

COMPARAÇÃO ENTRE IDADES OBTIDAS POR LUMINESCÊNCIA E IDADES RADIOCARBONO DE DEPÓSITOS COLUVIAIS QUATERNÁRIOS – BANANAL E BARRA MANSA (SP/RJ), DEPRESSÃO DO MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL*

Maria Naíse de Oliveira Peixoto¹; Sônia Hatsue Tatumi²; Claudio Limeira Mello⁴; Alcina Magnólia Franca Barreto⁵; Josilda Rodrigues da Silva de Moura⁶.

¹ D.Sc. em Geografia, Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno (NEQUAT/UFRJ), Departamento de Geografia/Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Av. Brigadeiro Trowpowski, s/n, prédio CCMN, sala G026, Ilha do Fundão, cep: 21949-900, Rio de Janeiro (RJ).
Phones: +55 21 2598-9405; 2270-7733. e-mail: naise@ufrj.br

² D.Sc. em Física, Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC/SP), e-mail: tatumi@fatecsp.br

⁴ D.Sc. em Geologia, Departamento de Geologia/Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e-mail: limeira@geologia.ufrj.br

⁵ D.Sc. em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: alcina@npd.ufpe.br

⁶ D.Sc. em Geologia, Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno (NEQUAT/UFRJ), Departamento de Geografia/Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e-mail: josilda@ufrj.br

* Trabalho desenvolvido com o suporte financeiro da FAPERJ e FUJB/UFRJ

RESUMO

O trabalho apresenta idades obtidas pela aplicação de técnicas de luminescência em depósitos coluviais quaternários com preservação de paleohorizonte A enterrado, reconhecidos em cabeceiras de drenagem em anfiteatro na região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ), e discute suas relações com as idades radiocarbono existentes, em torno de 9800 anos B.P (Beta Analytic, Florida, EUA). Foi utilizada a Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) para datação de grãos de feldspato e a Termoluminescência (TL) para grãos de quartzo extraídos dos sedimentos do paleohorizonte e de unidades sobre ou subjacentes, amostrados em tubos de pvc escuros. As análises foram realizadas no Laboratório de Vidros e Datação (Labvidro) da FATEC/SP, utilizando-se o método da regeneração, com protocolo de múltiplas alíquotas. Os resultados obtidos mostram-se muito consistentes do ponto de vista estratigráfico e geomorfológico, e uma excelente correspondência com as idades radiocarbono, permitindo a validação do método na datação de materiais coluviais no ambiente considerado.

ABSTRACT

Luminescence dating results of colluvial deposits with buried A paleohorizon, recognized in amphitheaterlike headwaters in Middle Valley of Paraíba do Sul river (Brazil) are presented, and relationships with previous radiocarbon ages (around 9,800 years B.P., Beta Analytic, Florida, USA) are discussed. OSL (Optical Stimulated Luminescence) was applied to feldspar grains and Thermoluminescence (TL) to quartz grains extracted from paleohorizon sediments and also from depositional units above and below it, collected in dark pipes. LOE and TL analysis were performed at Labvidro (Laboratório de Vidros e Datação – FATEC/SP), using regeneration method, with multiple aliquot protocol. OSL and TL ages are very consistent with stratigraphic and geomorphic framework, and show excellent correspondence with radiocarbon ages. The results allow the validation of the method on dating colluvial materials in hilly domains of Southeastern Brazil.

Palavras-Chave: datação por luminescência; depósitos coluviais, paleohorizonte A.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de o radiocarbono continuar a ser a principal técnica utilizada para a determinação das idades de sedimentos que contêm carbono orgânico e depositados nos últimos 40 mil anos, sedimentos mais antigos e/ou desprovidos de material orgânico ainda permanecem descobertos quanto à obtenção de idades mais precisas. Deste modo, técnicas alternativas são requeridas para a datação destes materiais, destacando-se, na última década, os métodos de datação por luminescência.

Os métodos de datação por luminescência constituem uma “família” de técnicas relacionadas à radiação ambiental que vêm fornecendo uma base importante para a determinação de idades de materiais detríticos, uma vez que datam diretamente a deposição de grãos minerais.

