

Datação por termoluminescência  
de alguns depósitos arenosos costeiros  
do último ciclo climático, no Nordeste do Rio Grande do Sul



G. Poupeau<sup>1, 2</sup>  
E. Soliani Jr.<sup>3</sup>  
A. Rivera<sup>1</sup>  
E. L. Loss<sup>3</sup>  
M. B. A. Vasconcelos<sup>4</sup>

ABSTRACT

Six coastal quartz sand deposits from the northeastern region of the Rio Grande do Sul State (Brazil), with reasonably well known ages, from ~1700 yr to ~120000 yr, were dated by TL.

Five of these samples, of eolian origin (paleodunes), have TL ages, -as measured by the additive method on ~100  $\mu$ m quartz grains from the 380°C peak and with a blue-violet filter- compatible with geomorphological and archeological data. Although limited in number, these results suggest that (i) it should be possible with this method to date samples as young as ~1000 yr (when the annual dose rate is in the range from ~50 mrad to ~100 mrad) and (ii) incomplete solar bleaching could cause young samples to be too old by up to a few thousand years.

One sample, from the tidal zone of a ~120000 yr paleobeach, presents a saturated TL and a TL age about twice older than deposition time. This discrepancy is probably a consequence of the non-eolian nature of the deposition process.

INTRODUÇÃO

A termoluminescência (TL) que se mede nos minerais das rochas é consequência de sua irradiação natural pelos raios ionizantes ambientais (radioatividade natural e raios cósmicos). Uma exposição à luz solar dos cristais opticamente transparentes pode provocar uma diminuição significativa de sua termoluminescência natural (TLN) em um tempo relativamente curto. Assim, os cristais de quartzo de granulometria inferior a algumas centenas de microns são susceptíveis de perder, em poucas horas, 80% de sua TLN. Este fenômeno é utilizado na datação de depósitos eólicos, como dunas (Singhvi, 1982), e de paleopraias.

Pode-se, com efeito, determinar por TL a idade  $t$  de um depósito desse tipo por meio da equação:

- 1 - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Rio de Janeiro, RJ;
- 2 - Instituto Dolomieu de Geosciences e UA 69/CNRS (contribuição nº 756) da Université Grenoble I, França;
- 3 - Instituto de Geociências da UFRGS, Porto Alegre, RS.
- 4 - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/CNEN, São Paulo, SP.

Pesquisas	Porto Alegre	Nº 21	P. 25 a 47	1988
-----------	--------------	-------	------------	------

$$t = \frac{D_{Ac}}{D_{An}}$$

onde  $D_{Ac}$  é a dose de radiação acumulada na amostra após sua última exposição à luz do Sol, isto é, após o seu recobrimento por novos sedimentos, e  $D_{An}$  é a dose anual de radiação recebida.

Já foi sugerido (Poupeau et al., 1984; 1985) que diversas unidades arenosas da porção norte da Província Costeira do Rio Grande do Sul revelam um comportamento favorável à datação por TL. Apresentamos, neste artigo, os resultados finais dos estudos feitos em seis amostras, cujas idades já eram estimadas por outros métodos.

#### COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As frações arenosas analisadas neste trabalho foram coletadas entre os balneários de Cidreira e Torres, na porção setentrional da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (fig. 1), por ser uma das áreas bem conhecidas do ponto de vista geológico (CECO, 1984), com esquema evolutivo delineado, idades relativas fixadas e idades absolutas sugeridas.

O recolhimento das amostras deu-se sempre a, pelo menos, 50 cm abaixo da superfície atual, através da utilização de trado mecânico. Recolheram-se quantidades da ordem de 2 kg, de materiais arenosos homogêneos, que foram imediatamente colocadas em sacos plásticos e hermeticamente fechadas (para a manutenção da umidade e sua posterior medida) e, finalmente, envoltas por plástico negro para evitar a exposição das mesmas à luz solar.

