, 5 e 6 apresentaram comportamento semelhante com valores em torno de -22‰ na camada superficial (0-10 cm) que se tornaram mais empobrecidos a 40-50 cm de profundidade (-25‰), indicando o predomínio de plantas C_3 durante todo o período.

Em IPO5 pode-se observar uma maior variação dos resultados atingindo valores de até -17,6‰ nas camadas mais profundas (a partir de 270-280 cm), indicando uma influência de plantas C_4 provavelmente relacionada à presença de clima seco. Com base em cerca de 70 datações ^{14}C da MOS (fração humina) e de fragmentos de carvão enterrados nos solos em distintas localidades do Brasil (Pessenda et al., 2001, Gouveia et al., 2002), estima-se que este período seco provavelmente instalou-se durante o Pleistoceno superior e Holoceno inferior, aproximadamente entre 12000 e 9000 anos AP (que corresponde ao intervalo de 400 a 270 cm de profundidade). Resultados similares foram observados em trabalhos desenvolvidos na região sudeste do Brasil, tais como Jaguariúna-SP (Gouveia, 2002), Botucatu-SP (Behling et al., 1998), Londrina-PR e Piracicaba-SP (Pessenda et al., 1996b). Dados polínicos obtidos nas regiões sul, sudeste e central do Brasil também indicaram a influência de clima seco durante este período (Behling, 1995a,b, 1997a,b; Ledru et al., 1998; Barberi et al., 2000).

CONCLUSÕES

Os solos IPO 1, 7 e 8 apresentaram comportamento semelhante, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre (-26 a -29‰), caracterizando a vegetação atual de cobertura, ou seja, uma mata com árvores de porte médio. Nas camadas mais profundas observou-se um enriquecimento isotópico seguido de um empobrecimento, com provável predomínio de plantas C_3 .

