CLASSIFICAÇÃO DE ALGUMAS AMOSTRAS DE TECTITOS DO MUSEU NACIONAL, RIO DE JANEIRO, PELO MÉTODO DE TRAÇOS DE FISSÃO

ARIADNE DO CARMO FONSECA¹, GIULIO BIGAZZI², MARIA ELIZABETH ZUCOLOTO³ & PIO NORELLI²

Abstract *CLASSIFICATION OF SOME TEKTITE SAMPLES FROM MUSEU NACIONAL, RIO DE JANEIRO, BY THE FISSION-TRACK METHOD* In the collection of tektites of the National Museum of the Federal University of Rio de Janeiro (Brazil) some samples classified as Moldavites showed morphological characteristics and a dark colour which made rather unconvincing this classification. Moreover, another sample classified as Indochinite showed very similar characteristics. Tektites from the various strewn fields have different ages. For this reason splits from these tektites were analysed using the fission-track dating method, in order to check whether their classification was correct. Four samples yielded fission-track ages between 0.6 and 0.7 Ma, which agree with the age of the Australasian tektites. Another sample yielded an age of 32.5 Ma, which indicates that this tektite belongs to the Bediasites and Georgia tektites group (SE U.S.A.). None of the analysed samples is a Moldavite, considering that this central European tektite has an age of ~ 15 Ma.

Keywords: tektites, indochinites, moldavites, fission track dating

Resumo A finalidade desse trabalho foi tentar determinar através da datação pelo método dos traços de fissão a proveniência de algumas amostras de tectitos, do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, descritas como moldavitas, exceto uma classificada como indochinito. Os resultados obtidos comprovam que as idades em torno de 0,6 a 0,7 Ma, (obtidas em 4 amostras) são relacionadas à formação dos tectitos do sudeste asiático e Austrália, e a idade em torno de 32,5 Ma (obtida para uma amostra) aos tectitos dos Estados Unidos, denominados georgiáitos e bediasitos o que demonstra que a classificação de algumas amostras como moldavitas não é correta.

Palavras-chave: tectitos, indochinitos, moldavitas, datação por traços de fissão

INTRODUÇÃO O estudo de meteoritos, impactitos e tectitos sempre suscita grande interesse. Infelizmente nem sempre a classificação é correta. Alguns tectitos do Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, foram descritos como “moldavitas”. Entretanto a morfologia e coloração escura desses, muito raras nas moldavitas, suscitaram dúvidas com relação à classificação.

Parâmetros tais como morfologia e coloração não são inequivocamente discriminantes. Por esse motivo algumas amostras desses tectitos foram datadas pelo método de traços de fissão para determinar a proveniência do material. Potencialmente a idade é excelente parâmetro discriminante, devido ao fato que os tectitos de vários *strew fields* tem idades bem distintas.

A datação pelo método de traços de fissão foi efetuada no Istituto di Geoscienze e Georisorse do Consiglio Nazionale delle Ricerche de Pisa, Itália.

GENERALIDADES O nome tectito deriva da palavra grega “*tektos*”, que significa “material fundido”. Tectitos são formados de material vítreo, de coloração principalmente escura, podendo também ocorrer de cor verde ou amarela (Tabela 1), dimensões microscópicas a decimétricas, à forma de gotas, esferas, halteres, discos, gotas, botões, bumerangues e cilindros (Fig. 1). Geralmente

pesam menos de 300 gramas, com algumas exceções: foram descritas massas de até 12,8 kg (Barnes 1971). Embora conhecidos pelo homem pré-histórico, tendo sido usados para a construção de manufaturados, a primeira referência na literatura científica data do fim do século XVIII (Bouška 1994).

Várias hipóteses foram aventadas para a origem dos tectitos: colisão entre um grande meteorito e a Lua, desidratação de gels silicosos por ácido húmico, ablação de metais meteoríticos, existência de um anel de material em torno da Terra, impacto de meteoritos ou cometas na Terra (O’Kneefe 1976, King 1977, Glass 1990, Wasson 1991, Koeberl 1990, 1992, 1994, Blum *et al.* 1992).