As amostras RMG-03B e 03C provêm de um depósito eólico sub-recente das proximidades do balneário de Cidreira (fig. 2), sendo a primeira estratigraficamente sotoposta à segunda e esta advém de um nível portador de restos de cerâmica indígena. Seguem-se um delgado paleossolo e novas acumulações feitas pelo vento (fig. 6a).

As amostras RMG-04A e 04B, coletadas nas proximidades de Osório (fig. 3), derivam, respectivamente, de um depósito praiado de estirância, constituído por areias finas quartzosas, com forte laminação paralela e cruzada, e rico em tubos de *Callichirus* sp., e de depósito eólico resultante do retrabalhamento da facies anterior (fig. 6b), segundo Tomazelli et al. (1982).

Situação geológica similar a esta última é apresentada pela amostra RMG-05 recolhida nos arredores de Torres (fig. 4), na altura média de um corte artificial feito em conspícuo depósito eólico.

A amostra RMG-07 resulta de um nível arenoso alcançado por escavação manual realizada nos domínios do Sambaquí de Xangrilá (fig. 5). As observações feitas sugerem que se trata de material subjacente a um delga

do paleossolo sobre o qual repousa a acumulação conchífera (fig. 6c).

Para as medidas de termoluminescência utilizaram-se alíquotas de areia quartzosa de aproximadamente 3 mg, obtidas, primeiramente, por peneiramento e separação de frações granulométricas situadas entre 90 e 210  $\mu$ m, sendo os minerais pesados extraídos por densidade através do uso de bromofórmio. A seguir, as frações leves foram submetidas a ataque químico pelo ácido fluorídrico a 40%, a uma temperatura de 25°C e durante uma hora, para a eliminação de eventuais minerais indesejáveis (como os feldspatos) e para a dissolução de uma película de alguns microns de espessura na superfície dos cristais de quartzo onde se concentram os defeitos induzidos pelas radiações alfa provenientes do exterior.

#### MEDIDA DAS DOSES ACUMULADAS

As doses acumuladas ( $D_{AC}$ ) em função da radiação recebida pelas amostras estudadas foram medidas por termoluminescência a partir da altura do pico de emissão de alta temperatura (~380°C, para uma velocidade de aquecimento de 5°C/seg e com a utilização de um filtro óptico de banda de passagem compreendida entre 300 e 480 nm). Para tanto, aplicaram-se duas variantes do método das "doses aditivas" (Aitken, 1985). De acordo com esse método, determina-se a inclinação da reta de crescimento do sinal de TL com irradiações efetuadas em laboratório. Como se admite que a TLN dos cristais de quartzo das paleodunas foi reduzida pela luz solar a um nível não necessariamente nulo [ $D_R$  = dose residual correspondente a  $(TLN)_{res}$ ], obtem-se diretamente  $D_{AC}$  das seguintes maneiras possíveis:

a- ou através do método da regeneração, expondo-se primeiramente os cristais de quartzo a uma lâmpada UV, afim de simular uma longa exposição à luz solar, que reduz a altura do pico de 380°C a um valor residual  $(TLN)_{res}$  e, em seguida, aplica-se o método das doses aditivas para reconstituir o nível inicial da TLN (fig. 7a);

b- ou, no método de atenuação parcial, como sugere Wintle (1982), inicia-se diretamente com o método aditivo à TLN e, em segunda etapa, efetua-se, antes de qualquer medida de termoluminescência, uma exposição curta à lâmpada UV. A intersecção das duas retas de crescimento assim obtidas aponta diretamente  $D_{AC}$  (fig. 7b).

Este último procedimento apresenta a vantagem de não implicar em nenhuma hipótese sobre a taxa de redução da TLN pelo Sol antes do recobrimento das amostras pelas camadas sedimentares mais recentes. No entanto, ele só é aplicável a materiais jovens, onde o crescimento da TL é ainda linear. O primeiro método não apresenta este inconveniente, mas supõe que a TLN residual resultante da irradiação UV no laboratório é igual ao nível residual natural  $(TLN)_0$ . Este método convém, pois, melhor às amos-

tras mais antigas, para as quais  $|(TLN)_{res} - (TLN)_0| \ll TLN$ .

