

PALEOINCÊNDIOS EM DISTINTAS REGIÕES DO BRASIL

Gouveia, S.E.M.¹; Pessenda L.C.R.¹; Ribeiro, A.S.²; Aravena, R.³.

¹.Laboratório de ¹⁴C, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, C. Postal 96, 13400-000, Piracicaba/SP - e-mail: susyeli@cena.usp.br, pessenda@cena.usp.br

².Universidade Federal do Sergipe, e-mail: adautosr@uol.com.br

³.Department of Earth Sciences, University of Waterloo, e-mail: roaraven@sciborg.uwaterloo.ca

RESUMO

Este trabalho apresenta dados de fragmentos de carvão encontrados em solos das regiões sudeste, noroeste e nordeste do Brasil, em áreas sob vegetação natural.

A distribuição dos fragmentos de carvão nos solos varia com a região. As áreas localizadas na região sudeste apresentam pouca atividade de queimada no Pleistoceno tardio e Holoceno inferior, seguido por milênios de maior atividade (6000-3000 anos AP). A intensidade de queima da biomassa nos últimos 1000 anos parece baixa comparada com o Holoceno médio. As áreas do nordeste apresentam quantidade muito pequena de fragmentos, entretanto as idades ¹⁴C cobrem quase todo o Holoceno. Nas áreas do noroeste, as idades também cobrem a maior parte do Holoceno, com duas concentrações máximas de carvão em 7500-6000 anos AP e cerca de 2000 anos AP.

Interpretações paleoclimáticas a partir das distribuições de fragmentos de carvão nos solos, de análises isotópica ($\delta^{13}\text{C}$), antracológica e palinológica apresentam-se concordantes. No Pleistoceno tardio e Holoceno inferior (12000-9000 anos AP) um clima mais seco predominou nas regiões sul e sudeste do Brasil. No entanto, em período similar, um clima úmido foi predominante nas regiões norte e nordeste.

ABSTRACT

This paper presents charcoal fragments data encountered in soils of southeastern, northwestern and northeastern regions of Brazil, in areas under natural vegetation.

The pattern of charcoal distribution in the soils varies with region. The areas of southeastern region show little burning activity in the late Pleistocene and early Holocene, followed by millennia of greater activity (6000-3000 yr BP). The intensity of biomass burning in the last 1000 years appears low compared with that of the middle Holocene and seems more similar to the early Holocene. The areas of northeastern show very few charcoal amount, however ¹⁴C dates cover most of the Holocene. In the areas of northwestern, ¹⁴C dates also cover most of the Holocene, with two maxima concentrations of charcoal around 7500-6000 yr BP and ca. 2000 yr BP.

Palaeoclimatic interpretations from charcoal distribution in the soils, soil $\delta^{13}\text{C}$ analysis, anthracology and palynology are in agreement. From the late Pleistocene to early Holocene (12000-9000 yr BP) a drier climate predominated in the south and southeastern Brazilian regions. However, at similar period, a humid climate was predominant at north and northeastern regions.

Palavras-Chave: carvão, datação ¹⁴C, Holoceno

1. INTRODUÇÃO

O comportamento da queimada em paisagens naturais e o consumo da biomassa são altamente variáveis entre os ecossistemas, controlados pelas condições climáticas, do combustível e pela composição e estrutura do ecossistema. Os períodos de seca e de chuva antecedentes influenciam as condições de umidade do combustível, e portanto sua disponibilidade e os produtos da combustão da biomassa. Em adição à umidade do combustível, outras propriedades tais como a química, a quantidade e a distribuição do tamanho das partículas, influenciam o consumo da biomassa e o comportamento da queima. Em ecossistemas com predominância de combustíveis finos (gramíneas), a maior parte destes é queimada durante o estágio de emissão de chamas. Por causa da alta eficiência da combustão, a produtividade de carvão é baixa, consistindo principalmente de partículas pequenas (< 1 mm). Em contraste, nas florestas, maiores quantidades de biomassa são consumidas durante a fase incandescente. Neste caso, a combustão é menos eficiente, resultando na produção de maiores quantidades de carvão (Stocks & Kauffman, 1997).