Tectitos em geral são descritos junto com meteoritos, mas seria mais correto tratá-los junto com impactitos. Distinguem-se dos impactitos pela dinâmica de sua formação: impactito é o produto *in loco* da fusão pelo contato do meteorito com a rocha ou solo atingido. A limitada distribuição, tipos de composição, intervalo de idades e ausência de traços de raios cósmicos indicam que a hipótese mais provável é que eles sejam relacionados às crateras formadas pelo impacto de meteoritos ou cometas na superfície da Terra. A formação dos tectitos não resulta do contato físico entre o corpo impactante e a superfície da Terra. Ao contrário, os tectitos não são contaminados pelo material do corpo impactante. As camadas superiores da superfície terrestre foram fundidas pela

1 - Geobrasil, Revista de Geologia, geobrasil@geobrasil.net

2 - Consiglio Nazionale delle Ricerche, C.N.R. - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Area delle Ricerca di Pisa, Via G. Moruzzi, 1 - 56124 Pisa, Itália, bigazzi@igg.cnr.it

3 - Departamento de Mineralogia e Petrografia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, zucoloto@acd.ufrj.br

Tabela 1- Lista de tectitos

Grupos	Nome dos tectitos	Área de ocorrência	Cor
Sudeste Asiático e Austrália	Australitos	Austrália	cinza
	Billitonitos	Billiton Island	
	Darwin Glass*	Tasmania	
	Indochinitos	Vietnã	
	Indomalaysianitos	Malásia	marrom escuro
	Javanitos	Java	
	Muong Nong	SE Ásia	
	Filipinitos	Filipinas	
	Rizalitos	Filipinas	
	Tailanditos	Tailândia	
Repubblica Tcheca	Bottlestones	Boemia	nuances de verde oliva verde garrafa marrom
	Moldavitas	Moldau River	
	Netolicos	Boemia	
	Vltavinos	Moravia	
Estados Unidos	Bediasitos	Texas	verde oliva claro a marrom
	Georgiaitos	Georgia	nuances de verde oliva
Mauritania		Aouelloul	verde a amarelo esverdeado
W África	Irovitos	Costa do Marfim	preto
N África		Deserto da Líbia*	verde claro translúcido
Rússia	Urengoitos	Sibéria	Verde garrafa a pálido
Kazaquistão, Zhamanshin	Irgizitos	Irgiz	azulado

(*) não estritamente um tectito

Figura 1 - Formas de ocorrência dos tectitos (Bagnall 1991)

onda de ar quente altamente comprimida formada com a aproximação do corpo impactante, antes mesmo que o impacto ocorresse, e o material assim fundido foi lançado para longe e à alta velocidade (Fig. 2). A forma final depende da composição da rocha atingida e sua temperatura, ângulo de lançamento, velocidade, movimentos durante a trajetória e tempo de duração (Bouška 1994).

A denominação adotada é aquela da área na qual estes são encontrados (Tabela 1, Fig. 3). O grupo mais famoso é o das “moldavitas”, tectitos encontrados em várias localidades na República Tcheca, e alguns locais na Áustria e Alemanha. Outro grupo inclui os australitos, javanitos, filipinitos e indochinitos, etc, cuja distribuição abrange os países do sudeste asiático (Camboja, Laos, Vietnã, Filipinas, Tailândia, Malásia, China e Myanmar) e Austrália. O terceiro grupo refere-se a tectitos encontrados nos Estados Unidos: bediasitos e georgiaitos. Outras ocorrências são descritas na Costa do Marfim, Mauritânia e Rússia, (Tabela 1). A origem do vidro do Deserto da Líbia, descrito na literatura científica pela primeira vez por Clayton & Spencer (1934), considerado por muitos originado de um impacto mas não estritamente um tectito, até agora permanece um enigma (Weeks *et al.* 1984).

Os métodos de Traços de Fissão (TF), K-Ar e ^{40}Ar - ^{39}Ar têm sido utilizadas para determinar a idade dos tectitos (Tabela 2). A

tabela mostra que tectitos de diferentes regiões diferem em idade.

MÉTODO POR TRAÇOS DE FISSÃO Para o presente trabalho foram escolhidas cinco amostras pertencentes à coleção do Museu Nacional do Rio de Janeiro: 46 MT, 74 MT, 144, MN-17 e MN-19 (Tabela 3). Tais amostras representam diferentes grupos de tectitos, dos quais escolhemos uma de cada grupo para ser datada. Em decorrência da falta de referência de duas amostras, os autores utilizaram a sigla MN (Museu Nacional) para identificá-las. De cada amostra foram separadas várias porções destinadas à confecção de lâmina delgada, seção polida e datação traços de fissão.

