

Gênese de Turfeiras e Mudanças Ambientais Quaternárias na Serra do Espinhaço Meridional – MG.

Márcio Luiz da Silva⁽¹⁾; Alexandre Christófaro Silva⁽²⁾.

⁽¹⁾ Professor do IFSULDEMINAS (Campus Inconfidentes), Mestre em Ciência Florestal (UFVJM) e Doutorando em Geociências (UNICAMP). E-mail: marcgeo10@yahoo.com.br.

⁽²⁾ Professor Associado do Departamento de Ciência Florestal (UFVJM). Caixa Postal 38, Rod. MGT 367, km 583, CEP 39100-000 Diamantina (MG).

RESUMO: Turfeiras são ecossistemas formados por acúmulo em sucessão de restos vegetais em locais que apresentam condições como baixas atividade de O₂ e disponibilidade de nutrientes, que inibem a atividade de microrganismos decompositores. A Serra do Espinhaço Meridional - SdEM possui litologias predominantemente quartzíticas e é caracterizada por apresentar variações de altitudes e áreas dissecadas entremeadas a superfícies de aplainamento, onde, nas depressões, ocorrem as turfeiras. Os isótopos de carbono de sua matéria orgânica são frequentemente utilizados para detectar, por meio de mudanças na cobertura vegetal, variações climáticas no Quaternário. O objetivo desse trabalho foi mapear as turfeiras da porção norte da SdEM, discutir sua cronologia através de datações radiocarbônicas (¹⁴C) e utilizar isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) visando detectar vestígios de mudanças ambientais regionais que ocorreram no Quaternário. As amostragens foram realizadas em seis turfeiras da SdEM. Para determinação da área e mapeamento das turfeiras foram necessárias observações de campo, imagens de satélite, fotografias aéreas e consultas a literatura especializada. Os dados obtidos foram analisados utilizando os softwares ENVI 4.5 e o ArcGIS 9.3. Foram coletadas treze amostras em diferentes profundidades em seis Turfeiras, que foram processadas para determinação da composição isotópica e datações radiocarbônicas por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo. Segundo as datações radiocarbônicas realizadas, as turfeiras da SdEM teriam começado a se formar no Pleistoceno. Elas indicaram, através da composição isotópica, mudanças na cobertura vegetal ao longo do Quaternário, sugerindo uma interpretação e inferência que aponta para possíveis mudanças no clima local e regional.

Termos de indexação: Matéria orgânica, isótopos de carbono, organossolos.

INTRODUÇÃO

A Serra do Espinhaço Meridional - SdEM possui litologias predominantemente quartzíticas e é caracterizada por apresentar variações de altitudes e áreas dissecadas entremeadas a

superfícies de aplainamento, onde, nas depressões, ocorrem as turfeiras.

As turfeiras são importantes reservatórios de carbono. Martinelli et al. (2009) estimaram que o estoque de carbono nos solos do planeta Terra seja da ordem de 1,6 trilhões de toneladas, distribuídos por cerca de 10 bilhões de hectares. Analisando em conjunto os dados de Gorham (1991) e Martinelli et al. (2009), obtém-se que as turfeiras representam 4,2 % dos solos do Planeta e estocam 28,4 % de seu carbono.

Em ambiente de acúmulo de matéria orgânica, a datação radiocarbônica pode fornecer informações a respeito da sucessão dos eventos e a composição isotópica permite identificar a origem da Matéria Orgânica do Solo, tendo em vista que os vegetais podem ser separados de acordo com o seu ciclo fotossintético em C3 (árvores e arbustos), C4 (gramíneas tropicais) e CAM (bromélias, cactos). De acordo com Martinelli et al. (2009), as espécies C3 apresentam valores $\delta^{13}\text{C}$ variando entre -24 e -38 ‰, espécies C4 apresentam valores entre -11 e -15 ‰ e espécies CAM apresentam valores entre -11 e -29 ‰.

O objetivo desse trabalho foi mapear as turfeiras da porção norte da SdEM, discutir sua cronologia através de datações radiocarbônicas (¹⁴C) e utilizar isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) visando detectar vestígios de mudanças ambientais regionais que ocorreram no Quaternário.

MATERIAL E MÉTODOS

Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados entre 07.05.2010 a 30.06.2011 em turfeiras previamente definidas pela altitude e pelo contexto geológico.