A ocorrência de períodos secos é uma possível explicação para as quantidades e extensão dos fragmentos de carvão encontrados em solos sob diversos tipos de vegetação. Além das causas naturais, o papel da atividade antrópica em queimadas pré-históricas não pode ser descartado.

A ocorrência de fragmentos de carvão nos solos sob floresta foi observada em vários locais do norte do Brasil (Soubiès, 1979/1980; Sanford et al., 1985; Saldarriaga & West, 1986; Desjardins et al., 1996; Santos et al., 2000). De tamanho centimétrico a milimétrico, os fragmentos de carvão concentravam-se frequentemente em profundidades que variavam da superfície a 1 m. As idades dos fragmentos, de aproximadamente 6000 anos AP até o presente, coincidiram com fases secas registradas durante o Holoceno.

Argumentos principalmente pedológicos e climatológicos indicaram que a gênese desses depósitos de carvão estaria relacionada ao incêndio de uma antiga cobertura vegetal. Durante um ou vários episódios climáticos mais secos que o atual, a floresta tropical úmida, insuficientemente abastecida de água, teria sido devastada numa grande extensão por incêndios cuja origem pode ter sido diversa. Este estudo

propôs que a distribuição dos fragmentos de carvão no solo relacionava-se com a atividade biológica (Soubiès, 1979/80).

Observa-se, portanto, que os (paleo) incêndios nas distintas vegetações têm um papel muito importante nos estudos de reconstrução paleoambiental relacionados com a presença de climas mais secos em distintas localidades, além dos estudos do recobrimento de seu produto (carvão) pela fauna do solo.

2. ÁREAS DE ESTUDO

Os locais de amostragem encontram-se próximos a cidades das regiões sudeste (Jaguariúna, Anhembi, Botucatu e Salitre), noroeste (Pontes e Lacerda, Vilhena, Pimenta Bueno e Humaitá) e nordeste (Tamandaré, Caruaru, Buique e Barreirinhas) do Brasil. Em Salitre, as coletas foram efetuadas no topo e ao longo (meio e quarto) de uma vertente. Nas demais áreas foram abertas trincheiras em superfícies planas ou em locais próximos ao topo quando o terreno apresentava certa declividade. Todos os solos amostrados encontravam-se sob vegetação natural (Tabela 1).

Tabela 1 - Localização e características das áreas estudadas

Local (Estado)	Solo	Vegetação	Clima	Posição Geográfica
Jaguariúna (SP)	Latossolo Roxo	Mata mesófila semidecídua	Sub-tropical	22°40'S
Anhembi (SP)	Podzólico Vermelho Amarelo			47°1'O
Botucatu (SP)	Latossolo Vermelho			22°45'S
	Latossolo Vermelho			47°58'O
Salitre (MG)	Latossolo			22°50'S
Pontes e Lacerda (MT)	Latossolo	Mata mesófila estacional semidecídua		15°16'S
				59°13'O
Vilhena (RO)	Latossolo Vermelho Amarelo	Floresta tropical	Tropical	12°42'S
	Latossolo Amarelo			66°07'O
Pimenta Bueno (RO)	Latossolo Amarelo	Borda floresta/campo		11°49'S
	Humaitá (AM)			Cambissolo
Tamandaré (PE)	Latossolo Amarelo Claro	Floresta tropical perenifolia densa		8°10'S
	Caruaru (PE)			Latossolo Amarelo
Buique (PE)	Areia Quartzosa	Caatinga arbórea	Tropical	8°22'S
	Barreirinhas (MA)			Areia Quartzosa
				8°33'S
				37°12'O
				2°58'S
				43°16'O

3. MATERIAL E MÉTODOS

Nos locais de amostragem foram feitas trincheiras de aproximadamente 1,0 m de largura x 2,0 m de comprimento x até 3 m de profundidade, de onde coletou-se aproximadamente 10 kg de solo por camada, a cada 10 cm. No laboratório as amostras foram passadas em peneiras de malha grossa para o destorroamento e, durante o peneiramento, separou-se os fragmentos de carvão maiores. Posteriormente, as amostras de solo foram peneiradas a 2 mm e os fragmentos menores coletados.