Da porção destinada à datação pelo método de Traços de Fissão de cada amostra foi separada uma fração destinada à irradiação na posição Lazy Susan (relação Cd 6.4 para Au e 48 para Co) do reator Triga Mark II do LENA, Universidade di Pavia, Itália, juntamente com o vidro padrão de dose de neutrons IRMM-540 (De Corte *et al.*, 1998). Após irradiação, ambas frações de cada amostra - uma para a contagem dos traços fósseis da fissão espontânea do urânio 238, e outra para a contagem dos traços formados pela fissão induzida do urânio 235 (a fração irradiada) - foram montadas em resina epoxi e polidas de modo a expor uma superfície interna. A revelação dos traços foi efetuada por ataque químico com HF 20% a 40°C durante 120 s.

A contagem dos traços foi feita num microscópio Leica Orthoplan a 500x, enquanto as dimensões foram medidas com dispositivo Microvid a 1000x. Os resultados das medidas constam da Tabela 4.

A estabilidade dos traços de fissão acumulados no tempo em vidros naturais é relativamente escassa. Uma certa taxa de cancelamento (*annealing*) dos traços se produz na maior parte dos vidros também à temperatura ambiente. Os traços de comprimento reduzido são revelados com eficiência menor em relação aos traços induzidos. Conseqüentemente, na maior parte dos vidros a idade que se obtém, chamada “idade aparente”, é reduzida em relação à idade real.

Figura 2 - Formação de tectitos segundo Bouska (1994). a - Queda de um grande meteorito. b - A onda de temperatura e pressão, na frente do meteorito, evaporam e fundem as rochas superficiais da Terra no local onde se dará o impacto propriamente dito (contato do meteorito com a superfície). c - Explosão na fronteira com as rochas do embasamento cristalino. d - Fase final do evento - cratera de impacto.

Storzer & Wagner (1969) mostraram que a taxa de *annealing* dos traços pode ser estimada pela relação entre as dimensões médias dos traços fósseis e induzidos, D_s/D_i .

RESULTADOS E CONCLUSÕES Para todas as amostras analisadas os valores de $D_s/D_i < 1$ (Tab. 1, Fig. 4) indicam taxas de *annealing* dos traços e rejuvenescimentos da idade muito significativos (amostra 74 MT, $D_s/D_i = 0,69$), a moderados (amostras 46 MT, $D_s/D_i = 0,86$; 144, $D_s/D_i = 0,87$; MN-19, $D_s/D_i = 0,89$) até trascurável (amostra MN-17, $D_s/D_i = 0,96$).

Para se obter a idade verdadeira dos vidros foi utilizado o método do *platô* proposto por Storzer & Poupeau (1973) para corrigir as idades aparentes. Essa técnica consiste em reproduzir, através de tratamento térmico adequado imposto às duas frações para a contagem dos traços fósseis e induzidos, antes da montagem e do polimento, a condição necessária para que a idade a ser medida seja aquela da formação do vidro, ou seja, que os traços fósseis e induzidos sejam revelados com a mesma eficiência. As amostras MN-17, MN-19, 144 e 46 MT foram aquecidas por 4 h a 200°C, enquanto que a amostra 74 MT, com uma taxa de *annealing* mais

elevada, foi aquecida por 5 h a 220°C.

As amostras MN-17, MN-19, 144 e 46MT produziram idades em torno a 0,6 a 0,7 Ma, tanto para as idades aparentes quanto corrigidas, concordantes considerando o intervalo de erro, e apresentando um percentual de *annealing* baixo dos traços fósseis. A única exceção foi a amostra 74 MT que produziu uma idade aparente de 20,9 Ma e corrigida de 32,5 Ma, demonstrando haver sofrido um forte *annealing* que produziu uma redução de cerca de 30% da densidade superficial dos traços fósseis revelados.

Pela Tabela 2, verifica-se que as idades em torno de 0,6 a 0,7 Ma, obtidas nas amostras MN-17, MN-19, 46 MT e 144, estão relacionadas à formação dos tectitos do sudeste asiático e Austrália. Como podemos constatar, a classificação das amostras MN-17, MN-19 e 144 como moldavitas não é correta, mas a classificação de indochinito para amostra 46MT foi confirmada. Por outro lado, a idade em torno de 32,5 Ma da amostra 74 MT é característica dos georgiitos e bediasitos.