Seis turfeiras (São Miguel, Pinheiro, Sempre vivas I, Sempre vivas III, Itambé I e Itambé II) foram mapeadas detalhadamente no campo e amostradas para caracterização dos organossolos (Embrapa 2006). Foram divididas em transectos espaçados 100 m entre si e a cada 20m, dentro deles, foi aferida a profundidade com o auxílio de uma baliza de ferro e realizado o georreferenciamento do ponto com o auxílio de GPS. O procedimento de amostragem consistiu em introduzir um tubo de PVC (230 cm de

comprimento e 50 mm de diâmetro), com a extremidade superior destampada, até o substrato basal da turfeira em pontos representativos. Em seguida o tubo foi tampado, com uma tampa removível inserida em sua extremidade superior, puxado à superfície e colocado na horizontal. Após esse procedimento, a tampa foi retirada e, com uma baliza, foi empurrado lentamente para dentro do tubo um êmbolo de madeira. As amostras, então expulsas do tubo, foram assentadas numa pá reta e condicionada em sacos plásticos. Amostras representativas de cada uma das seis turfeiras foram coletadas em diferentes profundidades, em função de atributos locais e encaminhadas para determinação dos isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C).

Aquisição do banco de dados e tratamentos das informações

Todos os trabalhos cartográficos de mapeamento e caracterização da área de estudo foram elaborados a partir de observações de campo (com auxílio de GPS e cartas topográficas IBGE) e com a base de dados de órgãos federais, obtidos em 2009, 2010 e 2011.

Para cobertura de toda a área de estudo foram utilizadas imagens de radar correspondentes às folhas SE23XC (Pirapora), SE23ZA (Curvelo), SE23ZB (Guanhães), SE23ZC (Belo Horizonte), SE23ZD (Ipatinga) e SE23XD (Capelinha) na escala de 1:250.000, disponibilizadas pela Embrapa (SRTM obtidos pela NASA).

As imagens do satélite Landsat-5 foram adquiridas da base de dados do INPE, entre 2010 e 2011. A resolução temporal das bandas 3, 4, 5 e 7 da órbita 218 e pontos 72 e 73 compreendeu o período entre 01.01.2009 a 26.11.2010.

O tratamento das imagens SRTM e de satélites foram efetuados no ENVI 4.5, através da opção e no ArcGIS 9.3.

Mapeamento das turfeiras

As turfeiras foram pré-identificadas e delimitadas com auxílio de fotografias aéreas, imagens do Google Earth, imagens do satélite Landsat-5 e imagens de radar. Os softwares utilizados foram o ENVI 4.5 e o ArcGIS 9.3. A validação da identificação foi realizada nos trabalhos de campo.

Em campo, foi interpretado o padrão de formação das turfeiras, que se repetiu em todos os pontos amostrados. As fotografias aéreas também serviram como instrumento na identificação das turfeiras.

As imagens de radar disponibilizadas pela Embrapa contribuíram significativamente para a determinação do padrão das turfeiras, além de auxiliar na caracterização e na verificação da distribuição espacial desses pedoambientes nas superfícies da SdEM.

Com a imagem de satélite mosaificada, corrigida e registrada, as turfeiras foram determinadas eliminando todos os outros elementos componentes da paisagem (água, solo exposto, rocha, floresta nativa, floresta plantada), a partir da classificação supervisionada Maxver (Método da Máxima Verossimilhança) do Software ENVI 4.5, com uma acurácia de 93,3% e estimativa de erro de 6,7%. Após essas etapas sucessivas, a classificação foi refinada com a validação por meio de novos trabalhos de campo. Por fim, foram vetorizadas todas as áreas de turfeiras e efetuados os cálculos de área e volume, com a utilização do Software ArcGIS 9.3 através do *calculate geometry* e do GPS Trackmaker Pro.

Determinações analíticas

Treze amostras das Turfeiras Pinheiro, Sempre-Vivas I e III, São Miguel e Pico do Itambé I e II foram coletadas, secas ao ar, moídas em grau de porcelana, passadas em peneiras de crivo 0,053 mm e enviadas para determinação dos isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C) por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo (Pessenda et al. 1991) no laboratório de ^{14}C do CENA/USP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O setor norte da SdEM ocupa uma área de 1.180.109,00 ha, onde foram mapeados 14.287,55 ha são turfeiras, o que representa 1,2% da área total (Figuras 1 e 2).