Os fragmentos de carvão foram pré-tratados fisicamente com o auxílio de espátula metálica para a remoção do solo

e, os que apresentaram massas maiores que 5 g, submetidos a tratamentos ácido-alcalino-ácido para a remoção de resinas, ácidos fúlvicos e lignina. Após secagem, fez-se a datação no Laboratório de ^{14}C do CENA/USP, através da técnica de espectrometria de cintilação líquida (Pessenda & Camargo, 1991). Os fragmentos com massas menores foram submetidos à combustão e alíquotas de CO_2 foram separadas para a datação pela técnica de AMS no Laboratório Isotracer em Toronto, Canadá. Os resultados são representativos da idade média dos fragmentos encontrados nas camadas de 10 cm e apresentados em anos AP (antes do presente).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 apresentam-se as quantidades de fragmentos de carvão coletados em aproximadamente 10 kg de solo, em distintas profundidades, com as respectivas datações por ^{14}C .

Na região sudeste, as maiores quantidades de carvão foram encontradas entre 60 e 220 cm em Jaguariúna (Figura 1a), indicando provavelmente o período de maior frequência de incêndios nesta área. As datações destes fragmentos indicaram que este período está compreendido entre aproximadamente 4000 e 9000 anos AP. Nestas camadas os valores das massas de carvão encontrados variaram entre 1,9 e 121,9 g.

No Podzólico de Anhembi (Figura 1b), a maior incidência de fragmentos de carvão foi encontrada entre 30 e 60 cm (83,3 e 59,6 g), indicando o período de maior frequência de incêndios, compreendido entre cerca de 2300 e 2550 anos AP, período em que Behling et al. (1998) encontraram evidências da presença humana na região. Outras duas camadas (100-110 cm e 160-170 cm), com quantidades significativas de carvão (7,5 g e 14,4 g), indicaram a ocorrência de queimadas, provavelmente relacionadas a causas naturais, uma vez que as idades dos fragmentos em tais profundidades foram 4300 e 7600 anos AP, respectivamente.

Em Botucatu (Figura 1c), o provável período de maior frequência de incêndios (50-150 cm) está compreendido entre aproximadamente 4000 e 5600 anos AP, provavelmente relacionado a causas naturais, uma vez que registros sedimentares da mesma área apresentaram evidências da ação antrópica em período mais recente (desde 2900 anos AP) (Behling et al., 1998).

A maior quantidade de fragmentos de carvão no solo, juntamente com resultados isotópicos da matéria orgânica dos solos (MOS) e antracológicos, indicam a provável presença de uma vegetação arbórea mais densa em Botucatu do que em Jaguariúna durante todo o período estudado. Na região de Anhembi, tais dados sugerem condições climáticas intermediárias (Gouveia et al., 1999, 2002; Gouveia, 2001).

Tabela 2 - Massa e idade ^{14}C dos fragmentos de carvão encontrados nos vários solos estudados.