Agradecimentos Aos revisores da RBG pelas sugestões ao manuscrito.

Referências

- Bagnall P.M. 1991. *The meteorite & tektite collector's handbook: a practical guide to their acquisition, preservation and display*. S.Willmann-Bell Inc.: 160 pp.
- Balestrieri M.L., Bigazzi G., Bouška V.J., Labrin E., Hadler J.C., Kitada N., Osorio A.A.M., Poupeau G., Wadatsumi K., Zúñiga G.A. 1998. Potential glass age standards for fission-track dating: an overview. In: P. Van den Haute and F. De Corte Eds. *Advances in Fission-Track Geochronology*. A selection of papers presented at the International Workshop on Fission-Track Dating, 26-30 August 1996, Gent, Belgium. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 287-304.
- Barnes V.E. 1967. Tektites. *International Dictionary of Geophysics*, 2:1516.
- Barnes V.E. 1971. Description and origin of large tektite from Thailand. *Chem. Erde*, 30:13-19.
- Blum J.D., Papanastassiou D.A., Koeberl C., Wasserburg G.J. 1991. Neodymium and strontium isotopic study of Australasian tektites: new constraints on the provenance and age of target materials. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56:483-492.
- Bouška V. 1994. *Moldavites: the czech tektites*. Faculty of Science, Charles University, Prague, 69 pp.
- Clayton P.A. & Spencer L.J. 1934. Silica glass from the Libyan Desert. *Mineral. Mag.*, 23:501-508.
- De Corte F., Bellemans F., Van den Haute P., Ingelbrecht C., Nichol C. 1998. A new U doped glass certified by the European Commission for the calibration of fission-track dating. In: P. Van den Haute and F. De Corte (Eds.) *Advances in Fission-Track Geochronology*. International Workshop on Fission-Track Dating, 26-30 August 1996, Gent, Belgium. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 67-78.
- Durrani S.A. & Khan H.A. 1971. Ivory Coast microtektites: fission track ages and geomagnetic reversals. *Nature*, 232:320-323.
- Gentner W., Kleimann B., Wagner G.A. 1967. New K-Ar and fission track ages of impact glasses and tektites. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2:83-86.
- Gentner W., Storzer D., Wagner G.A. 1969a. New fission track ages of

Tabela 2 - Algumas idades Traços de Fissão, K-Ar e ^{40}Ar - ^{39}Ar de tectitos

Nomes dos tectitos	^{40}K - ^{39}Ar (Ma)	^{40}Ar - ^{39}Ar (Ma)	TF (Ma) Aparente	TF (Ma) corrigida	Referência
Australitos	0,68 – 0,76				Barnes 1967
Bediasitos	33,7 – 35,0				
Georgiainitos	33,7 – 35,0				
Indochinitos	0,71 – 0,73				
Ivoritos	1,3				
Javanitos	0,72 – 0,73				
Moldavitas (Alemanha)	14,4 – 14,9				
Filipinitos	0,68 – 0,73				Gentner <i>et al.</i> 1967
Moldavitas	15,1 ± 0,7				
Muong Nong			0,7		Gentner <i>et al.</i> 1969a
Darwin			0,7		
Australitos			0,7		
Líbia			26,6		
Bediasitos			33,2		Gentner <i>et al.</i> 1969b
Ivoritos	1,15 ± 0,15		1,01 ± 0,10		
Australasianos	0,72 ± 0,10		0,70 ± 0,10		Gentner <i>et al.</i> 1970
Microtectitos da Costa do Marfim			1,09 ± 0,20		
Microtectitos da Austrália			0,71 ± 0,10		Durrani and Khan 1971
Australitos	0,86 ± 0,06				
Ivoritos e	0,68 ± 0,05				
Microtectitos	0,88 ± 0,13				Matsubara <i>et al.</i> 1991
Aouelloul	10-15				
Zhamanshin	0,7 – 1,0				Kellner & Yabushita 1972
Australitos			0,71 ± 0,1		
Ivoritos			0,88 ± 0,13		Storzer & Wagner 1971
Bediasitos			34,9		
Tectitos dos Estados Unidos			1 – 29	35,1 ± 2,2	Storzer & Wagner 1977
				34,6 ± 0,7*	
Australitos			0,1 – 0,7	0,70 ± 0,06	
Darwin			0,69 ± 0,02	0,74 ± 0,04	
Muong Nong			0,64 ± 0,03	0,71 ± 0,07	
Indochinitos e filipinitos			0,1 – 0,6	0,70 ± 0,07	
Ivoritos			0,92 ± 0,02	1,08 ± 0,10	
Zhamanshin			0,87 ± 0,06	1,07 ± 0,05*	
Aouelloul			1,38 ± 0,04	3,25 ± 0,50	
Vidro do Deserto da Líbia			25,9 ± 0,4	28,5 ± 2,3	
				29,4 ± 0,5*	Staudacher <i>et al.</i> 1982
Moldavitas			14,7 ± 0,6	14,7 ± 0,4*	
Moldavitas		15,21 ± 0,15 (^{40}Ar - ^{39}Ar)			Balestrieri <i>et al.</i> 1998
Moldavitas			12,7 – 14,8	14,7 – 15,2	
Sul Boemia					Laurenzi <i>et al.</i> 2001
Moldavitas		14,26 – 14,43			
		(^{40}Ar - ^{39}Ar totais integradas)			Schwarz & Lippolt 2002
Moldavitas		14,14,42 – 14,70			
		(^{40}Ar - ^{39}Ar platô)			

