



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A UTILIZAÇÃO DA LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE) EM ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS DOS RIOS JACARÉ-GUAÇU E JACARÉ PEPIRA (SP)

Éverton Vinícius Valezio ^(a), Archimedes Perez Filho ^(b)

^(a) Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, evertonvalezio@gmail.com

^(b) Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, archi@ige.unicamp.br

Eixo: Geocronologia, estudos paleoambientais e mudanças globais

Resumo

As cíclicas transformações nas formas e processos ao longo do Quaternário, condicionaram a expansão de estudos ligados aos depósitos sedimentares e material de recobrimento das formas terrestres. Associada a evolução dos estudos em geomorfologia do Quaternário, tanto nacional quanto internacional, técnicas de datações absolutas tem sido utilizadas para melhor compreensão dos processos deposicionais e, conseqüentemente, de evolução da paisagem. Dentre elas, destaca-se a Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), atuante na determinação cronológica em que os minerais de quartzo e/ou feldspato estiveram expostos a luz solar pela última vez a um contínuo de 16 horas. Embora tenha sido largamente empregado nos estudos da paisagem, o marcador geocronológico, para ter efeito potencializado, ainda carece de refinamentos. Para tal, selecionamos três exemplos de materiais e formas datadas por LOE-SAR nos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira (SP), para salientar que, embora tomado os devidos cuidados, os processos terrestres podem ser ainda mais complexos.

Palavras chave: Luminescência Opticamente Estimulada, Geomorfologia fluvial, Quaternário, Terraços fluviais

1. Introdução

Empregada em estudos de cunho ambiental desde a década de 1980, a datação absoluta por luminescência opticamente estimulada (LOE) se efetivou como complemento as



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

datações por Carbono 14, técnica já reconhecida e aplicada, e vem se consolidando como metodologia substancial no estudo cronológico da paisagem.

Utilizada em materiais de origem sedimentar, a LOE passa a ser fundamental para estudos climáticos quaternários, dada sua amplitude cronológica. Abrangendo o intervalo aproximado de 700 mil a centenas de anos (AITKEN, 1992), o marcador cronológico se utiliza de minerais de quartzo e feldspato para medições de acúmulo de radiação e estabelecimento de idades deposicionais, embora ocorra a prevalência pelo quartzo pela sua capacidade de zeramento de forma mais rápida (WALLINGA, 2002).

A luminescência é um evento ótico baseado na emissão de luz dos minerais cristalinos ao serem estimulados por fonte monocromática de luz, sendo sua intensidade atrelada ao acúmulo progressivo de radiação ionizante natural (oriunda do decaimento dos radionuclídeos Tório, Urânio e Potássio) após o recobrimento sedimentar dos minerais. Os picos de intensidade da luz emitida se relacionam ao tempo e a capacidade de retenção dos elétrons nas imperfeições da estrutura cristalina, sendo assim, passível a determinação da dose de radiação recebida no último evento completo de exposição à luz solar (HUNTLEY et al., 1985; LIRITZIS et al., 2013).

Para a área das ciências da terra, reitera-se o papel que este geocronômetro pode exercer na elucidação da dinâmica dos sistemas naturais, dispostos como balizadores cronológicos para interpretações de evolução da paisagem. Aplicada nos mais diversos tipos climáticos, como depósitos glaciais (THOMAS et al, 2006), eólicos (YANG et al, 2012), coluvionares (PINTON, 2016) e fluviais (RITTENOUR, 2008), a luminescência opticamente estimulada auxilia na interpretação dos componentes físicos da paisagem ao longo do Quaternário, cuja ciclicidade climática em intervalos reduzidos de tempo, expõe a complexidade do período.

Embora tenha se consolidado como um dos mais importantes marcadores cronológicos dos depósitos sedimentares, também está sujeita a erros de validação, influenciados por imprecisões decorrentes da bioturbação, fotoesvaziamento incompleto e



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

variação na sensibilidade das curvas de calibração. Tais limitações, apontadas por diversos autores (GUEDES et al, 2011; RIXHON et al, 2017), podem ser melhor compreendidas para que o geocronometro continue evoluindo e se consolidando nas pesquisas de evolução da paisagem.