Local de Estudo	Identificação	Prof. (cm)	Massa (g) / 10 kg de solo	Idade ^{14}C (anos AP)	Referências	
Jaguariúna	LAB521	70-80	10,9	4800 ± 110	1, 2, 3, 4	
	LAB522	80-90	30,3	4010 ± 70		
	TO6749	90-100	9,0	4320 ± 150		
	LAB	100-110	64,1	4590 ± 100		
	LAB524	110-120	121,9	4550 ± 70		
	LAB561	120-130	17,4	4770 ± 80		
	LAB562	140-150	16,7	6020 ± 70		
	LAB526	150-160	22,4	6330 ± 70		
	TO6750	170-180	4,1	6240 ± 150		
	LAB525	200-210	23,7	9120 ± 90		
	TO6751	210-220	7,3	8660 ± 80		
	Anhembi	LAB574	20-30	6,2		2360 ± 60
LAB571		30-40	83,3	2550 ± 60		
LAB572		40-50	79,3	2520 ± 60		
LAB573		50-60	59,6	2510 ± 60		
LAB575		60-70	13,3	2700 ± 60		
TO7074		70-80	3,5	2840 ± 120		
TO7075		100-110	7,5	4290 ± 260		
LAB576		160-170	14,4	7580 ± 190		
Botucatu Trincheira I	TO6752	60-70	3,0	3040 ± 180	1, 2, 3, 4	
	LAB536	80-90	4,7	4150 ± 110		
	LAB533	90-100	7,6	4630 ± 80		
	LAB532	100-110	8,6	4830 ± 70		
	LAB535	120-130	31,2	5500 ± 70		
	LAB534	130-140	9,6	5560 ± 80		
	TO6753	180-190	3,2	6080 ± 300		
	TO6754	220-230	1,5	8000 ± 430		
	Trincheira II	TO6755	50-60	10,5		3080 ± 70
		TO6756	90-100	4,5		4630 ± 80
TO6757		120-130	1,8	5660 ± 270		
TO6758		180-190	1,7	4150 ± 450		
TO7107		210-220	0,1	6690 ± 70		
Salitre	LAB287	0-10	6,0	160 ± 75	5	
	LAB330	40-50	78,1	1620 ± 60		
	LAB333	80-90	25,8	3650 ± 70		
	LAB285	100-110	14,3	4040 ± 70		
	LAB289	150-160	27,9	7500 ± 80		
	LAB288	190-200	16,5	8790 ± 100		
Pontes e Lacerda	LAB492	20-30	2,3	390 ± 65	2, 4	
	LAB493	40-50	2,8	650 ± 75		
	LAB494	60-70	11,3	1820 ± 60		
	LAB495	80-90	1,6	3960 ± 260		
	TO6014	100-110	3,0	3630 ± 50		
	TO6015	120-130	1,0	5500 ± 60		
	TO9151	130-140	2,9	5590 ± 100		
	TO6016	140-150	1,5	4500 ± 60		
	TO6017	160-170	0,5	7220 ± 60		
	TO6018	180-190	5,7	6920 ± 60		
TO6019	190-200	1,0	7470 ± 60			
Vilhena	TO	20-30		540 ± 100	6	
	TO	90-100		5930 ± 130		
Pimenta Bueno	LAB566	50-60		2050 ± 70	6	
	TO	150-160		7000 ± 130		
Humaitá	TO6886	45		4510 ± 90	7	
	TO6888	50		4110 ± 60		
	TO6890	50		4770 ± 270		
	TO	50		3810 ± 80		
Tamandaré	TO9141	60-70	2,9	730 ± 50	8	
	TO	100-110		3550 ± 50		
Caruaru	TO9142	60-70	0,6	3750 ± 60	8	
	TO9143	140-150	1,0	6690 ± 70		
	TO9144	170-180	0,3	17280 ± 130		
Buique	TO9685	60-70	4,6	1680 ± 80	8	
	TO9686	140-150	1,2	4850 ± 140		
	TO9687	220-230	1,1	6630 ± 130		
Barreirinhas	TO9145	30-40	0,6	1890 ± 60	8	
	TO9146	60-70	2,1	2560 ± 60		
	TO9147	80-90	4,0	3870 ± 60		
	TO9148	140-150	0?	4580 ± 150		
	TO9149	220-230	0,5	8970 ± 70		

LAB - Laboratório de ^{14}C , Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, Brasil

TO - Isotrace Laboratory, Toronto, Canada

1 - Gouveia et al., 1999; 2 - Gouveia et al., 2002; 3 - Gouveia & Pessenda, 2000; 4 - Gouveia, 2001; 5 - Pessenda et al., 1996a; 6 - Pessenda et al., 1998a; 7 - Pessenda et al., 2001; 8 - Ribeiro, 2002

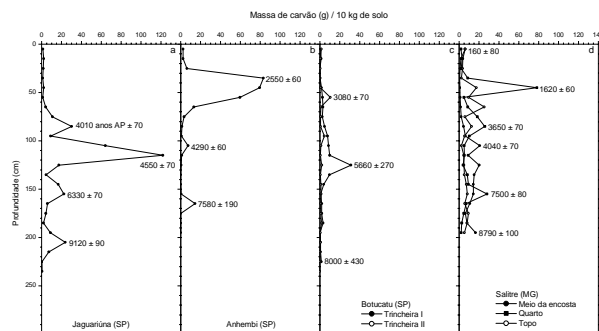


Figura 1 - Distribuição dos fragmentos de carvão em solos da região sudeste do Brasil.