As doses aditivas foram fornecidas por uma fonte  $\beta^-$  de 50 mCi de  $^{90}Sr$  (~500 rads/min) calibrada para cada amostra a partir de irradiação  $\gamma$  proveniente de uma fonte  $^{60}Co$  do Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear, do Rio de Janeiro.

#### DETERMINAÇÃO DA DOSE ANUAL

As doses anuais ( $D_{An}$ ) recebidas pelos cristais de quartzo das amostras analisadas foram calculadas a partir dos teores de U, Th e K presentes em rocha-total, determinados por ativação neutrônica (neutrons epitérmicos) em reator nuclear do Instituto de Pesquisas de Energia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear, São Paulo, e de acordo com a tabela de Bell (1979).

A concentração de U foi determinada usando-se o pico de 278 keV do  $^{239}Np$  e o teor em Th a partir do pico de 312 keV do  $^{233}Pa$ , supondo-se que as famílias do U e do Th estejam em equilíbrio secular com seus descendentes. O K foi estimado pelo pico de 1525 keV do  $^{42}K$ . A contribuição da radiação  $\gamma$  foi estimada supondo-se uma perda de 50% de  $^{222}Rn$ . Considerou-se, para a determinação da dose devida às partículas  $\beta^-$ , os efeitos consequentes da granulometria dos grãos de quartzo (Mejdahl, 1979) e a sua dissolução superficial pelo ataque com ácido fluorídrico (Fleming, 1979). Face às pequenas concentrações em U e Th encontradas, a participação das radiações  $\alpha$  na definição da dose anual foi considerada desprezível. Dada a fraca umidade apresentada pelas amostras, os cálculos foram efetuados como para um sedimento seco. Por fim, um valor de 14 mrad foi adotado como parte da dose anual devida aos raios cósmicos.

#### RESULTADOS

As seis amostras selecionadas para este artigo foram datadas entre 1983 e 1985, estando os resultados listados na tabela 1.

As areias quartzosas mais jovens, associadas a restos de cerâmica indígena, apresentaram um sinal de TLN de fraca intensidade e o método de datação utilizado foi, na grande maioria, o de Wintle (1982). Os picos de 380°C não estavam ainda bem desenvolvidos, mas, sob o efeito de irradiação  $\beta^-$  em laboratório, tornaram-se evidentes, como se observa nas figuras 8a e 8b relativas, respectivamente, às amostras RMG-03B e 03C. A TLN dessas amostras reduziram-se significativamente após uma exposição de 1 hora à lâmpada UV (figs. 8a e 8b), decrescendo, então, muito lentamente após 2 horas (fig. 9, para a areia RMG-03B).

Três medidas da dose acumulada ( $D_{Ac}$ ) da amostra RMG-03B (tab. 1) foram efetuadas segundo Wintle (1982) (figs. 10a e 10b) e forneceram um

valor médio de  $193 \pm 38$  rads. Essa alta dispersão é consequência da fra-  
ca TLN das areias em questão, produzindo uma grande imprecisão na medida  
da  $D_{AC}$ . A amostra RMG-03c, do mesmo sítio, apresenta uma dose acumulada  
ligeiramente inferior, de 128 rads (fig. 11, tab. 1).

Duas alíquotas dos sedimentos RMG-07, analisadas respectivamente  
segundo os dois métodos ilustrados pela figura 7, apresentaram uma cifra  
média de  $97 \pm 14$  rads. Uma comparação entre estes resultados sugere que  
a precisão de uma medida individual da  $D_{AC}$  para cada uma das três amo-  
stras associadas à cerâmica (RMG-03B, 03C e 07) é da ordem de  $\pm 20\%$ .