Desta forma, o trabalho aborda a inserção da LOE como técnica de datação absoluta para estudos das formas em dois sistemas fluviais brasileiros, suas validações e aplicações, trazendo casos específicos de incoerência cronológica em depósitos aluviais dos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu, estado de São Paulo, decorrentes de erros de validação e de apreensão do ritmo de dinâmica dos processos em ambiente fluvial.

2. Influências de alteração nos resultados por LOE

O principal fenômeno de alteração em minerais datados é o fotoesvaziamento, capaz de modificar as perspectivas cronológicas – subestimação ou superestimação –, ao não recepcionarem radiação cósmica suficiente para o zeramento completo dos minerais (THOMAS et al, 2006; LÜ; SUN, 2011).

O tamanho dos minerais de quartzo é significativo na sensibilidade da luminescência. A “tamanho dependência” se associa ao transporte da partícula, o que justificaria menores erros por *bleaching* do material transportado de areias finas. Segundo Lü e Sun (2011), isso se daria por dois princípios: o do que a granulometria reflete a melhor seleção pelo vento, sendo as menores frações estão associadas a fontes mais distais, quando comparadas ao material mais grosso, associado a fontes mais proximais; e o segundo, partindo do princípio de que as partículas mais finas podem ser transportados por maiores distâncias, os minerais de quartzo passam a ter mais oportunidades de serem expostos a luz solar em ciclo completo, sendo totalmente zeradas. Logo, grãos mais finos poderiam gerar sinais mais fortes e resultados mais eficientes quando datados por LOE por conta da “sensibilidade crescente”.

Segundo Sawakuchi et al (2011) e Steffen et al. (2009), o quartzo, formado em condições de altas temperaturas (superiores a 500°C), possui alta sensibilidade por conta do



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

aumento dos defeitos no retículo cristalino, o que Kuhns et al (2000) denomina de *light-sensitive traps*, enquanto sedimentos fluviais com curta distâncias de transporte, possuem uma sensibilidade relativamente baixa.

A história termal (temperatura de cristalização) e os ciclos de soterramento e exposição, são os principais fatores naturais que controlam a sensibilidade do mineral, embora o aumento esteja atrelado substancialmente ao transporte dos sedimentos, superando a influência da sensibilidade herdada da rocha fonte (SAWAKUCHI et al, 2011). A forma das curvas de decaimento exponencial, segundo os autores, também possui padrão para identificação de bons sinais de luminescência. Tais curvas possuem estreito e alto pico de intensidade no início da estimulação, seguido por sinal quase constante, sugerindo que amostras com esse tipo de comportamento possuem maiores chances de gerarem resultados consistentes (maior sensibilidade).

A história sedimentar de depósitos fluviais também pode ser interrompida pela macrofauna dos solos. O fotoesvaziamento dos minerais ligado a realocação das partículas em subsuperfície por bioturbação podem gerar imprecisões nos dados absolutos, como nos casos das térmitas, que nos processos de ascensão do material à superfície e reenterro das partículas, redefinem o registro sedimentar e estimulam o zeramento incompleto dos cristais (BATEMAN et al, 2003; KRISTENSEN et al, 2015).

Segundo Breuning-Madsen et al (2017) a migração da argila também poderia influenciar a taxa de dose ambiental usada para calcular as idades, por sua ligação com os isótopos radioativos. As distribuições das doses de radiação podem estar relacionadas a uma mistura heterogênea das partículas, ao “*bleaching*” incompleto ou uma mistura destes dois fatores. Partículas de silte, argila, carbonatos e ferro devem ser evitadas, uma vez que, após depositadas, interferem no tempo do sinal de luminescência, alterando as concentrações de radionuclídeos e, assim, perturbando a estrutura cristalina do mineral de quartzo ou feldspato.