Em Salitre (Figura 1d), a presença de fragmentos de carvão foi observada em três perfis, até 200 cm de profundidade. A maior quantidade foi encontrada na camada 40-50 cm (78,1 g), apresentando a idade de 1700 anos AP. A avaliação da frequência dos fragmentos no solo sugeriu que as queimadas tiveram provavelmente um papel importante na determinação da dinâmica da vegetação na área de estudo por todo o Holoceno e, dados isotópicos da MOS indicaram a ocorrência de mistura de plantas C_3 (árvores) e C_4 (gramíneas), desde o início do Holoceno até aproximadamente 1700 anos AP (Pessenda et al., 1996a).

Na mesma região, a análise de fragmentos sugeriu um período seco entre 6000 e 3000 anos AP, que os autores consideraram determinante para a instalação de uma vegetação de cerrado na área. A recuperação da floresta ocorreu a seguir (Vernet et al., 1994).

Através da análise polínica de sedimento de uma turfeira em Salitre, verificou-se a dominância de elementos de floresta semidecídua no início do Holoceno até 5500 anos AP. A alta frequência de pólen não arbóreo indicou a ocorrência de um período seco entre 5500 e 4500 anos AP. A expansão da floresta semidecídua a partir deste período atestou o retorno da umidade (Ledru et al., 1998).

Entre as camadas 150 e 210 cm, observou-se quantidade significativa de carvão nos quatro locais (Jaguariúna a 200-210 cm, Anhembi a 160-170 cm, Botucatu a 180-190 cm e Salitre a 150-160 e 190-200 cm), indicando ocorrência de paleoincêndios em todos os locais durante o Holoceno inferior.

Diversos estudos palinológicos indicaram a presença de condições climáticas mais secas no Pleistoceno tardio e Holoceno inferior em vários locais das regiões central (Ferraz-Vicentini, 1993, sudeste (De Oliveira, 1992; Ledru et al., 1998; Behling et al., 1998) e sul do Brasil (Roth & Lorscheitter, 1993).

Registros isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C) da MOS apresentaram dados concordantes aos palinológicos, indicando provável ocorrência de um clima mais seco desde o Pleistoceno tardio até o Holoceno médio nas regiões sul (Pessenda et al., 1996b) e sudeste (Pessenda et al., 1996a, 1996b; Gouveia et al., 2002).

Na região noroeste, em Pontes e Lacerda (Figura 2), o provável período de maior frequência de incêndios foi encontrado entre 30 e 90 cm, com massas de carvão entre 1,6 e 11,3 g, compreendido entre cerca de 650 e 4000

anos AP. As idades mais recentes podem estar associadas a distúrbios humanos. Fragmentos coletados nas camadas 130-140 cm e 180-190 cm foram datados em aproximadamente 5590 e 6920 anos AP. Dados antracológicos e isotópicos sugerem a presença de vegetação florestal nesta área desde pelo menos cerca de 7500 anos AP (Gouveia, 2001).

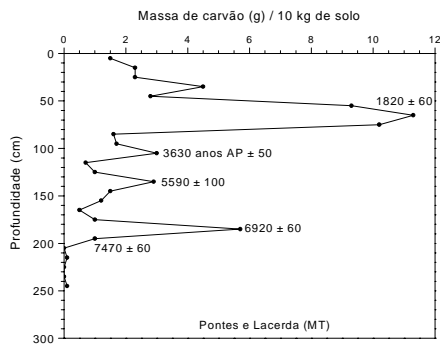


Figura 2 - Distribuição dos fragmentos de carvão em solo de Pontes e Lacerda, região noroeste do Brasil.

No sul do estado de Rondônia, em Vilhena (Tabela 2), fragmentos foram encontrados nas camadas 20-30 cm (540 anos AP) e 90-100 cm (5930 anos AP) de um Latossolo Vermelho-Amarelo. A cerca de 200 km de distância, em Pimenta Bueno, fragmentos foram encontrados em Latossolos nas profundidades de 55 cm e 155 cm, com idades de 2050 e 7000 anos AP, respectivamente (Tabela 2). Dados isotópicos da MOS caracterizaram a expansão do cerrado sobre a floresta em período similar nesta região (Pessenda et al., 1998a).