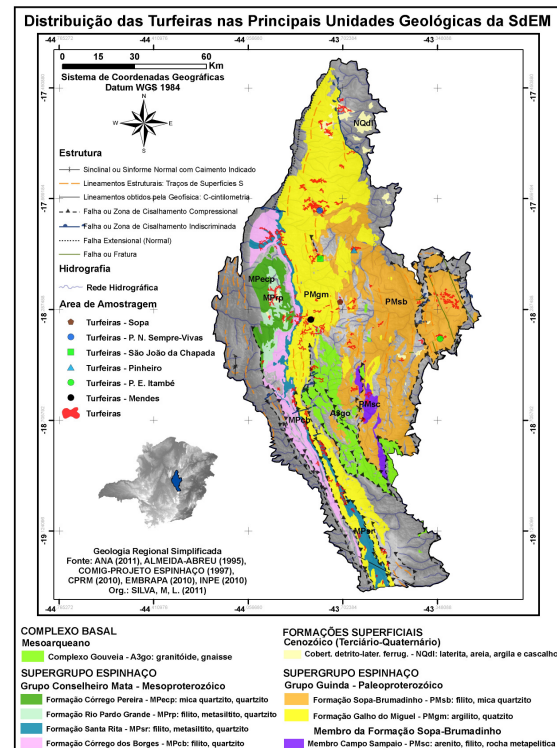


Figura 1. Área ocupada por turfeiras nas principais unidades geológicas da Serra do Espinhaço Meridional – SdEM.

Turfeiras menores que 0,09 ha não foram contabilizadas nesse mapeamento, devido a resolução das imagens de satélite.

De acordo com as datações radiocarbônicas, as turfeiras da SdEM teriam começado a se formar a 42.175 ± 3.390 anos A.P., no final do Pleistoceno (Tabela 1).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram de $-20,25$ a $-28,04$ (Tabela 1), evidenciando mudanças na estrutura e composição da vegetação da SdEM ao longo do Período Quaternário, embora tenham predominado plantas do ciclos fotossintéticos C_3 e CAM.

As datações radiocarbônicas e os valores de $\delta^{13}\text{C}$ (Tabela 1), analisados em conjunto com o contexto geológico, geomorfológico e altitude, permitiram discutir alguns cenários relacionados com a gênese das turfeiras da SdEM e ao papel delas como testemunhos de mudanças paleoambientais.

Embora as turfeiras da SdEM, em sua maioria, tenham se formado sobre litotipos do Paleoproterozoico (Figura 1), sua gênese ocorreu no Período Quaternário. As turfeiras que ocupam as cotas altimétricas entre 1.000 a 1.200 e acima de 1.700 metros são, em geral, mais recentes (Holoceno) do que aquelas se encontram em posições entre 1.200 a 1.700 metros, que têm suas gêneses iniciadas no Pleistoceno (Figura 2 e Tabela 1).

Considerando os princípios estratigráficos de superposição de camadas (Ribeiro 2001) e os valores de $\delta^{13}\text{C}$, a turfeira Pinheiro, situada sobre a Formação Sopa-Brumadinho (altitude média de 1.247m) teve sua gênese iniciada no final do Pleistoceno ($21.517 - 23.369$ anos A.P.) quando poderia haver predomínio de plantas do ciclo fotossintético C_3 (árvores e arbustos). A partir de $5.585 - 5.941$ anos A.P. (Holoceno) o teor de $\delta^{13}\text{C}$ se torna mais elevado (Tabela 1), o que sugere ampliação da área ocupada por espécies dos ciclos CAM (bromélias, cactos e algumas *euphorbiaceae*) e C_4 (gramíneas tropicais), típicas da fitofisionomia campo rupestre, que coloniza a área atualmente.

A turfeira Sempre-Vivas III situa-se sobre litologias da Formação Galho do Miguel, a uma altitude de 1168m. As idades ^{14}C e os teores de $\delta^{13}\text{C}$ permitem inferir que foi formada no Holoceno e colonizada predominantemente por espécies C_3 e CAM. Na turfeira Sempre-Vivas I, situada na mesma unidade geológica, a uma altitude de 1261m, as idades ^{14}C e os teores de $\delta^{13}\text{C}$ apontam para uma formação iniciada Holoceno e para uma maior contribuição de plantas C_4 na sua gênese (Tabela 1).