Em resumo, Guedes et al (2011) aponta para as influências do teor da umidade na amostra pela atenuação da radiação; a lixiviação ou precipitação de minerais de elementos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

radioativos que geraria alteração da dose anual; fotoesvaziamento incompleto pela alta dose residual; e mudanças na sensibilidade da LOE das alíquotas, gerando problemas de interpretação pela super ou subestimação das idades.

3. Materiais e Métodos

Situados nas planícies fluviais dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, estado de São Paulo, os pontos amostrais possuem em comum a presença de fatores climáticos, geológicos e vegetacionais. As bacias hidrográficas, que se dispõem no centro geográfico do estado, são paralelas e com áreas de 4.026,3 km² e 2.573,5 km², respectivamente (Figura 1).

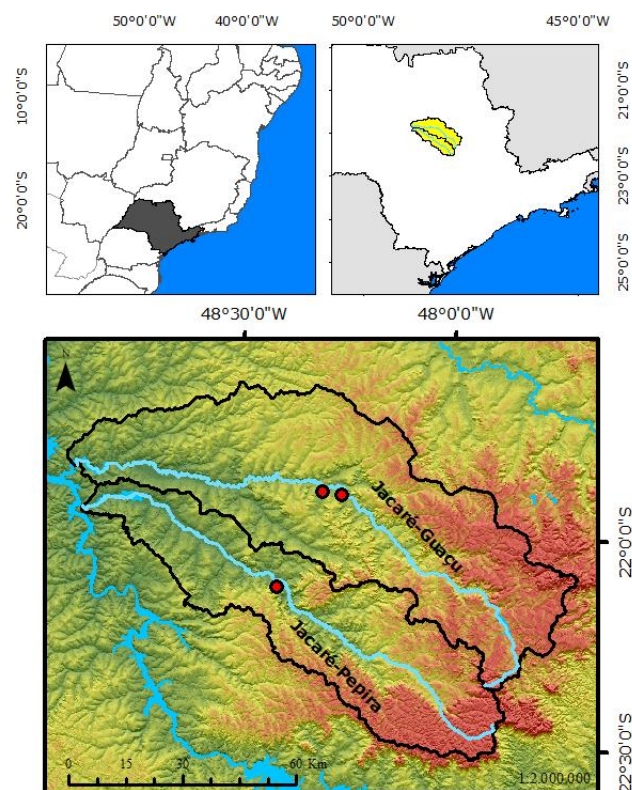


Figura 1: Localização das bacias hidrográficas dos rios Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira e das amostras coletadas

A alteração química é condicionada pelas temperaturas médias superiores a 22°C nos meses mais quentes e pouco inferiores a 18°C nos períodos frios e chuvas sazonais entre os



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

meses de novembro e abril, com médias de 1341mm para a área que abrange os pontos do rio Jacaré-Guaçu, e médias de 1290mm para área amostrada no rio Jacaré-Pepira, ambas em médio curso de seus rios (IPT, 2003). Essa configuração climática contribui para o estabelecimento de vegetação higrófila e arbustiva nas planícies fluviais, floresta estacional semidecidual e floresta ombrófila, que embora mais rarefeita, permanece em áreas de menor acesso as atividades antrópicas ou cuja atividade econômica se volta ao turismo; assim como permite a utilização agropecuária das terras de forma cada vez mais intensa, que somada a expansão dos setores urbanos, possuem papel importante nos processos de fornecimento de carga detritica aos leitos dos canais fluviais.

A identificação das formas datadas se desmembrou no trabalho de gabinete e de campo. A primeira etapa se estruturou na análise e interpretação das imagens orbitais Rapideye e CBERS-2B sensor HRC e não orbitais (fotografias aéreas com escala aproximada de 1:25.000), e no mapeamento das feições de ambiente fluvial, sobretudo terraços, meandros abandonados e bacias de decantação, efetuados em ambiente SIG (ArcGis 10.1). A segunda etapa foi partilhada em dois momentos. O primeiro, em 2014, com a coleta de amostras no rio Jacaré-Pepira, e a segunda em 2018, com amostras coletadas no rio Jacaré-Guaçu. O conjunto total de amostras coletas foi enviado para o laboratório Datação Ltda., sendo estas 3 selecionadas por resultarem em idades superestimadas para o tipo de depósito datado.