As porções denominadas RMG-04A, 04B e 05B apresentaram picos de  
alta temperatura bem desenvolvidos e foram, por isso, estudadas pelo mé-  
todo da regeneração. A TLN da amostra RMG-04A revelou-se saturada, uma  
vez que a amplitude do pico de  $380^{\circ}\text{C}$  não modificou-se por irradiação  $\beta^{-}$   
em laboratório. O nível de saturação original desta amostra é restaurado  
pelo método das doses aditivas, aplicado a frações expostas à luz UV, com  
uma irradiação de cerca de 22 krad (fig. 12), que representa, pois, um  
valor mínimo para  $D_{AC}$ .

A mesma técnica foi aplicada às areias RMG-04B e 05B, não satura-  
das, cujo crescimento da TL, a partir da TL residual (obtida por prolon-  
gadas exposições à luz UV), é linear até o nível da TLN (fig. 13), cor-  
respondendo, para a primeira, a uma dose acumulada de 5700 rads e, para  
a outra, a de 5100 e 4266 rads, nas duas alíquotas estudadas (tab. 1).

A dose anual ( $D_{An}$ ) dessas amostras varia de 48 mrad (03B) até  
93 mrad (04A) para uma granulometria de cerca de 100 microns. Este é o  
intervalo característico das areias da região (Rivera et al., 1987).

As idades TL das amostras comentadas encontram-se na tabela 1 e,  
levando-se em conta as diversas fontes de incertezas nas medidas de  $D_{AC}$   
e  $D_{An}$ , estimamos que a precisão das mesmas, individualmente, é da ordem  
de 30% para as amostras jovens e de 20% para as mais antigas.

#### DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Parece que os valores obtidos por termoluminescência nas seis a-  
mostras analisadas estão em razoável concordância com suas idades estima-  
das, como se discute a seguir.

A areia RMG-07 associa-se a restos de cerâmica indígena, cuja i-  
dade estimada é  $\leq 1700$  anos, época em que se deu a penetração dos Tupi-  
guaranis na Planície Costeira (Kern, 1985). A idade determinada da ordem  
de 1000 anos é compatível com aquele valor. Em adição, este resultado su-  
gere que idades mínimas desta ordem (quando a dose anual oscila entre 50  
e 100 mrad) podem ser conseguidas com o emprego deste método.

As amostras RMG-03B e 03C, derivadas do mesmo ponto e separadas

por uma distância vertical da ordem de 30 cm, têm idades que não se distinguem, pois estão dentro dos erros analíticos das medidas feitas. Em consequência, pode-se atribuir a este depósito arenoso uma idade média de cerca de  $3100 \pm 700$  anos.

A presença de restos de cerâmica neste sítio sugere uma idade inferior. Embora não se saiba a idade desses artefatos indígenas, sabe-se que as mais antigas cerâmicas da América do Sul revelam valores inferiores a 3000 anos. Mesmo sendo resultados compatíveis, dentro do erro analítico, com este limite, os altos valores de alguns deles deixam margem à possibilidade de que a exposição à luz solar, desse material, talvez não tenha sido suficiente para atingir o nível residual da TL (Poupeau et al., nesta revista).

As amostras RMG-04A e 04B, embora provenientes de um mesmo afloramento, separaram-se verticalmente por uma distância da ordem de 1m e têm gênese distintas, como já comentado em item anterior deste trabalho.

As areias RMG-04A acumularam-se em ambiente praiado de estirâncio e forneceram uma idade mínima da ordem de 237000 anos (amostra saturada, ver item anterior). A idade atribuída a esse depósito é de 120000 anos, já que parece ter sua origem ligada à última invasão marinha pleistocênica, correlacionável em toda costa brasileira através de terraços arenosos situados a mais de 5 m em relação ao nível do mar atual (Suguio et al., 1986) e datados pelo método Iônio ( $^{230}\text{Th}$ )/Urânio em corais coletados na região costeira da Bahia (Martin et al., 1982).

A discrepância temporal que se observa pode ser fruto do fato das areias não terem sido suficientemente expostas à luz solar face à sua deposição ter se realizado em condições subaquosas.