Elas se fundamentam na utilização de minerais que ocorrem naturalmente, principalmente quartzo e feldspatos, como dosímetros que registram a sua exposição à radiação ionizante do ambiente. Esta informação, conjugada a medidas da taxa em que os materiais são expostos à radiação, permite estimar a idade das amostras.

Nos últimos anos, avanços obtidos nas técnicas de luminescência, particularmente na LOE, que emprega métodos de estimulação ótica da amostra, tornou possível datar materiais de uma maior diversidade de ambientes sedimentares (Stokes, 1999; Clarke et al., 1999). O emprego destas técnicas onde exista um arcabouço estratigráfico detalhado mostra-se de grande relevância

para corroborar sua eficiência na cronologia de depósitos quaternários.

Considerando-se estes aspectos, e partindo da ampla base de conhecimentos sobre as unidades deposicionais aluviais, coluviais e al-uvio-coluviais na região do Médio Vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ), o presente estudo teve como objetivo aplicar as técnicas de luminescência para a datação de depósitos com preservação de paleohorizontes A enterrados, datados por radiocarbono em torno de 9800 anos B.P. em estudos anteriores, e em unidades sedimentares situadas em níveis estratigráficos acima e abaixo deste paleohorizonte, a fim de verificar a validade do método para a cronologia dos materiais considerados.

2. DATAÇÃO POR LUMINESCÊNCIA

As bases físicas do método de luminescência residem nos defeitos e impurezas encontrados em cristais iônicos, e em processos de transferência de carga dentro da rede cristalina. Em circunstâncias normais, os átomos existentes dentro da estrutura cristalina residem na mais baixa configuração de energia possível. Entretanto, quando é adicionada energia ao sistema (como por exemplo, por uma fonte de radiação ionizante), elétrons podem ser ejetados das órbitas normais e aprisionados em armadilhas (níveis metaestáveis de energia), devido aos defeitos e impurezas existentes dentro da rede cristalina dos minerais (Duller, 1996; Aitken, 1998).

Uma vez aprisionados, parte da população de elétrons pode ser fixada nestes locais por muitos milhares de anos, até que nova quantidade de energia, introduzida via termal ou excitação ótica desencadeie uma ativação potencial, permitindo que se difundam e se combinem, liberando a energia estocada sob a forma de fótons e retornando ao seu estado estável. O método da TL/LOE baseia-se no fato de que a intensidade da luminescência (TL ou LOE) emitida por uma amostra é proporcional à concentração de estados metaestáveis no cristal, que por sua vez será proporcional ao tempo durante o qual o cristal ficou exposto à radiação ionizante (Stokes, 1999).

Na natureza, a radiação ionizante que atinge os minerais advém da radiação cósmica e de materiais radioativos que se encontram ao seu redor, essencialmente o Urânio, o Tório e seus isótopos radioativos de longa vida, bem como o Potássio, presentes em grande parte dos materiais sedimentares e solos, ao menos como traços, bombardeando-os com radiação α , β e γ . Os grãos de quartzo e feldspato correspondem aos principais minerais utilizados como dosímetros deste processo, e dada a sua abundância na superfície terrestre, têm permitido o emprego crescente do método, ressaltando sua importância quanto à possibilidade de aplicação em diferentes ambientes.

Para materiais sedimentares, o evento capaz de zerar a carga responsável pela luminescência corresponde ao instante durante o qual o sedimento foi exposto pela última vez à luz solar, ou seja, antes do seu soterramento durante a deposição. Deste modo, é considerado como um pressuposto implícito do método que, durante a remoção, transporte e deposição do sedimento, os elétrons anteriormente aprisionados nos defeitos da estrutura

cristalina são substancialmente reduzidos ou removidos, restando apenas uma pequena carga residual não passível de eliminação.

A equação usada para determinar a idade das amostras é dada por:

$$I = \frac{P}{D_{\gamma} + D_{\beta} + D_{\alpha}} \text{ (Gy/ano)}$$

onde I é a idade, P é a paleodose e D_{γ} , D_{β} e D_{α} são as taxas anuais de dose de radiação- γ , partícula- β e partícula- α , respectivamente. A dose relativa à partícula- α não é determinada, pois esta partícula tem um poder de penetração de alguns μm , ficando assim sua ionização restrita à superfície do grão, podendo ser eliminada com HF quando se trabalha com grãos em torno de 0.180 mm. A P é a dose acumulada na amostra, pela radiação, desde o seu momento “zero” até o presente.