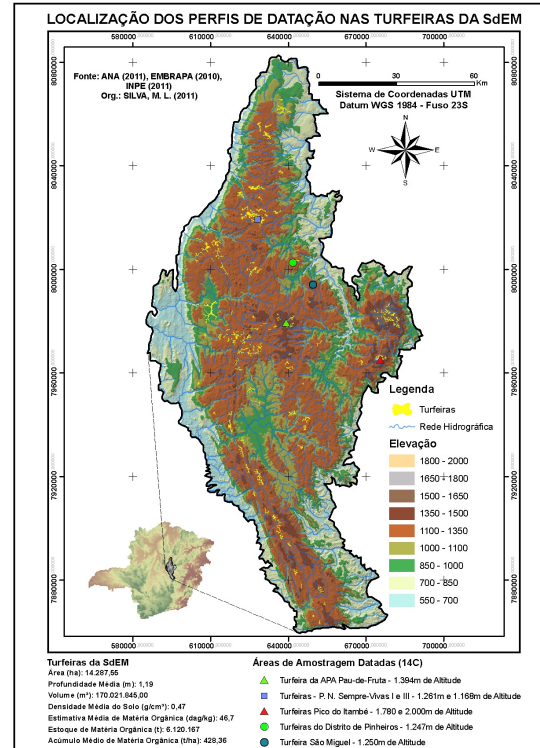


Figura 2. Altitudes e turfeiras mapeadas e datadas por ^{14}C na Serra do Espinhaço Meridional - SdEM.

A turfeira São Miguel situa-se sobre litologias da Formação Sopa-Brumadinho e é a mais antiga da SdEM, tendo sua formação iniciada por volta de 42.175 ± 3390 anos A.P (Pleistoceno). Os teores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre o Holoceno e o Pleistoceno e permitem inferir predomínio de espécies C_3 no Pleistoceno e maior contribuição de espécies C_4 e CAM no Holoceno (Tabela 1).

As turfeiras do Pico do Itambé (I e II) estão situadas sobre a Formação Sopa-Brumadinho, com altitudes, respectivamente 1780 e 2000 metros. Apresentam idades radiocarbônicas holocênicas e seus teores de $\delta^{13}\text{C}$ evidenciam um predomínio de plantas C_3 na Itambé I e de espécies CAM na Itambé II (Tabela 1).

Silva et al (2013a e b), analisando a composição isotópica de uma turfeira da SdEM, não encontraram, em nenhum estágio da formação desses pedoambientes, o predomínio de espécies de ciclo fotossintético C_4 . Esses resultados corroboram com os obtidos por Zinck et al. (2011) em estudos realizados em turfeiras na Venezuela, que encontraram valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre $-23,4$ e $-27,3$ ‰ e idades radiocarbônicas entre 6.435 e 200 anos A.P. Tanto as turfeiras estudadas por Zinck et al. (2011) na Venezuela como as européias (Salgado-Labouriau, 2007) são do Holoceno e foram afetadas pela última glaciação (Würm-Wisconsin). As turfeiras da SdEM se formaram tanto no Holoceno como no Pleistoceno (Tabela 1).

Analisando-se em conjunto os teores de $\delta^{13}\text{C}$ e

as idades radiocarbônicas entre e dentro das turfeiras (Tabela 1) pode-se inferir que aquelas que tiveram sua formação iniciada no Pleistoceno apresentam evidências de mudanças na composição florística de sua cobertura vegetal e aquelas com gênese iniciada no Holoceno não apresentam estas evidências, corroborando os resultados obtidos por Campos et al., (2010), Horak et.al., (2011) e Silva et al. (2013a e b).

CONCLUSÕES

No Espinhaço Meridional, as turfeiras que se situam em posições altimétricas de 1.000 a 1.200m e acima de 1.700m são mais recentes (Holocênicas), ao passo que aquelas que ocupam posições entre 1.200 e 1.700m de altitude são mais antigas (Pleistocênicas).

Na SdEM, elas começaram a ser formadas no Pleistoceno Superior (42.175 ± 3390 anos A.P.) e a composição florística de sua cobertura vegetal variou entre o Pleistoceno e o Holoceno, sugerindo mudanças paleoambientais.

As turfeiras da SdEM são ambientes com grande potencial para estudos cronológicos e de mudanças paleoambientais em, representativos de uma vasta região tropical. Além de isótopos de carbono, estudos palinológicos e de fitólitos devem ser levados a cabo com intuito de elevar a precisão das informações. Esse potencial evidencia a necessidade urgente e emergente de conservação e preservação desses pedoambientes.