As amostras RMG-04B e 05B, oriundas de acumulações eólicas resultantes do retrabalhamento de depósitos praiados como o anterior (RMG-04A), teriam que apresentar resultados geocronológicos inferiores aos daqueles (< 120000 anos). Nesse sentido, os valores de 75 - 85 mil anos parecem satisfatórios.

Assim, das seis amostras analisadas, cinco, de origem eólica, apresentam idades em razoável concordância com as expectativas arqueológica e geológica. A outra amostra, de um depósito praiado de estirâncio, revelou-se saturada em TL e muito antiga, o que sugere uma incompleta ou não atenuação de sua termoluminescência por exposição à luz do Sol. Estes resultados confirmam os prognósticos anteriores (Aitken, 1985; Proceedings of the 5th Seminar on TL and ESR dating, 1985) de que depósitos de origem exclusivamente eólica estão entre os mais adequados sedimentos recentes e sub-recentes para datação por TL. Em base aos valores conseguidos, parece que, utilizando-se a fração granulométrica 90 - 125  $\mu\text{m}$ , ida-

des variáveis de  $10^3$  a  $10^5$  anos, ou mesmo  $5 \times 10^6$  anos (Poupeau et al., nesta revista), poderiam ser obtidas por este método.

Permanece, no entanto, um problema crucial, especialmente para as amostras jovens ( $\leq 10^4$  anos), qual seja a identificação do nível da TL residual [(TLN)<sub>res</sub>], alcançada em laboratório por exposição da amostra à lâmpada UV, com aquela derivada da última exposição à luz solar [(TLN)<sub>0</sub>].

Em trabalho comparativo entre as idades TL e Carbono-14 de materiais eólicos, Bluszcz & Pazdur (1985) demonstraram que depósitos "jovens" podem revelar idades anormalmente altas. Este fenômeno, que pode ter afetado as amostras RMG-03B e 03C, é atribuído ao tempo possivelmente curto de exposição à luz do Sol, durante o intemperismo e o transporte, para drenar suficientemente a TL geológica dessas amostras. De acordo com os mesmos autores, pode haver, em alguns casos, uma idade TL superestimada em até  $10^3$  anos, mas tal fenômeno torna-se negligenciável para amostras mais antigas do que  $5 \times 10^4$  anos.

Recentemente, Mejdahl (1985) propôs a eliminação deste obstáculo mediante a datação combinada de quartzo e feldspato. Todas as amostras de materiais costeiros têm uma fração feldspática conveniente para datação por TL e, por isso, é nossa intenção testar, em futuro próximo, a aplicabilidade deste método nos materiais arenosos disponíveis.

#### BIBLIOGRAFIA

- AITKEN, M.J. 1985. *Thermoluminescence Dating*. London, Academic Press. 351 p.
- BELL, W.T. 1979. Thermoluminescence dating: radiation dose-rate data. *Archaeometry*, Oxford, 21(2):243-245.
- BLUSZCZ, A. & PAZDUR, M.F. 1985. Comparison of TL and  $^{14}\text{C}$  dates of young eolian sediments - a check of the zeroing assumption. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, Oxford, 10:703-710.
- FLEMING, S. 1979. *Thermoluminescence techniques in Archaeology*. Oxford, Clarendon Press. 233 p.
- HORN F., N.O.; LOSS, E.L.; TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; DEHNHARDT, E.A. e KOPPE, J.C. 1984. Mapa Geológico das Folhas Três Cachoeiras e Totres. In: CECO ed., *Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CECO/DGC, Instituto de Geociências, UFRGS.
- KERN, A. 1985. Sondagens no sítio arqueológico de Xangrilá: uma experiência didática em Arqueologia de Salvamento. *Revista do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas*, UFRGS, Porto Alegre, 13:84-110.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILLAS BOAS, G.S. 1982. Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira - datação do máximo da penúltima transgressão. *Ciências da Terra*. SBG, São Paulo, 3: 16-17.
- MEJDHAL, V. 1979. Thermoluminescence dating: beta-dose attenuation in quartz grains. *Archaeology*, Oxford, 21(1):61-72.
- \_\_\_\_\_. 1985. Thermoluminescence dating of partially bleached sediments. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, Oxford, 10:711-716.

