

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DO RADIOCARBONO (^{14}C) E DA TERMOLUMINESCÊNCIA (TL) NA DATAÇÃO DO QUATERNÁRIO

Kenitiro Suguio¹; Sonia Hatsue Tatumi²; Alcina Magnólia Franca Barreto³.

¹ Instituto de Geociência,

Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 562, Cid. Universitária, 05508-900, São Paulo, SP

Phone: +11 3091-4136. e-mail: kenitirosuguio@hotmail.com

²Laboratório de Vidros e Datações, (LVD), Departamento do Ensino Geral, Faculdade de Tecnologia de São Paulo, Praça Cel. Fernando Prestes, 30, 01124-060, São Paulo, SP, e-mail: tatumi@fatecsp.br

³Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, 50740-530, Recife, PE, Brasil, e-mail: alcina@ufpe.br

RESUMO

Os métodos do radiocarbono (^{14}C) e da termoluminescência (TL) usam conceitos básicos da Física e, como são obtidas idades em número de anos, são conhecidos como métodos absolutos. Além disso, ambos são empregados em datações do Quaternário, isto é, dos últimos 1,81 Ma (milhão de anos) da história da Terra. Desses, o primeiro é conhecido há mais tempo e também é o mais consagrado. Mas, o método do radiocarbono necessita de amostra, com carbono que, em geral, é representada por restos orgânicos e, além disso, o seu alcance temporal é relativamente restrito (cerca de 30 mil anos pelo método convencional). Por outro lado, como o método da TL usa, por exemplo, amostra de areia quartzosa que é muito mais comum do que restos orgânicos e alcança idades mais antigas (até cerca de 1Ma) vem sendo usada com maior frequência no Brasil, nos últimos anos. Porém, a credibilidade neste método é bem menor do que no método do radiocarbono, muitas vezes por falta de conhecimento. Neste trabalho são feitas algumas comparações de resultados encontrados por esses métodos em amostras contíguas.

ABSTRACT

The radiocarbon (^{14}C) and thermoluminescence (TL) methods use basic concepts of Physics and, as their ages are supplied in number of years, they are known as absolute methods. Moreover, both are used in Quaternary dating, that is, the last 1.81 Ma of the Earth's history. Between them, the first is known for longer time, and is the most commonly used. However, the ^{14}C method needs sample with carbon, which in general is represented by organic remains, and it attains only a limited time interval (about 30,000 years by the conventional method). Therefore the TL method, which uses for example quartzose sands much common than organic remains, is being frequently used in Brazil, during the last years. However, its confidence is lower than the radiocarbon method, mostly due to absence of a better knowledge. In this paper, some comparisons of results obtained by these methods are made.

Palavras-Chave: datação absoluta, método do radiocarbono, método da termoluminescência, quaternário

1. INTRODUÇÃO

A datação do Quaternário, que cobre aproximadamente os últimos 1,81 MA é muito importante, pois este período geológico é caracterizado por grandes mudanças paleo-ambientais como, por exemplo, de clima e do nível do mar, além do advento do gênero *Homo* (Suguio, 1999). Os recentes progressos tecnológicos têm colocado à disposição da ciência, equipamentos de alta sensibilidade, que utilizam princípios da Física e da Química nas datações. Os quaternaristas dispõem, hoje em dia, de vários desses métodos, que permitem a realização de pesquisas multidisciplinares.

Entrementes, é necessário sempre ter em mente que, qualquer que seja o método, os equipamentos fornecerão valores numéricos, quase sempre de grande precisão. No entanto, o material que está sendo datado já passou por várias vicissitudes e, desta maneira, é necessário que se tenha uma idéia suficientemente clara sobre os eventos passados da amostra. Sem este discernimento não há quaisquer condições de se interpretar o real significado da idade obtida. Por outro lado, é necessário que haja um contínuo intercâmbio de idéias entre os especialistas envolvidos na determinação das idades e na interpretação dos resultados obtidos.

2. MÉTODO DO RADIOCARBONO (^{14}C)

O carbono é o elemento químico essencial na composição dos organismos terrestres. O Carbono natural é composto de três isótopos: ^{12}C (98,89%) e ^{13}C (1,11%), que são estáveis e o ^{14}C (cerca de 10^{-12}), que é radioativo. O radiocarbono emite partículas β^- , enquanto decai com meia-vida de aproximadamente 5.730 anos. Este isótopo é produzido na estratosfera a altitudes variáveis entre 12 a 15 km através da interação entre os nêutrons dos raios cósmicos secundários com átomos de nitrogênio do ar atmosférico, segundo a reação nuclear $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$. Portanto, este é um dos métodos baseados em radionuclídeos cosmogênicos, segundo Geyh & Schleicher (1990). A taxa média global de produção de ^{14}C é de 7,5kg/ano, mas está sujeita a variações temporais e latitudinais. A quantidade de ^{14}C presente na Terra é cerca de 75t que, sendo reabastecido cosmogenicamente, mantém-se aproximadamente em equilíbrio. Da atmosfera, o ^{14}C é transferido para a Biosfera e Hidrosfera. Quando essa transferência cessa, por exemplo, pela morte do ser vivo (anima ou vegetal), a concentração do radiocarbono na matéria orgânica residual começa a declinar. Este fato possibilita a datação de vários restos orgânicos tais como, madeira, concha e osso, além de

gelo, água subterrânea e espeleotema, com idades variáveis entre o mínimo de 300 anos até cerca de 50.000 anos.