Os solos IPO 2, 3, 4, 5 e 6 também mantiveram comportamento similar, com valores em torno de -22‰ na camada superficial, tornando-se mais empobrecidos, indicando o predomínio de plantas C_3 durante todo o período. Em IPO5 a variação dos resultados foi maior, indicando uma influência de plantas C_4 relacionada à provável presença de clima seco durante o Pleistoceno superior e Holoceno inferior.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela Bolsa de Doutorado concedida à S.E.M.G. Saia. Aos alunos de iniciação científica, pela ajuda em campo e no preparo de amostras, Acácio Zunniga Leite, Fabiano Pereira do Amaral e Lizandra C. de Oliveira Bensabati.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BARBERI, M.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; SUGUIO, K. Paleovegetation and paleoclimate of "Vereda de Águas Emendadas", central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v.13, p.241-254, 2000.
- BEHLING, H. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, v.14, n.3, p.253-268, 1995a.
- BEHLING, H. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). *Vegetation History and Archaeobotany*, v.4, n.3, p.127-152, 1995b.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.129, p.407-422, 1997a.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, v.97, p.109-121, 1997b.
- BEHLING, H.; LICHTÉ, M.; MIKLÓS, A.W. Evidence of a forest free landscape under dry and cold climatic conditions during the last glacial maximum in the Botucatu region (São Paulo State), Southeastern Brazil. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, v.11, p.99-110, 1998.
- DESJARDINS, T.; FILHO, A.C.; MARIOTTI, A.; CHAUVEL, A.; GIRARDIN, C. Changes of the forest-savanna boundary in Brazilian Amazonia during the Holocene as revealed by soil organic carbon isotope ratios. *Oecologia*, v.108, p.749-756, 1996.
- FERRAZ-VICENTINI, K.R. Análise palinológica de uma vereda em Cromínia, GO. Brasília, 1993. 87p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília.
- FERRAZ-VICENTINI, K.R.; SALGADO-LABOURIAU, M.L. Palynological analysis of a palm swamp in Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v.9, p.207-219, 1996.
- GOMES, B.M. Estudo paleoambiental no estado de Rondônia utilizando datação por ^{14}C e razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da matéria orgânica no solo. Piracicaba, 1995. 100p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- GOUVEIA, S.E.M. Estudos das alterações de paleovegetações na Amazônia Central, utilizando a datação radiocarbônica e a razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da matéria orgânica no solo. Piracicaba, 1996. 74p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- GOUVEIA, S.E.M.; PESSENDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; SCHEEL-YBERT, R. Isótopos do carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no Quaternário e da taxa de formação de solos do estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.71, n.4, p.969-980, 1999.
- GOUVEIA, S.E.M. Isótopos do carbono na avaliação do remonte biológico de Latossolos e Podzólicos e de eventos paleoclimáticos em distintas localidades do Brasil. Piracicaba, 2001. 116p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- GOUVEIA, S.E.M.; PESSENDA, L.C.R.; BOULET, R.; SCHEEL-YBERT, R.; BENDASSOLI, J.A.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H.A. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. *Global and Planetary Change*, v.33, p.95-106, 2002.
- KARMANN, I. Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto vale do Rio Ribeira de Iguape, sudeste do Estado de São Paulo. São Paulo, 1994. 228p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia; relações solo/planta. São Paulo: Ceres, 1979.
- LEDRU, M.-P. Late Quaternary and climatic changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, v.39, p.90-98, 1993.
- LEDRU, M.-P.; BRAGA, P.I.S.; SOUBIÈS, F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.123, p.239-257, 1996.
- LEDRU, M.-P.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; LORSCHTEITER, M.L. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr BP. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v.99, p.131-142, 1998.
- LORSCHTEITER, M.L.; MATTOZO, I.J. Reconstituição paleoambiental da região dos Campos Gerais, Paraná, através da palinologia de sedimentos da Lagoa Dourada. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 5., Niterói, 1995. Niterói: UFF, 1995.
- NADÉLHOFFER, K.J.; FRY, B. Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundances in forest soil organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, v.52, p.1633-1640, 1988.
- NEVES, P.C.P.; LORSCHTEITER, M.L. Upper Quaternary palaeoenvironments in the northern coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, v.9, p.39-67, 1995.
- OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M. E CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do estado de São Paulo, IAC-EMBRAPA, Campinas, 1999.
- PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; MELFI, A.J.; BOULET, R. The use of carbon isotopes (C-13, C-14) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in central Brazil. *Radiocarbon*, v.38, n.2, p.191-201, 1996a.
- PESSENDA, L.C.R.; VALENCIA, E.P.E.; MARTINELLI, L.A.; CERRI, C.C. ^{14}C measurements in tropical soil developed on basic rocks. *Radiocarbon*, v.38, n.2, p.203-208, 1996b.

- PESSEDA, L.C.R.; VALENCIA, E.P.E.; ARAVENA, R.; TELLES, E.C.C.; BOULET, R. Paleoclimate studies in Brazil using carbon isotopes in soils. In: WASSERMAN, J.C.; SILVA-FILHO, E.; VILLAS-BOAS, R. (eds.). Environmental geochemistry in the tropics. Berlin: Springer-Verlag, 1998a. p.7-16.
- PESSEDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; GOMES, B.M.; BOULET, R.; RIBEIRO, A.S. ^{14}C dating and stable carbon isotopes of soil organic matter in forest-savanna boundary areas in the southern Brazilian Amazon region. Radiocarbon, v.40, n.2, p.1013-1022, 1998c.
- PESSEDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with ^{14}C ages of fossil charcoal. Radiocarbon, v.43, Nr2B, p.7-16, 2001.
- PIPAEMG Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais. Secretaria de Agricultura, Belo Horizonte, 1972.
- POCHON, J.; BARJAC, H. Traité de Microbiologie de Sols. Dunod, Paris, p. 260, 1958.
- ROTH, L.; LORSCHUITTER, M.L. Palynology of a bog in Parque Nacional de Aparados da Serra, East Plateau of Rio Grande do Sul, Brazil. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, v.8, p.39-69, 1993.
- STEVANUX, J.C. The Upper Paraná River (Brazil): geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. Quaternary International, v.21, p.143-161, 1994.
- STEVANUX, J.C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Parana River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. Quaternary International, v.72, p.73-85, 2000.
- STOUT, J.D.; GOH, K.M.; RAFTER, T.A. Chemistry and turnover of naturally occurring resistant organic compounds in soil. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.) Soil biochemistry. New York: Marcel Dekker, p.1-73, 1981.