AGRADECIMENTOS

À UFVJM, FAPEMIG, CNPq, CAPES.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, J. R. R. et. al. Pedochronology and development of peat bog in the environmental

protection área Pau-de-Fruta – Diamantina, Brazil. R. Bras. Ci. Solo, 34: 1965-1975, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

GORHAM, E. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. Ecological Applications, 1:182-195, 1991.

HORAK, I. et al. Pedological and isotopic relations of a highland tropical peatland, Mountain Range of the Southern Espinhaço (Brazil). R. Bras. Ci. Solo, 35: 41-52, 2011.

MARTINELLI, L. A et al. Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis. São Paulo, Oficina de Textos, 2009. 144p.

PESENDA, L.C.R. et al. O Laboratório de Radiocarbono do CENA/USP no Programa Internacional de Interação Laboratorial de Resultados. Química Nova, 16(3), 1993.

RIBEIRO, H. J. P. S. (org). Estratigrafia de seqüências: fundamentos e aplicações. São Leopoldo: Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2001.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. Critérios e técnicas para o Quaternário. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

SILVA, A. C. et al. Composição lignocelulósica e isotópica da vegetação e da matéria orgânica do solo de uma turfeira tropical: II - substâncias húmicas e processos de humificação. R. Bras. Ci. Solo, 37(1): 134-144, 2013b.

SILVA, E. V. et al. Composição lignocelulósica e isotópica da vegetação e da matéria orgânica do solo de uma turfeira tropical: I - composição florística, fitomassa e acúmulo de carbono. R. Bras. Ci. Solo, 37(1): 121-133, 2013a.

ZINCK, J. A. et al. Tepui Peatlands: age record and environmental changes. In: _____, HUBER, O. (Eds.). Peatlands of the Western Guayana Highlands, Venezuela: properties and paleogeographic significance of peats. New York: Springer, 2011. p. 189-235 (Ecological Studies v. 217).

Tabela 1. Idades radiocarbônicas e composições isotópicas de perfis de turfeiras da SdEM.

Local dos Perfis	Coordenadas		Altitude (m)	Prof. (cm)	Idade ¹⁴ C (anos A.P.)	Idade ¹⁴ C Calibrada (A.P./I.C.)	δ ¹³ C (‰)	N. Laborat.
	Longit.	Latit.						
Pinheiro	641495	8002200	1247	0-40	5010 ± 100	5585 – 5941	-20,86	CEN 1177
Pinheiro	641495	8002200	1247	124-164	18800 + 360 - 350	21517 - 23369	-23,72	CEN 1176
Sempre-Vivas III	623041	8022418	1168	3-6	Moderna	*1957 – 1959	-23,44	CEN 1174
Sempre-Vivas III	623041	8022418	1168	35- 40	890 ± 100	663 - 978	-23,65	CEN 1175
Sempre-Vivas I	627917	8019052	1261	0-36	Moderna	*1957 – 1958	-20,57	CEN 1178
Sempre-Vivas I	627917	8019052	1261	36-72	5520 ± 170	5928 -6667	-20,25	CEN 1179
São Miguel	649691	7994039	1250	6-14	6800 ± 90	7.665 ± 165	-20,35	CEN 1045
São Miguel	649691	7994039	1250	78-86	23.450 ± 540	28.150 ± 1285	-21,42	CEN 1046
São Miguel	649691	7994039	1250	128-136	35.100 + 5450 ou - 3220	38.850 ± 7835	-24,91	CEN 1049
São Miguel	649691	7994039	1250	158-170	38.100 + 2250 ou - 1750	42.175± 3390	-21,45	CEN 1050
Itambé I	675923	7965062	1780	30-40	930 ± 75	1.120±135	-28,04	CEN 1051
Itambé II	674530	7964905	2000	0-6	Moderna	*1957 – 1959	-22,86	CEN 1052
Itambé II	674530	7964905	2000	12-18	3010 ± 70	3.185±185	-21,28	CEN 1053

Obs.: O resultado está corrigido para o fracionamento isotópico natural (-25‰) e apresentado em idade ¹⁴C convencional em anos antes do presente (AP) em 1σ (68,3% de probabilidade). A idade calibrada, em anos A.P. ou Idade Clendário (IC) foi obtida por meio do Software Calib601.