A concentração de ^{14}C na amostra corresponde à radioatividade residual, que pode ser medida por um contador ou por um espectrômetro de massa com acelerador (AMS). A idade é uma função da radioatividade residual, que é encontrada pela seguinte equação:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_0}{A}$$

onde A = atividade radioativa da amostra; A_0 = atividade radioativa inicial (do CO_2 atmosférico); λ = constante de decaimento do radiocarbono ($\ln 2/T_{1/2} = 0,693/5.730 \text{ ano}^{-1}$) e t = idade da amostra em anos. A técnica do contador permite atingir cerca de 30.000 anos e quando a amostra for muito pequena e/ou a idade for mais antiga usa-se o AMS, que permite chegar a mais de 50.000 anos. As vantagens do uso do AMS residem não somente na possibilidade de medida de amostras muito pequenas e de idades mais antigas, mas também na rapidez das análises. A principal desvantagem reside no custo mais elevado.

Entre os métodos físicos de datação do Quaternário o do radiocarbono é o mais conhecido e o mais comumente empregado. Os problemas geofísicos relacionados ao sistema do radiocarbono, que causavam incompreensões e confusões durante os últimos 50 anos desde a sua descoberta no início da década de 1950, acham-se na maioria já equacionadas. Além disso, a precisão e a versatilidade, acoplada à calibração dendrocronológica, tornam o método do radiocarbono indispensável à maioria das datações de eventos do Quaternário tardio em estudo paleoambientais e arqueológicos, quando amostras adequadas são disponíveis.

3. MÉTODOS DA LUMINESCÊNCIA (TL E LOE)

Quando um cristal iônico é exposto à radiação ionizante (partícula- α , partícula- β e radiação- γ), oriunda de isótopos como ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K e seus filhos encontrados no solo e nos raios cósmicos, são criados defeitos em sua rede cristalina. Portanto, este método foi incluído por Geyh & Schleicher (1990), entre os baseados em danos por radiação. Além disso, elétrons e/ou íons positivos são liberados pela ionização, se estes forem aprisionados nos defeitos, temos a formação de estados meta-estáveis dentro do cristal. Posteriormente, por aquecimento do cristal, por exemplo, as cargas podem ser liberadas e recombinadas emitindo luz, esta luz é denominada Termoluminescência (TL). Se o cristal, ao invés de aquecimento, for estimulado opticamente por uma luz, com comprimento de onda previamente estabelecido, também emitirá luz e ela é denominada luminescência opticamente estimulada (LOE). As intensidades de luzes emitidas serão proporcionais às quantidades de estados meta-estáveis criados na rede que será, por sua vez, proporcional ao tempo em que o cristal ficou submetido às radiações ionizantes e este tempo é denominado Idade. Então, a idade (I) é determinada através da equação:

$$I = \frac{DA}{D_{\beta} + D_{\gamma} + D_{r.c.}}$$

onde DA é a dose acumulada pela incidência da radiação ionizante no cristal, D_{β} , D_{γ} e $D_{r.c.}$ são as doses anuais da radiação beta, gama e dos raios cósmicos, respectivamente. A dose relativa à partícula alfa não é levada em conta, pois sua contribuição, que fica na superfície cristal, é retirada submetendo o cristal a um ataque químico. A idade do cristal é “zerada”, quando ele é submetido à queima, como acontece em fragmentos de cerâmica queimada, de lavas vulcânicas, etc. Por outro lado, as intensidades de TL ou de LOE caem com a incidência de luz solar até um nível chamado de residual, após 16 horas no caso de TL, enquanto que a intensidade da LOE decai rapidamente em questão de minutos. Essas diferenças de tempos necessários ao decaimento fazem com que a TL seja mais apropriado aos sedimentos eólicos, que ficam muito expostos à luz solar durante o transporte pelo vento, enquanto que a LOE seria talvez mais adequado à datação de cordões litorâneos, colúvios e solo em geral, que não chegam a ser expostos à luz solar por tanto tempo.

Os minerais comumente usados nestas técnicas são o quartzo, o feldspato e os carbonatos. Os espeleotemas e outros carbonatos secundários também podem se empregados e no caso a “idade zero” corresponde ao momento da sua formação. Outro fator que pode causar a diminuição de TL é a pressão e, portanto, os momentos em que as rochas sofreram esforços de cisalhamento por atividades tectônicas também podem se datados.