No sul do estado do Amazonas, na região de Humaitá, fragmentos de carvão foram encontrados no Cambissolo sob transição savana-floresta, entre 40 e 50 cm de profundidade (Tabela 2). As datações indicaram idades entre cerca de 3800 a 4800 anos AP, fase associada à expansão da vegetação de savana sobre a floresta, devido a presença de um provável período seco (Pessenda et al., 1998b; Freitas et al., 2001; Pessenda et al., 2001).

Na região norte do Brasil, a maior ocorrência de fragmentos de carvão foi observada em horizontes superiores, até 100 cm, sendo mais abundantes em Latossolos e Podzólicos do que em outros tipos de solo. As idades dos fragmentos, de aproximadamente 6000 anos AP até o presente, coincidem com fases secas registradas durante o Holoceno (Soubiès, 1979/80; Sanford et al., 1985; Saldarriaga & West, 1986; Desjardins et al., 1996; Santos et al., 2000).

Na região nordeste do Brasil, em Tamandaré, massas de até 27 g/10 kg de solo foram encontradas até 60-70 cm (Figura 3a). Observa-se que a datação dos fragmentos encontrados nesta profundidade apresentou-se mais recente (730 anos AP) do que as observadas nos demais locais estudados, em profundidades similares. Por se tratar de fragmentos muito pequenos, estes podem ter sido transportados de camadas superiores, provavelmente pela atividade da fauna do solo (Gouveia & Pessenda, 2000).

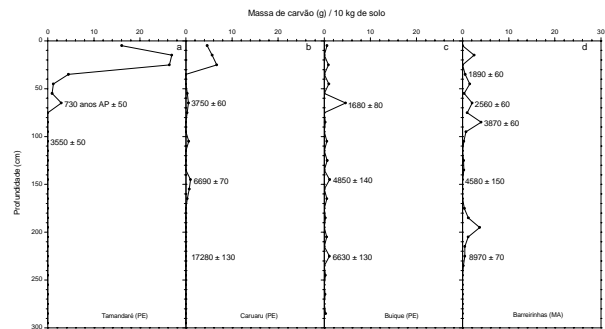


Figura 3 - Distribuição dos fragmentos de carvão em solos da região nordeste do Brasil.

Em Caruaru (Figura 3b) obteve-se massas menores (cerca de 7 g), aparecendo valores inferiores a 1 g até aproximadamente 180 cm de profundidade. Neste local observou-se a presença de fragmentos datados em 17280 anos AP a 170-180 cm. Como no caso anterior, estes fragmentos, devido a pequena massa (0,3 g/10kg de solo), também devem ter sido transportados pela fauna do solo, porém de camadas mais profundas.

Em Buique (Figura 3c), as massas dos fragmentos encontradas foram ainda menores (de 4,6 g até 0,08 g/10 kg de solo), porém estiveram presentes em praticamente todo o perfil, indicativo da ocorrência de incêndios durante todo o período naquele local.

Em Barreirinhas (Figura 3d), no estado do Maranhão, foi observada a presença de fragmentos desde cerca de 9000 anos AP (230-240 cm) até 1900 anos AP (30-40 cm) e também na superfície (10-20 cm). Dados isotópicos obtidos na região, em uma transecção floresta-cerrado de 78 km, indicam uma provável abertura na vegetação, aproximadamente entre 8000 e 3000 anos AP, eventualmente associada a presença de clima mais seco (Ribeiro, 2002). A distribuição dos fragmentos de carvão sugere a presença de paleoincêndios em intervalo similar e reforça a possibilidade da presença de um clima seco no intervalo Holoceno inferior-médio.

Em amostras de sedimento da Lagoa do Caçó (Barreirinhas, MA), Ledru et al. (2002) observaram a presença significativa de fragmentos de carvão em todo o Holoceno, indicando a ocorrência de paleoincêndios que foram associados ao domínio de uma vegetação arbórea mais aberta na região. Entre 10000 e 7000 anos verificaram 50% de pólenes arbóreos de mata ciliar e, entre 7000 anos e o presente, a instalação da vegetação de cerrado, atestando a instalação de um clima similar ao atual.