Diversos trabalhos demonstram a redução progressiva do sinal de luminescência com o tempo de exposição à luz solar, para diferentes tipos de minerais e em ambientes onde há atenuação significativa do espectro da luz solar, como é o caso de rios, por exemplo. Diferenças importantes entre as técnicas de TL e LOE quanto à rapidez e eficiência no esvaziamento da população de elétrons aprisionados vêm sendo evidenciadas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As seções estratigráficas analisadas – Seção Fazenda Bom Retiro e Seção Fazenda da Cachoeira – situam-se em um sub-compartimento do domínio de colinas e morros da Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, localizado entre as serras do Mar (Planalto da Bocaina) e da Mantiqueira, tendo sido estudadas em trabalhos anteriores (Moura e Meis, 1986; Moura, 1990; Carmo, 1996). Abarcam unidades aloestratigráficas holocênicas e pleistocênicas de expressão regional (Moura e Mello, 1991 e Mello et al., 1995), e encontram-se associadas aos principais padrões geométrico-estratigráficos de cabeceirs de drenagem em anfiteatro reconhecidos na região (Moura et al., 1991). O paleohorizonte A documentado nestas seções foi datado por C^{14} em torno de 9800 anos B.P. (Beta Analytic, Florida, EUA).

A extração dos sedimentos foi realizada mediante a introdução de tubos de pvc escuros, de aproximadamente 50mm de diâmetro e 50 cm de comprimento, em paredes expostas (cortes de estrada), tampados e embalados em sacos pretos grossos e caixas fechadas até o seu tratamento em laboratório.

O método utilizado foi o da regeneração, com protocolo de múltiplas alíquotas, sendo toda a preparação das amostras e análises específicas efetuadas no Laboratório de Vidros e Datação (Labvidro) da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC/SP), pela equipe coordenada pela Dra. Sonia Hatsue Tatumi. Grãos de feldspato com diâmetro entre 88 e 180 μm foram obtidos após tratamento químico com HF a 20% por 45 min, HCl a 20% por 2h, separação dos minerais pesados por líquido denso e peneiramento.

As curvas de decaimento foram mensuradas através do equipamento Daybreak Nuclear and Medical Systems Incorporated, Modelo 1100 – Series Automated TL/OSL System. Na LOE foram usados, para excitação, diodos infravermelho (880nm), e filtro óptico Hoya U-340 (290-370nm) para detecção.

Para a TL foram utilizados cristais de quartzo, sendo as medidas feitas com o mesmo aparelho, e o aquecimento feito com taxa constante e linear de 10°C/s.

As doses anuais foram determinadas através da análise do espectro de radiação- γ natural das amostras, obtido por uma estação de trabalho Inspector Portable Spectroscopy com detector de NaI dopado com Tálcio, modelo 802 (Camberra). O valor da contribuição da radiação cósmica para a dose anual foi assumido como 182 μ Gy/ano (Aitken, 1998). Não foram feitas correções em função do teor de umidade das amostras.

Todas as irradiações com raios- γ foram efetuadas com uma fonte de ⁶⁰Co, e para a redução das intensidades de TL e de LOE naturais, as amostras foram submetidas à exposição solar por 16h.

A partir das medidas feitas, os dados foram analisados mediante a construção de gráficos de calibração para a determinação da Paleodose.