Idades TF corrigidas pelo método do platô (*) e tamanho dos traços

Tabela 3 – Relação das amostras datadas

Amostra	Descrição na coleção do MN	Procedência	Observações
MN-17 (*)	Moldavita (sem número)		cor escura, contra luz cor verde garrafa escuro: gota
MN-19 (*)	Moldavita (sem número)		cor escura; esferas, gotas, discos, cilindros e pedaços irregulares
144	Moldavita (sem número)		cor amarelo claro, pedaços irregulares
46 MT (24/934)	Indochinito	Norte Cambodja	cor escura, contra luz cor verde garrafa escuro; gotas, discos e pedaços irregulares
74 MT	Moldavita		cor marrom; esferas
(*) número atribuído pelos autores

Figura 3 – Mapa com a localização das ocorrências de tectitos (modificado de Bagnall 1991)

Tabela 4 – Determinação das idades obtidas pelo método dos traços de fissão de alguns tectitos do Museu Nacional

Amostra	ρ_s	N_s	ρ_t	N_t	$p(\chi^2)$	D_s/D_t	Idade ($\pm 1\sigma$)
Aquecimento	(cm^{-2})		(cm^{-2})		(%)		(Ma)
MN – 17	632	100	139.400	2.704	< 1	0,96	$0,65 \pm 0,06$
4 h a 200°C	577	119	120.000	1.085	14	1,03	$0,69 \pm 0,07$
MN – 19e	673	104	159.100	3.084	7	0,89	$0,60 \pm 0,06$
4 h a 200°C	614	167	127.100	1.149	37	0,98	$0,69 \pm 0,06$
144	676	122	162.000	1.057	75	0,87	$0,60 \pm 0,05$
4 h a 200°C	726*	147	143.300	1.037	26	1,02	$0,72 \pm 0,06$
46 MT	602	100	137.600	2.668	< 1	0,86	$0,62 \pm 0,06$
4 h a 200°C	487	100	99.400	1.079	2	1,01	$0,70 \pm 0,07$
74 MT	32.400	585	221.300	1.282	48	0,69	$20,9 \pm 1,2$
5 h a 220°C	24.100	608	105.600	1.170	7	1,01	$32,5 \pm 2,0$

ρ_s (ρ_t): densidade areal de traços fósseis (induzidos); n_s (n_t): número de traços fósseis (induzidos) contados; $p(\chi^2)$: probabilidade de obter o valor de χ^2 encontrado testando a distribuição da contagem dos traços induzidos contra a distribuição de Poisson.

Parâmetros usados para o cálculo da idade:

$\sigma = 5,802 \times 10^{-22} \text{ cm}^2$, $\lambda = 1,55125 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$, $\lambda_F = 8,46 \times 10^{-17} \text{ a}^{-1}$; $^{238}\text{U}/^{235}\text{U} = 137,88$

Dose de neutrons (referido ao novo vidro padrão IRMM-540): $2,87 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$

Nota: Mesmo que raramente, um aumento da densidade dos traços fósseis é às vezes observado nos vidros naturais depois do tratamento térmico para a medida de idade platô, provavelmente devido a um aumento da eficiência de revelação determinado inicialmente pelo próprio tratamento térmico. Todavia, no caso da amostra 144 o aumento da densidade de traços fósseis não pode ser considerado de todo significativo, levando-se em conta o erro experimental.

tektites and related glasses. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **33**:1075-1081.