Todas as amostras foram coletadas em tubo de PVC opaco de 50 centímetros de comprimento e 6 de diâmetro. Os tubos foram introduzidos horizontalmente nos perfis, lacrados nas extremidades com *caps* também de PVC após preenchimento total do tubo – evitando translocação no pós coleta – e recobertos por material plástico de cor preta para impossibilitar o material de ser exposto à radiação cósmica.

As idades das amostras foram estimadas pela datação por LOE pela utilização do protocolo SAR (*Single Aliquot Regenerative-dose*), conforme descritas por Murray e Wintle (2000) e Wintle e Murray (2006). O protocolo foi utilizado para todas as amostras coletadas, diferindo apenas quanto ao número de curvas de calibração. Foram estabelecidas 15 alíquotas



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

para a amostra de aluvião recente do rio Jacaré-Pepira e 25 alíquotas para as amostras de barra de pontal e baixo terraço fluvial do rio Jacaré-Guaçu, dada a diferença temporal de coleta das amostras (anos de 2014 e 2018) e o subsequente desenvolvimento da técnica.

4. Resultados e Discussões

Para o material datado, foram definidas idades absolutas superiores a 20 mil anos para as três amostras, destacando-se a idade de 38.650 anos para a barra de pontal de meandro abandonado na planície moderna do rio Jacaré-Guaçu e de 29.250 anos para o aluvião recente em depósito às margens do canal atual do rio Jacaré-Pepira. Tais idades apontariam para processos pleistocênicos de elaboração. (Tabela 1).

O desvio padrão para todas as amostras é relativamente baixo, não superando o 3,1 da amostra 1 do rio Jacaré-Guaçu. Os valores dos radionuclídeos (detectados pela técnica de radiação γ) também não se mostraram incondizentes e não evidenciaram nenhuma anomalia de Tório (ppm), Urânio (ppm) ou Potássio (%).

Tabela 1: Amostras datadas por LOE e suas respectivas características

Amostras	Forma/depósito	Dose anual (Gy/ano)	Desvio Padrão	P (Gy)	Idade (anos)
Guaçu 1	Barra de pontal	1.130 ± 120	3,1	43,7	38.650 ± 4.970
Guaçu 2	Baixo terraço	1.210 ± 140	1,7	31,5	26.000 ± 3.330
Pepira 1	Aluvião	800 ± 60	1,9	23,3	29.250 ± 3.550

A granulometria nos locais de coleta (130 centímetros de profundidade e 1 metro acima do nível atual do rio para a amostra Guaçu 1; 100 centímetros de profundidade e a 2 metros do nível atual do rio para a amostra Guaçu 2; e 75 centímetros e 1 metro acima do nível atual do rio para a amostra Pepira 1), indicam a substancial presença da fração areia nestas profundidades, especialmente para o aluvião e a barra de pontal. Na amostra Guaçu 1,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

a relação areia chega a ser de 97,7%, sendo de 34,4% de areia média e 60,3% de areia fina, com ínfima presença de finos (Figura 2).

No ponto 2 do Jacaré-Guaçu, há um destaque para a presença de finos. Silte e argila correspondem a 31,3% da amostra, com uma parcela de 55,9% de areia fina e muito fina. A maior presença de material argiloso e silteoso poderia, conforme aborda Breuning-Madsen et al (2017), exercer alguma influência na concentração de radionuclídeos. A translocação de partículas mais jovens poderia ter influenciado nos resultados, dada a flutuação de idades no histograma devido a heterogeneidade de partículas e, conseqüentemente, tempos distintos de exposição das amostras à radiação cósmica.