4. RESULTADOS

A seção Fazenda Bom Retiro encontra-se na zona de articulação das encostas com o fundo de vale, cortando transversalmente duas cabeceiras de drenagem em anfiteatro adjacentes: uma suspensa em relação ao nível da drenagem (anfiteatro com hollow côncavo suspenso – HCS), e outra originada pelo entalhe e preenchimento de um paleocanal erosivo por sedimentos alúvio-colúviais (anfiteatro com hollow côncavo-plano – HCP, Moura et al., 1991) – figura 1. Apresenta um pacote sedimentar com aproximadamente 4m de espessura, constituído por 4 unidades colúviais superpostas, estando os depósitos inferiores truncados lateralmente pelos sedimentos alúvio-colúviais do paleocanal erosivo. Da base para o topo, são identificados na seção: (a) materiais argilo-arenosos e areno-argilosos com grânulos de quartzo, de cor vermelha escura, maciços, em discordância erosiva com o embasamento cristalino alterado (Aloformação Santa Vitória); (b) materiais argilo-arenosos amarelados maciços, com muitos grânulos de quartzo (Aloformação Rio do Bananal), preservando um horizonte areno-argiloso de cor castanho-escuro (paleohorizonte A enterrado), com grânulos angulosos de quartzo e fragmentos de carvão datados por radiocarbono em 9830 \pm 140 anos B.P. (Beta 81284, Mello et al., 1995); (c) areias argilosas castanho-amareladas maciças, com freqüentes grânulos e cascalhos localmente alinhados (Aloformação Manso, fácies Fazendinha); (d) areias silticas e areias argilosas castanho-avermelhadas (Aloformação Manso, fácies Quebra-Canto), interdigitadas na sequência superior com os sedimentos da fácies Fazendinha/Alofm. Manso; (e) uma cobertura colúvial areno-argilosa castanho-avermelhada, maciça, com abundantes grânulos e alguns seixos de quartzo,

transicionando para argila arenosa na parte superior do depósito (Aloformação Piracema).

As datações por luminescência obtidas para os perfis apresentados na figura 1 encontram-se expostas na tabela 1. Observa-se que a idade TL da amostra BR 6 (9100 \pm 1100 anos), referente ao paleohorizonte A da Aloformação Rio do Bananal, apresenta excelente correspondência com a idade radiocarbono (9830 \pm 140 anos B.P.), assim como a amostra LOE SBR5, situada na mesma unidade, logo abaixo do paleohorizonte (9900 \pm 1300 anos).

No caso da amostra SBR 7, correspondente aos sedimentos alúvio-colúviais da fácies Quebra-Canto da Aloformação Manso, a datação por LOE (19900 \pm 2800 anos) mostrou-se significativamente mais antiga que as idades LOE e TL da Aloformação Rio do Bananal, em posição estratigráfica inferior. A Aloformação Manso corresponde ao principal marco holocênico dentro da evolução quaternária na região em estudo, relacionada a fluxos de detritos rápidos (debris flows), alternados a fluxos laminares torrenciais (enxurradas) em um sistema de leques aluviais (Mello, 1992). Datações por radiocarbono da sequência basal desta unidade, obtidas em outras seções da região de Bananal (SP/RJ), evidenciaram as idades 8510 \pm 130 anos B.P. e 8860 \pm 120 anos B.P. (facies Quebra-Canto e Fazendinha, respectivamente) – Mello et al. (1995). A condição de transporte rápido e a curta distância é indicativa da possibilidade do não “zeramento” homogêneo dos cristais de feldspato presentes na amostra, provenientes do embasamento alterado e/ou da Aloformação Rio do Bananal, resultando na preservação de uma carga remanescente durante a mobilização dos sedimentos. Esta interpretação é condizente com o fato de a amostra SBR 7 não haver fornecido curvas de decaimento da LOE muito reprodutíveis, resultando na incerteza da idade superior a 10%.

A Seção Fazenda da Cachoeira localiza-se na transição encosta lateral/reentrância de uma cabeceira de drenagem em processo de articulação com o nível da drenagem atual (figura 2). A sucessão sedimentar documentada preenche uma depressão adjacente a um plano de falha subvertical que tronca lateralmente um espesso pacote deposicional (de aproximadamente 10m de espessura) mais antigo, preservado no interflúvio. São individualizadas, da base para o topo, as seguintes unidades sedimentares: (a) materiais argilo-arenosos a areno-argilosos castanhos e avermelhados com mosqueamento acinzentado, com seixos e blocos dispersos compostos por quartzo, líticos e feldspatos, arredondados a subangulosos, maciços, em discordância erosiva com o embasamento cristalino alterado; (b) sedimentos arenosos com matriz argilosa, amarelados, com concentração de seixos e blocos compostos por quartzo, líticos e feldspatos, predominantemente bem arredondados e com sutil orientação, recobertos por (c) uma camada de areia argilosa castanho escura, quartzosa, micácea, pouco feldspática com fragmentos de carvão datados por radiocarbono em 9830 \pm 70 anos B.P. (Beta-81288) – correlacionado ao paleohorizonte A da Aloformação Rio do Bananal; (d) sedimentos argilo-arenosos

avermelhados, com muitos grânulos angulosos de quartzo, maciços (Aloformação Piracema).