Gentner W., Storzer D., Wagner G.A. 1969b. *Naturwissenschaften*, **56**:255.

Gentner W., Lass B.P., Storzer D., Wagner G.A. 1970. Fission track ages and ages of deposition of deep-sea microtektites. *Science*, **168**:359-361.

Glass B.P. 1990. Tektites and microtektites: key facts and inferences. *Tectonophysics*, **171**:393-404.

Kellner H.A. & Yabushita S. 1972. Are microtektites the result of cometary

impacts with the Earth? *Nature*, **235**: 383.

King E.A. 1977. The origin of tektites: a brief review. *Am. Sci.*, **65**:212-218.

Koeberl C. 1990. The geochemistry of tektites: an overview. *Tectonophysics*, **171**:405-422.

Koeberl C. 1992. Geochemistry and origin of Muong Nong-type tektites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **56**:1033-1064.

Koeberl C. 1994. Tektite origin by hypervelocity asteroidal or cometary impact: target rocks, source craters and mechanisms. *GSA. Special*

Figura 4 - Distribuição do tamanho dos traços fósseis e induzidos das amostras datadas. As dimensões médias dos traços espontâneos são parcialmente reduzidas em relação àquelas dos traços induzidos, consideradas como traços não perturbados de referência. Isto indica que as primeiras sofreram uma taxa de “annealing” de intensa (74 MT, $D_s/D_i = 0.69$), a moderada (46 MT, $D_s/D_i = 0.86$; 144, $D_s/D_i = 0.87$; MN 19e, $D_s/D_i = 0.89$) a baixa ou transcurável (MN-17, $D_s/D_i = 0.96$). O alcance da condição de platô(P) - uma idêntica eficiência de revelação para ambos os traços - é comprovada pelo valor D_s/D_i que depois do tratamento térmico é em torno a 1 para todas as amostras.

Paper, **293**:133-151.

Laurenzi MA, Bigazzi G, Balestrieri M.L. 2001. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronology of central europe tektites (moldavite). *Meteoritics Planet. Sci.*, **36**:A109.

Matsubara K., Matsuda J., Koeberl C. 1991. Noble gases and K-Ar ages in Aouelloul, Zhamanshin and Libyan Desert impact glass. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **55**:2951-2955.

O’Keefe J.A. 1976. *Tektites and their origin*. Elsevier, Amsterdam: 254 pp.

Schwarz, W.H. and Lippolt, H.; 2002. Coeval argon-40/argon-39 ages of moldavites from the Bohemian and Lusatian strewn fields. *Meteoritics Planet. Sci.*, **37**:1757-1763.

Staudacher Th., Jessberger E.K., Dominik B., Kirsten T., Schaeffer O.A. 1982. ^{40}Ar - ^{39}Ar ages of rocks and glasses from Nördlinger Ries crater and the temperature history of impact breccias. *J. Geophys.*, **51**:1-11.

Storzer D. & Poupeau, G. 1973. Ages-platô de minéraux et verres par la

methode des traces de fission. *Comptes Rendues de l’Académie des Sciences Paris*, **276** série D, 317-319.

Storzer D. & Wagner G.A. 1969. Correction of thermally lowered fission-track ages of tektites. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **5**:463-468.

Storzer D. & Wagner G.A. 1971. Fission track ages of North American tektites. *Earth Plan. Sc. Lett.*, **10**: 435-440.

Storzer D. & Wagner G.A. 1977. Fission track dating of meteorite impacts. *Meteoritics*, **12**:368-369.

Wasson J.T. 1991. Layered tektites: a multiple impact origin for the Australasian tektites. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **102**: 95-109.

Weeks R.A., Underwood Jr J.R., Giegengack, R. 1984. Libyan Desert Glass: a review. *J. Non-crystal. Solids*, **67**:593-619.

Manuscrito A 1477

Recebido em 16 de novembro de 2003

Revisão dos autores em 13 de abril de 2005

Revisão aceita em 20 de abril de 2005