- POUPEAU, G.; SOUZA, J.H.; SOLIANI Jr., E.; LOSS, E.L. 1984. Dating quartz sands of the Coastal province of Rio Grande do Sul, Brazil, by thermoluminescence. *Pesquisas*, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 16:250-268.
- \_\_\_\_\_; RIVERA, A.; SOLIANI Jr., E.; VASCONCELLOS, M.B.A.; SOUZA, J.H. 1985. Datação por termoluminescência de depósitos arenosos costeiros do Rio Grande do Sul: primeiros resultados e implicações. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis, *Anais...* p. 403 (breve comunicação).
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 1988b. A utilização de "lâmpadas solares" para a atenuação óptica de termoluminescência natural dos minerais. Consequência para a geocronologia por TL. *Pesquisas*, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 21. (nesta revista).
- RIVERA, A.; VASCONCELLOS, M.B.A.; SOLIANI Jr. E.; POUPEAU, B. 1987. Concentrações de U, Th, K e idades TL de areias costeiras do nordeste do Rio Grande do Sul. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 39(7):246. Suplemento - Resumos da 39ª Reunião Anual da SBPC, Brasília.
- SINGHVI, A.K. 1982. Thermoluminescence dating of sand dunes. Reply. *Nature*, London, 299:376.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M. & AZEVEDO, A.E.G. 1986. The quaternary sedimentary deposits in the states of Paraná and Santa Catarina coastal plains. In: *International Symposium on Sea Level Changes and Quaternary Shore Lines*. Special Publication, São Paulo, 3:35-36 (Abstracts).
- TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; LOSS, E.L.; DEHNHARDT, E.A. 1982. Caracterização de um depósito praiado pleistocênico da Província Costeira do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, *Anais...* v.4, p.1514-1523.
- \_\_\_\_\_; HORN Fº, N.O.; VILLWOCK, J.A. DEHNHARDT, E.A.; LOSS, E.L. e KOPPE, J.C. 1984. Mapa Geológico das Folhas Osório e Tramandaí, RS. In: CECCO ed. *Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CECCO/DGC, Instituto de Geociências, UFRGS.
- VILLWOCK, J.C.; DEHNHARDT, E.A.; LOSS, E.L.; TOMAZELLI, L.J. e KOPPE, J.C. 1984. Mapa Geológico das Folhas Rancho Velho e Cidreira. In: CECCO ed. *Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CECCO/DGC, Instituto de Geociências, UFRGS.
- WINTLE, A.G. 1982. Thermoluminescence dating of sediments. *Quaternary Science Review*, 1:31-53.

AMOSTRA (n°)	GRANULOMETRIA (um)	MÉTODO DE DATAÇÃO ( <sup>1</sup> )	Dac (rads)	D <sub>an</sub> (anos)	IDADE TL (anos)	IDADE ESTIMADA (anos) ( <sup>2</sup> )
RMG-03B	125 - 160	b	230	0.060	3.833	< 3.000
	125 - 180	b	195	0.060	3.250	
	88 - 125	b	154	0.060	2.567	
RMG-03C	88 - 125	b	128	0.048	2.667	< 3.000
RMG-07	- 125	b	110	0.090	1.222	≤ 1.700
	100 - 125	a	83,5	0.087	960	
RMG-04A	88 - 125	a	22.000	0.093	237.000	~120.000
RMG-04B	177 - 210	a	5.700	0.067	85.075	< 120.000
RMG-05B	74 - 250	b	5.100	0.059	86.440	< 120.000
	210 - 250	b	4.266	0.057	74.840	

TABELA 1: Doses acumuladas, doses anuais e idades TL das amostras analisadas.