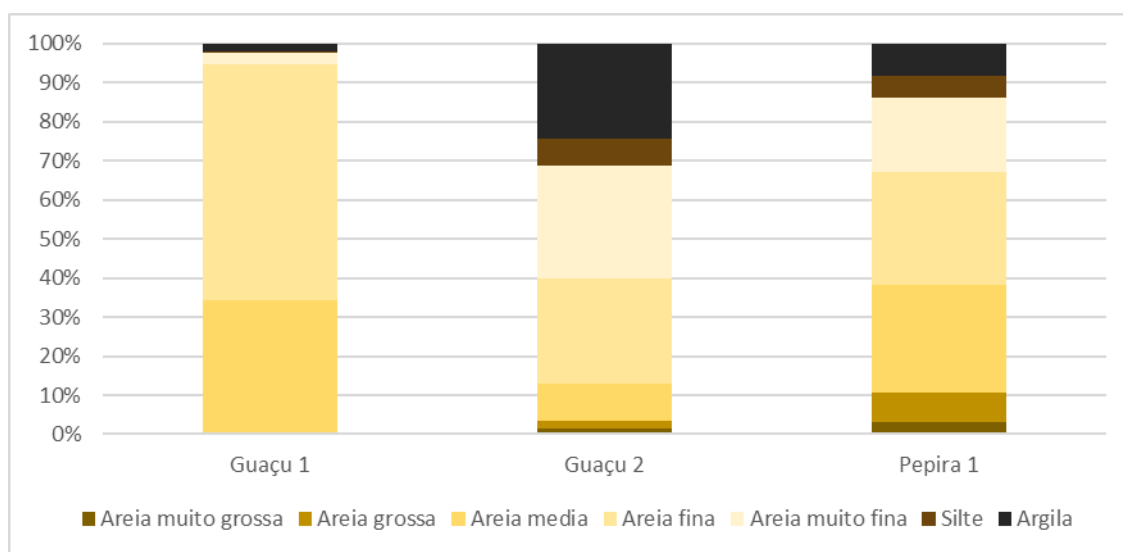


Figura 2: Granulometria do material coletado para datação por LOE

Os gráficos radiais derivados das amostras do rio Jacaré-Guaçu indicam a distribuição de frequência de doses equivalentes concentrados entre 40 e 50 Gy para a amostra de barra de pontal e 28 a 38 Gy para a amostra de terraço. A dispersão das alíquotas é reduzida nestas duas amostras, mostrando a distribuição da frequência etária em um intervalo não muito discrepante no eixo Z (face côncava a direita), aglutinando-se na extensão



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

horizontal da barra de dispersão (faixa ± 2 no lado esquerdo do gráfico), pouco incomum para sedimentos típicos de deposição fluvial. O gráfico abanico relata uma considerável precisão e dispersão não muito expressiva para a amostra Guaçu 1 e 2. Embora as populações etárias sejam mais homogêneas, as idades absolutas encontradas se mostraram incondizentes para o tempo de evolução destas formas no ambiente fluvial (Figura 3).