Comparando-se as regiões estudadas, verificou-se a incidência maior de fragmentos de carvão nas regiões sudeste e central do que nas demais. Tal aspecto pode estar associado com a maior frequência e intensidade de paleoincêndios provavelmente decorrentes de efeitos climáticos (período mais seco) e também com o tipo de combustível (vegetação) disponível em tais áreas.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo apoio financeiro concedido através de vários projetos de pesquisa, os quais possibilitaram a obtenção

dos dados apresentados e pela bolsa de Pós-Doutoramento (01/10828-9) concedida à SEM Gouveia, viabilizando a participação desta na continuidade de tais pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEHLING, H.; LICHTÉ, M.; MIKLÓS, A.W. (1998) 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.
- BOULET, R.; PESSENDA, L.C.R.; TELLES, E.C.C.; MELFI, A.J. (1995) Une évaluation de la vitesse de l'accumulation superficielle de matière par la faune du sol à partir de la datation des charbons et de l'humine du sol. Exemple des latosols des versants du lac Campestre, Salitre, Minas Gerais, Brésil. **Compte Rendus de l'Académie des Sciences. Serie 2**, v.320, p.287-294.
- De Oliveira, 1992
- DESJARDINS, T.; FILHO, A.C.; MARIOTTI, A.; CHAUVEL, A.; GIRARDIN, C. (1996) 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.
- FERRAZ-VICENTINI, K.R.; SALGADO-LABOURIAU, M.L. (1996) Palynological analysis of a palm swamp in Central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v.9, p.207-219.
- FREITAS, H.A.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R. (2001) Late Quaternary vegetation dynamics in the Southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. **Quaternary Research**, v.55, p.39-46.
- GOUVEIA, S.E.M. (2001) Isótopos do carbono na avaliação do remonte biológico de Latossolos e Podzólicos e de eventos paleoclimáticos em distintas localidades do Brasil. Piracicaba. 116p. Tese (Doutorado) - 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. (1999) 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.; PESSENDA, L.C.R. Datation par le ^{14}C de charbons inclus dans le sol pour l'étude du rôle de la remontée biologique de matière et du colluvionnement dans la formation de latosols de l'état de São Paulo, Brésil. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris. Serie 2A**, v.330, n.2, p.133-138, 2000.
- GOUVEIA, S.E.M.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; SCHEEL-YBERT, R.; BENDASSOLI, J.A.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H.A. (2002) 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.
- KERSHAW, A.P.; BUSH, M.B.; HOPE, G.S.; WEISS, K.F.; GOLDAMMER, J.G.; SANFORD, R. (1997) The contribution of humans to past biomass burning in the tropics. In: CLARK, J.S.; CACHIER, H.; GOLDAMMER, J.G.; STOCKS, B. **Sediment records of biomass burning and global change**. Berlin: Springer-Verlag, p.413-442. (NATO ASI Series, 151).
- LEDRU, M.P.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; LORSCHTEITER, M.L. (1998) Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr BP. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v.99, p.131-142.
- LEDRU, M.P.; MOURGUIART, P.; CECCANTINI, G.; TURCO, B.; SIFEDDINE, A. (2002) Tropical climates in the game of two hemispheres revealed by abrupt climatic change. **Geology**, v.30, n.3, p.275-278.
- PESSENDA, L.C.R.; CAMARGO, P.B. (1991) Datação radiocarbônica de amostras de interesse arqueológico e geológico por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo. **Química Nova**, v.14, n.2, p.98-103.
- PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; MELFI, A.J.; BOULET, R. (1996a) 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.
- PESSENDA, L.C.R.; VALENCIA, E.P.E.; MARTINELLI, L.A.; CERRI, C.C. (1996b) ^{14}C measurements in tropical soil developed on basic rocks. **Radiocarbon**, v.38, n.2, p.203-208.
- PESSENDA, L.C.R.; GOMES, B.M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R.; GOUVEIA, S.E.M. (1998a) The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetation changes in the Rondonia state, southwestern Brazilian Amazon region. **The Holocene**, v.8, n.5, p.631-635.
- PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; GOMES, B.M.; BOULET, R.; RIBEIRO, A.S. (1998b) ^{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.
- PESSENDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; ROSOLEN, V.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; LAMOTTE, M. (2001) Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a forest-savanna transition zone, Brazilian Amazon region. **The Holocene**, v.11, n.2, p.250-254.
- RIBEIRO, A.S. (2002) Dinâmica paleoambiental da vegetação e clima durante o Quaternário tardio em domínios da mata Atlântica, brejo do semi-árido e cerrado nordestinos, utilizando isótopos do carbono da matéria orgânica do solo e das plantas. Piracicaba. 193p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- ROTH, L.; LORSCHTEITER, M.L. (1993) Palynology of a bog in Parque Nacional de Aparados da Serra, East Plateau of Rio Grande do Sul, Brazil. **Quat. South Am. Antart. Peninsula** 8:39-69.