Verifica-se, através da tabela 1, que a idade LOE do paleohorizonte A enterrado na Seção Fazenda da Cachoeira (SCAF4) apresentou-se mais elevada (16000 ± 2200 anos) que a sua idade radiocarbono. Neste caso, constatou-se que a elevada inclinação do paleohorizonte A nesta cabeceira causou a mistura com os materiais subjacentes durante a coleta, em virtude do comprimento do tubo de pvc utilizado. A idade LOE dos materiais subjacentes, assim como da base do pacote (SCAF2 e SCAF3), estão em torno de 57000 anos.

A idade da Aloformação Piracema (amostra SCAF5, 6500 ± 750 anos) mostra-se bastante consistente com o seu posicionamento estratigráfico e geomorfológico. Indica uma fase de intenso retrabalhamento dos materiais de encosta ao final do evento Manso, conforme já apontado por Moura e Mello (1991) e Mello et al. (1995).

Tabela 1: Datações por luminescência para depósitos analisados nas seções estratigráficas Fazenda Bom Retiro e Fazenda da Cachoeira, Bananal (SP) e Barra Mansa (RJ) – Modificado de Tatumi et al. (2003).

Amostra	Técnica Utilizada	Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	Paleodose (Gy)	Idade (k anos)	Idades radiocarbono
Seção Fazenda Bom Retiro					
SBR5	LOE-feldspato	2009 ± 55	19.9 ± 2.0	9.9 ± 1.3	–
BR6	TL - quartzo	2192 ± 40	19.9 ± 2.0	9.1 ± 1.1	9830 ± 140 anos BP
SBR7	LOE-feldspato	1356 ± 39	27.0 ± 3.0	19.9 ± 2.8	–
Seção Fazenda da Cachoeira					
SCAF 2	LOE-feldspato	4100 ± 125	240.0 ± 25.0	58.5 ± 7.9	–
SCAF 3	LOE-feldspato	3300 ± 100	191.0 ± 19.0	57.4 ± 7.4	–
SCAF 4	LOE-feldspato	4050 ± 125	65.0 ± 7.0	16.0 ± 2.2	9830 ± 70 anos BP
SCAF 5	LOE-feldspato	3700 ± 110	24.0 ± 2.0	6.5 ± 0.75	–

Várias amostras foram analisadas por TL e LOE, tendo sido evidenciado que a maioria das idades TL foram superiores às idades LOE, de acordo com o que é previsto teoricamente. A amostra BR6 foi uma exceção, explicada pela maior exposição do horizonte A, possibilitando que a TL do quartzo atingisse o nível residual.

5. CONCLUSÕES

A aplicação das técnicas de luminescência, e em especial da LOE, na datação de depósitos quaternários mostra-se um campo promissor para a obtenção de idades absolutas em materiais desprovidos de matéria orgânica, ou fora do alcance do método do radiocarbono.

Os resultados apresentados são consistentes do ponto de vista estratigráfico e geomorfológico, e evidenciam uma excelente correspondência com as idades radiocarbono, permitindo a validação do método na datação de materiais colúviais no ambiente considerado. As incongruências observadas nas idades LOE das amostras SBR7 e SCAF4