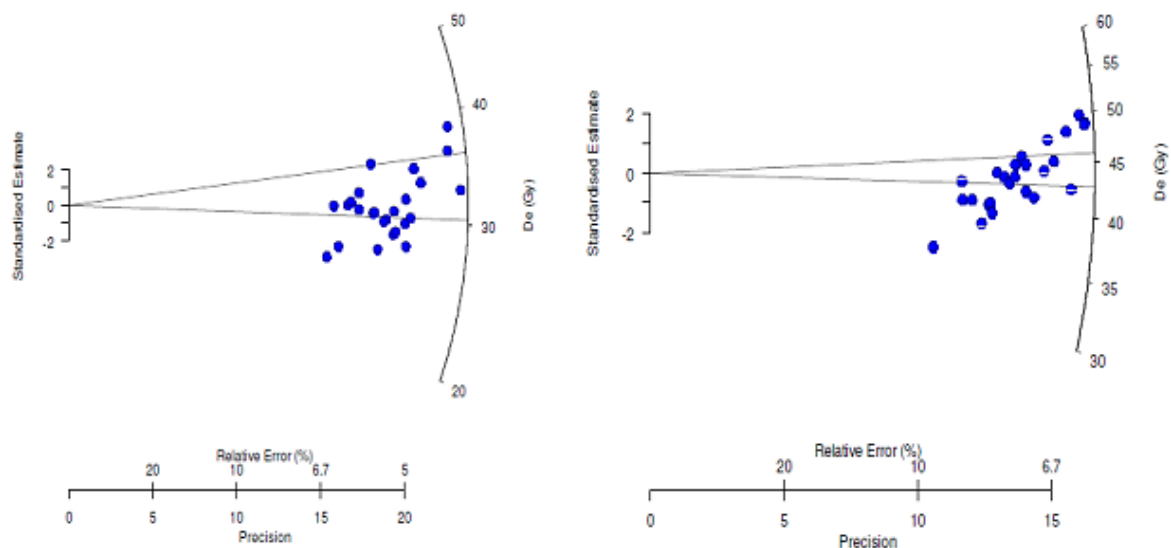


Figura 3: *Plots* radiais das doses equivalentes (De) obtidas das 25 alíquotas empregadas para a amostra Guaçu 1 e Guaçu 2, respectivamente

As idades apresentadas pelos materiais parecem incondizentes com as esperadas para as formas em que estavam dispostas. Depósitos recentes – como o aluvião e a barra de pontal – não apresentariam condições de evolução para idades tão elevadas, uma vez que outros pontos de controle datados em nível de baixos terraços, por nós e outros pesquisadores, apresentaram idades mais recentes.

Acreditamos que tais minerais não tiveram tempo suficiente para que houvesse o fotoesvaziamento total, pela dinâmica natural de transporte (rápida deposição pelo tamanho das partículas na amostra da barra de pontal); uma possível história sedimentar variada para



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

os minerais, fazendo com que o histograma das doses equivalentes tivessem heterogeneidade entre dose (Gy) e Frequência (alíquotas) no caso da amostra de aluvião. A presença de finos em suspensão – e no baixo terraço do Jacaré-Guaçu – podem ter obliterado a radiação durante o transporte ou tido algum efeito pós deposicional no perfil. O processo de retrabalhamento ou deposição rápida pode ter acumulado períodos incompletos de radiação cósmica sem que houvesse o pleno fotoesvaziamento, principalmente nas amostras Guaçu 1 e Pepira 1.

A superestimação das idades dos materiais datados reflete mais que variações da sensibilidade do quartzo ou radiação ionizante pós soterramento, já que pelo protocolo SAR tais questões são amenizadas e os valores dos isótopos radioativos não exprimiram anomalias de concentração. Há assim, indicativos de diferenças de procedência, história deposicional e demais processos que permitiram aos minerais coletados oportunidades incompletas de recepcionarem irradiação cósmica.

5. Considerações Finais

A descoberta das diferentes sensibilidades dos minerais de quartzo foi um passo importante para o refino da metodologia (estabelecimento do protocolo SAR) para substancializar o estudo de sistemas fluviais. No caso das amostras coletadas, com os locais previamente selecionados em gabinete e reafirmados em campo, priorizou-se depósitos com características arenosas. Contudo, não foram totalmente suficientes para esgotar todas as possibilidades de superestimação das idades.

A dificuldade de datações em depósitos fluviais, frente a outros tipos de ambiente, se dá pela presença de ciclos de irradiação reduzidos ou incompletos que permitem apenas o fotoesvaziamento parcial. Embora a metodologia aponte para diversas variáveis, a datação de sedimentos fluviais por LOE é um avanço significativo para o entendimento do ambiente fluvial e sua evolução ao longo do Quaternário.

Provas adicionais de precisão do método, como em amostras conhecidas, ajudam a refinar a técnica e amenizar riscos quanto a calibração das idades frente ao ambiente estudado.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

6. Agradecimentos

Externamos nossos agradecimentos à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pela viabilização financeira da pesquisa (Processo n. 2016/24390-0).

7. Referências Bibliográficas

AITKEN, M. J. Optical dating. **Quaternary Science Reviews**, v. 11, p. 127-131, 1992.