- SANFORD JUNIOR, R.L.; SALDARRIAGA, J.; CLARK, K.E.; UHL, C.; HERRERA, R. (1985) Amazon rain-forest fires. **Science**, v.227, p.53-55.
- SANTOS, G.M.; GOMES, P.R.S.; ANJOS, R.M.; CORDEIRO, R.C.; TURCQ, B.J.; SIFEDDINE, A.; DI TADA, M.L.; CRESSWELL, R.G.; FIFIELD, L.K. (2000) ^{14}C AMS dating of fires in the central Amazon rain forest. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B**, v.172, p.761-766.
- SALDARRIAGA, J.G.; WEST, D.C. (1986) Holocene fires in northern Amazon Basin. **Quaternary Research**, v.26, p.358-366.
- SOUBIÈS, F. (1979/1980) Existence d'une phase sèche en Amazonie brésilienne datée par la présence de charbons dans les sols (6000-3000 ans B.P.). **Cahiers ORSTOM. Serie Géologie**, v.11, n.1, p.133-148.
- STOCKS, B.J.; KAUFFMAN, J.B. (1997) Biomass consumption and behavior of wildland fires in boreal, temperate and tropical ecosystems: parameters necessary to interpret historic fire regimes and future fire scenarios. In: CLARK, J.S.; CACHIER, H.; GOLDAMMER, J.G.; STOCKS, B. **Sediment records of biomass burning and global change**. Berlin: Springer-Verlag. p.169-188. (NATO ASI Series, 151).
- VERNET, J.L.; WENGLER, L.; SOLARI, M.E.; CECCANTINI, G.; FOURNIER, M.; LEDRU, M.P.; SOUBIÈS, F. (1994) Feux, climats et végétations au Brésil central durant l'Holocène: les données d'un profil de sol à charbons de bois (Salitre, Mias Gerais). **Compte Rendus de l'Académie des Sciences. Série 2**, v.319, p.1391-1397.
- Saldarriaga, J.G.; West, D.C. (1986) Holocene fires in northern Amazon Basin. *Quaternary Research*, v.26, p.358-366.
- Soubiès, F. (1979/1980) Existence d'une phase sèche en Amazonie brésilienne datée par la présence de charbons dans les sols (6000-3000 ans B.P.). *Cahiers ORSTOM. Serie Géologie*, v.11, n.1, p.133-148.
- Stocks, B.J.; Kauffman, J.B. (1997) Biomass consumption and behavior of wildland fires in boreal, temperate and tropical ecosystems: parameters necessary to interpret historic fire regimes and future fire scenarios. In: Clark, J.S.; Cachier, H.; Goldammer, J.G.; Stocks, B. *Sediment records of biomass burning and global change*. Berlin: Springer-Verlag. p.169-188. (NATO ASI Series, 151).
- Vernet, J.L.; Wengler, L.; Solari, M.E.; Ceccantini, G.; Fournier, M.; Ledru, M.P.; Soubiès, F. (1994) Feux, climats et végétations au Brésil central durant l'Holocène: les données d'un profil de sol à charbons de bois (Salitre, Mias Gerais). *Compte Rendus de l'Académie des Sciences. Série 2*, v.319, p.1391-1397.