evidenciam a necessidade de analisar os resultados frente aos processos e características dos corpos sedimentares. Para tanto, a reconstituição detalhada do arcabouço sedimentar através da Aloestratigrafia e o conhecimento da evolução geomorfológica constituem bases fundamentais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela concessão de Bolsa de Pesquisa (modalidade Cientista do Nosso Estado, 2001/2002), que permitiu o desenvolvimento do estudo; à Fundação José Bonifácio-FUJB/UFRJ pelo suporte financeiro ao NEQUAT/UFRJ, e ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade a pesquisadores envolvidos no projeto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aitken, M.J. An Introduction to Optical Dating. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- Carmo, I.O. Análise estratigráfica de depósitos pleistocênicos no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. 1996. 141p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Clarke, M.L.; Rendell, H.M.; Wintley, A.G. Quality assurance in luminescence dating. *Geomorphology*, v.29, p.173-185. 1999.
- Duller, G.A.T. Recent developments in luminescence dating of Quaternary sediments. *Progress in Physical Geography*, v.20, n.2, p.127-145. 1996.
- Mello, C.L.; Moura, J.R.S.; Carmo, I.O.; Silva, T.M.; Peixoto, M.N.O. Eventos de sedimentação durante o Holoceno no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ) – Aloestratigrafia e datações por radiocarbono. In: Congr. da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 5, 1995, Niterói. Anais ..., Niterói: ABEQUA, 1995, p.193-197.
- Mello, C.L. Fácies sedimentares, arquitetura deposicional e relações morfoestratigráficas em um sistema de leques aluviais holocênico.: Aloformação Manso – Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ). 1992. 188p. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Moura, J.R.S. Transformações ambientais durante o Quaternário tardio no Médio Vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ). 1990. 267p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Moura, J.R.S.; Meis, M.R.M. Contribuição à estratigrafia do Quaternário superior no Médio Vale do rio Paraíba do Sul, Bananal (SP). *Anais Acad. Bras. de Ciências*, v.58, n.1, p.89-102. 1986.
- Moura, J.R.S.; Mello, C.L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário superior na região de Bananal (SP/RJ). *Rev. bras. Geoc.*, São Paulo, v.21, n.3, p.236-254, 1991.
- Moura, J.R.S.; Peixoto, M.N.O.; Silva, T.M. Geometria do relevo e estratigrafia do Quaternário como base à tipologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatro – Médio Vale do rio Paraíba do Sul. *Rev. bras. Geoc.*, v.21, n.3, p.255-265, 1991.

Stokes, S. Luminescence dating: applications in geomorphological research. *Geomorphology*, v.29, p.153-171. 1999.

Tatumi, S.H.; Peixoto, M.N.O.; Moura, J.R.S.; Mello, C.L.; Carmo, I.O.; Kowata, E.A.; Yee, M.; Brito,

S.L.M.; Gozzi, G.; Kassab, L.R.P. Optical dating using feldspar from Quaternary alluvial and colluvial sediments from SE Brazilian Plateau, Brazil. *Journal of Luminescence*, n.102-103, p.566-570. 2003.