BREUNING-MANSON, H.; KRISTENSEN, J. A.; AWADZI, T. W.; MURRAY, A. S. Early cultivation and bioturbation cause high long-term soil erosion rates in tropical forests: OSL based evidence from Ghana. **Catena**, v. 151, p. 130-136, 2017.

GUEDES, C.C.F.; SAWAKUCHI, A. O.; GIANNINI, P.F.C.; DEWITT, R.; AGUIAR, A. P. Datação por luminescência opticamente estimulada: princípios e aplicabilidade nos depósitos sedimentares brasileiros. **XIII Congresso da ABEQUA**, Armação dos Búzios/ RJ, 5p, 2011.

HUNTLEY, D. J.; GODFREY-SMITH, D. I.; THEWALT, M. L. W. Optical dating of sediments. **Nature**, v. 313, p. 105-107, 1985.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré. **Relatório 40.674**, São Paulo, 2003.

KRISTENSEN, J. A.; THOMSEN, K. J.; MURRAY, A. S.; BUYLAERT, J-P.; JAIN, M.; BREUNING-MADSEN, H. Quantification of termite bioturbation in a savannah ecosystem: application of OSL dating. **Quaternary Geochronology**, v. 30, p. 334–341, 2015.

KUHNS, C. K.; LARSEN, A.; McKEEVER, S. W. S. Characteristics of LM-OSL from several diferente types of quartz. **Radiation Measurements**, v. 32, p. 413-418, 2000.

LIRITZIS, I.; SINGHVI, A. K.; FEATHERS, J. K.; WAGNER, G. A.; KADEREIT, A.; ZACHARIAS, N.; LI, S. H. **Luminescence dating in Archaeology, Anthropology, and Geoarchaeology**. Springer, 2013.

LÜ, T.; SUN, J. Luminescence sensitivities of quartz grains from eolian deposits in northern China and their implications for provenance. **Quaternary Research**, v. 76, p. 181-189, 2011.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MURRAY, A., WINTLE, A.G. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. **Radiation Measurements**, v. 32, p. 57-73, 2000.

PINTON, L. de G. **Evolução dos processos morfogênicos em relevo cuestasiforme: a bacia do córrego do Cavalheiro – Analândia (SP)**. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

RITTENOUR, T. M. Luminescence dating of fluvial deposits: applications to geomorphic, palaeoseismic and archaeological research. **Boreas**, v. 37, p. 613-635, 2008.

RIXHON, G.; BRIANT, R. N.; CORDIER, S.; DUVAL, M.; JONES, A.; SCHOLZ, D. Revealing the pace of river landscape Evolution during the Quaternary: recente developments in numerical dating methods. **Quaternary Science Reviews**, v. 166 ,p. 91-113, 2017.

SAWAKUCHI, A. O.; BLAIR, M. W.; DEWITT, R; FALEIROS, F. M.; HYPOLITO, T.; GUEDES, C.C.F. Thermal history versus sedimentary history: OSL sensitivity of quartz grains extracted from rocks and sediments. **Quaternary Geochronology**, v. 6, p. 262-272, 2011.

STEFFEN, D.; PREUSSER, F.; SCHLUNEGGER, F. OSL quartz age underestimation due to unstable signal componentes. **Quaternary Geochronology**, v. 4, p. 353-362, 2009.

THOMAS, P. J.; MURRAY, A. S.; KJAER, K. H.; FUNDER, S.; LARSEN, E. Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of glacial sediments from Arctic Russia – depositional bleaching and methodological aspects. **Boreas**, v. 35, p. 587-599, 2006.

WALLINGA, J. Optically stimulated luminescence dating of fluvial deposits: a review. **Boreas**, v. 31, p. 303-322, 2002.

WINTLE, A. G.; MURRAY, A. S.A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. **Radiation Measurements**, v. 41, p. 369–391, 2006.

YANG, L.; WANG, T.; ZHOU, J.; LAI, Z. P.; LONG, H. OSL chronology and possible forcing mechanisms of dune Evolution in the Horqin dunefield in nothern China since the Last Glacial Maximum. **Quaternary Research**, v. 78, p. 185-196, 2012.