4. DATAÇÕES POR RADIOCARBONO E POR TERMOLUMINESCÊNCIA

No Brasil, o método do radiocarbono foi pouco empregado até 1970, talvez pela inexistência de laboratórios no país e, além disso, a maior parte das datações realizadas estava relacionada às pesquisas arqueológicas. Mas, nas três últimas décadas foram executadas mais de 1.000 datações em pesquisas paleoambientais, relacionadas principalmente às variações dos paleoníveis do mar no Holoceno (Martin et al. 1966) e às mudanças paleoclimáticas (Suguio et al., 1993) no Quaternário tardio.

Por outro lado, embora aplicação intensiva de TL em datação de material cerâmico tenha ocorrido há muito tempo (Grögler et al. 1958), no Brasil o método era praticamente ignorado pelos quaternaristas. Um dos primeiros trabalhos deve-se a Poupeau et al. (1988). Porém a primeira aplicação mais sistemática em geologia do Quaternário foi realizada por Barreto (1996) e mais recentemente por Sallun (2003).

Durante essas pesquisas do Quaternário tardio foi possível comparar alguns resultados de idades ^{14}C e de TL de amostras contíguas. Talvez, o caso mais espetacular esteja relacionado à idade ^{14}C de 10.990 ± 80 anos A.P. obtida na base de um depósito de turfa com cerca de 3,5m de espessura e de TL de 10.700 ± 300 anos A.P. do topo da areia eólica sotoposta na Vereda do saquinho ao longo do Rio Icatu, BA (Barreto, 1996). Essas idades mostram claramente que, considerando-se as incertezas dos métodos,

praticamente não houve qualquer hiato entre o término da sedimentação da areia eólica e início da instalação da tufeira superposta. Outro caso foi constatado na mesma região das dunas fixadas do médio Rio São Francisco (BA), entre a idade ^{14}C de 2.190 ± 100 anos A.P. e a idade TL de 1.900 ± 200 anos A.P., também em amostras contíguas.

Por outro lado, em estudo recente de depósitos quaternários da região de Marília e Presidente Prudente (SP), Sallun (2003) verificou que enquanto as areias dos depósitos colúvio-eluviais forneceram idade entre 10.000 ± 1.200 a $1.188.000 \pm 130.000$ anos pelo método da TL, fragmentos de carvão contidos nesses depósitos indicaram idades ^{14}C bem inferiores, sugerindo que sua incorporação nos depósitos colúvio-eluviais tenha ocorrido tardiamente por mecanismos independentes.

5. CONCLUSÕES

Os estudos sistemáticos de datação por radiocarbono e por TL indicam que esses métodos funcionam satisfatoriamente, contanto que se tenha uma idéia bastante clara das vicissitudes pelas quais passaram as amostras desde a sedimentação até a coleta e a datação. Como o método do ^{14}C exige amostras, em geral, com restos orgânicos e, além disso, apresenta um limite de idade relativamente pequeno, os métodos de luminescência (TL e LOE) são potencialmente importantes na datação de depósitos que não contenham restos orgânicos ou com idades fora do alcance do radiocarbono até o limite de cerca de 1 milhão de anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, A.M.F. (1996). Interpretação Paleoambiental do Sistema de Dunas Fixadas do Médio Rio São Francisco, Bahia. São Paulo : 174p. Tese de doutorado, Instituto de Geociências-USP (Inédita).
- GEYH, A.A. & SCHLEICHER, H. (1990) Absolute Age Determination. Berlin: Springer-Verlag, 503p.
- GRÖGLER, N.; HOUTERMANS, E.G. & STAUFFER, H. (1958). Radiation Damage as a Research Tool for Geology and Prehistory. Convegno sulle datazioni con metodi nucleari, 5^a, Rass. Internaz. Electric Nucl., sezione Nucleari; 5-15.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; DOMINGUEZ, J.M.L. & BITTENCOURT, A.C.S.P. (1996) Quaternary Sea-Level History and Variations in Dynamics along the Central Brazilian Coast: Consequences on Coastal Plain Construction. An.Acad.Bras.Ci-en., 68:303-354.
- POUPEAU, G., SOUZA, J.H. & SOLIANI JÚNIOR, E.L. (1994) Dating Quartzose sand of the Coastal province of Rio Grande do Sul, Brazil by Thermoluminescence. Pesquisas, 16: 250-268.
- SALLUN, A.E.M. (2003) Depósitos Cenozóicos da Região entre Marília e Presidente Prudente (SP). São Paulo: 171 p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências-USP (Inédita).
- SUGUIO, K. (1999) Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro ?). São Paulo: Paulo's Editora, 366p.

SUGUIO, K.; ABSY, M.L.; FLEXOR, J.M.; LEDRU, M.P.; MARTIN, L.; SIFEDINE, A.; SOUBIES, F.; TURCO, B. & YBERT, J.P. (1993) The Evolution of the Continental and Coastal Environments during the Last Climatic Cycle in Brazil (129ky to present). Bol.IG-USP, Sér.Cient., 24:27-41.