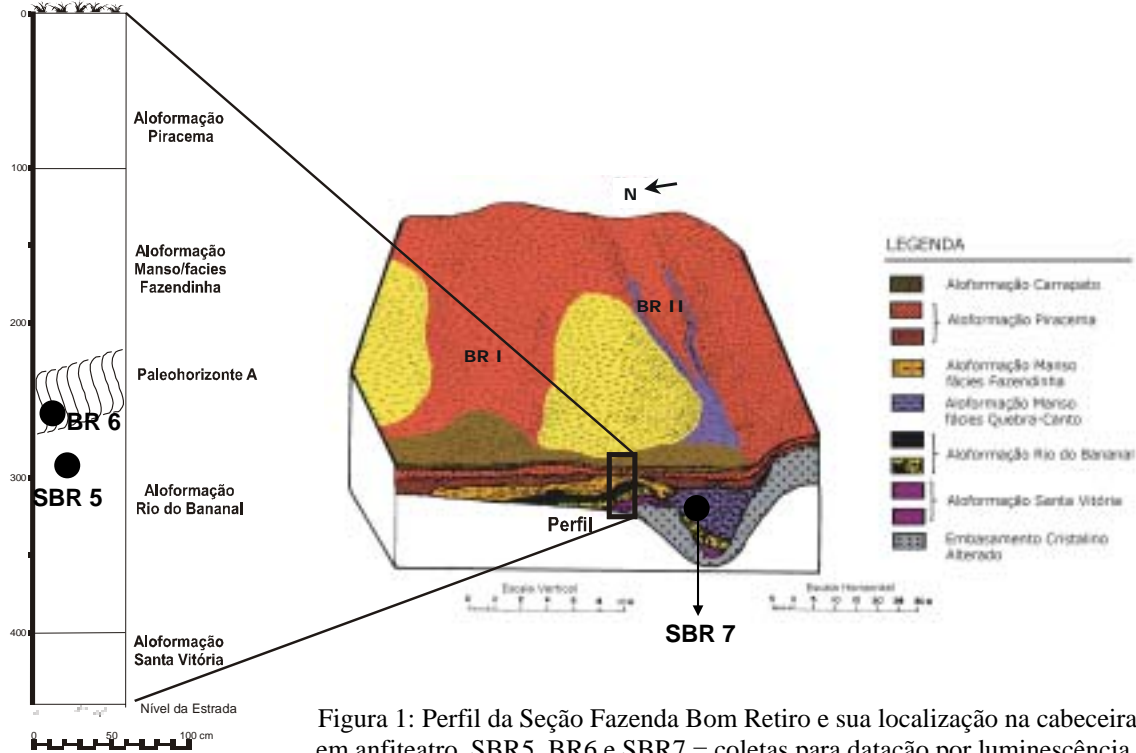


Figura 1: Perfil da Seção Fazenda Bom Retiro e sua localização na cabeceira de drenagem em anfiteatro. SBR5, BR6 e SBR7 = coletas para datação por luminescência. BR I = HCS; BR II = HCP.

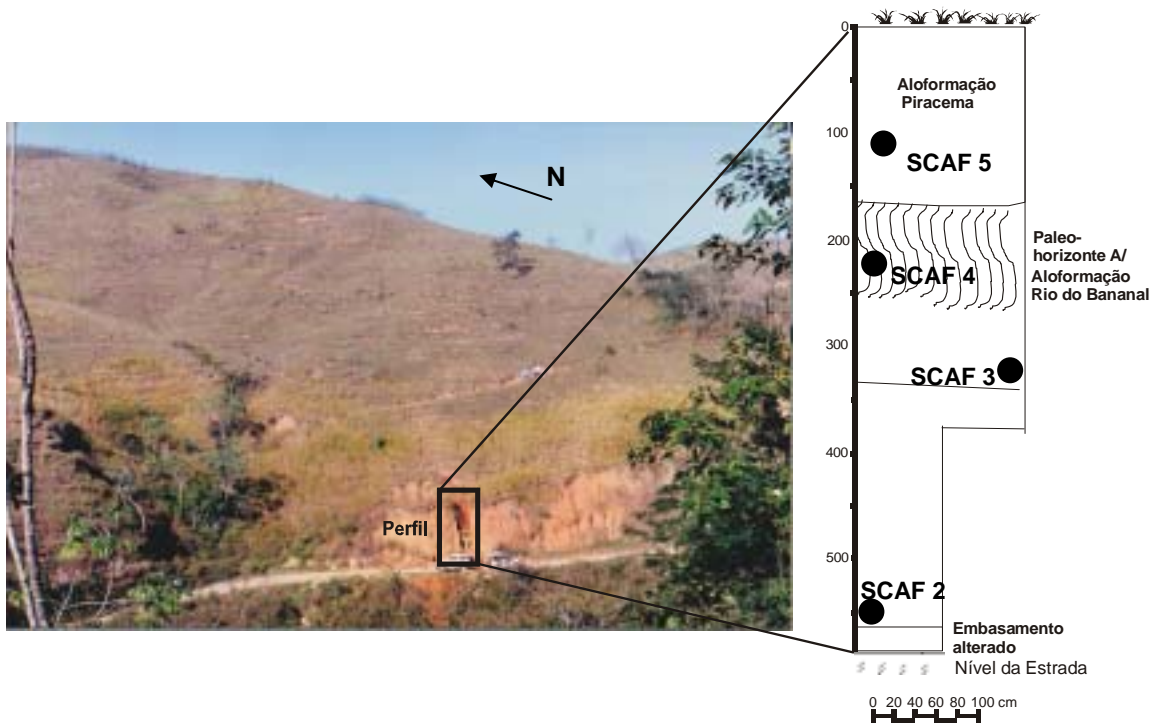


Figura 2: Perfil da Seção Fazenda da Cachoeira e sua localização na cabeceira de drenagem em anfiteatro. SCAF2, SCAF3, SCAF4 e SCAF5 = coletas para datação por luminescência.