(<sup>1</sup>) As letras a e b referem-se às situações ilustradas pela figura 7;

(<sup>2</sup>) Ver texto.

Obs: todas as amostras são de origem eólica, com exceção da RMG-04A que depositou-se em ambiente praiar de estirâncio.

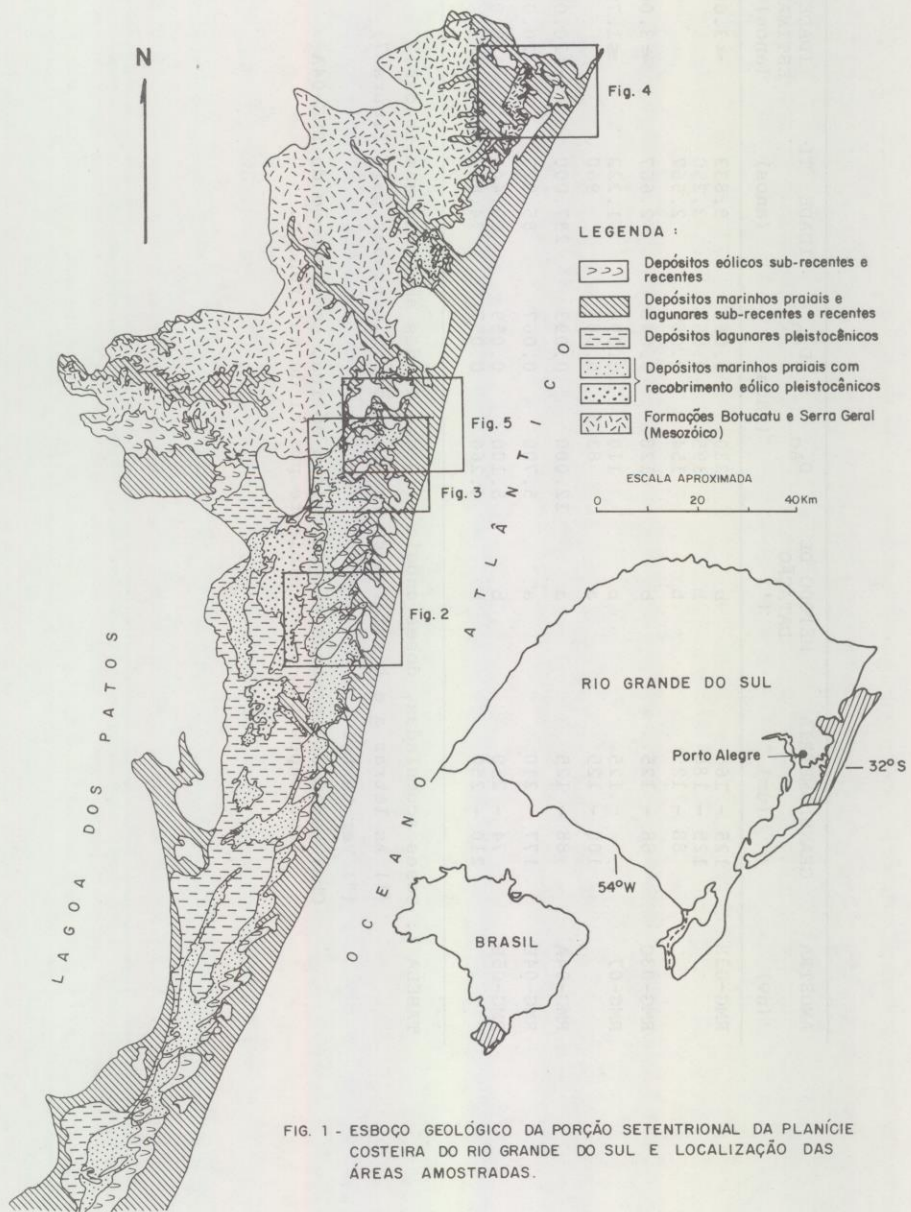


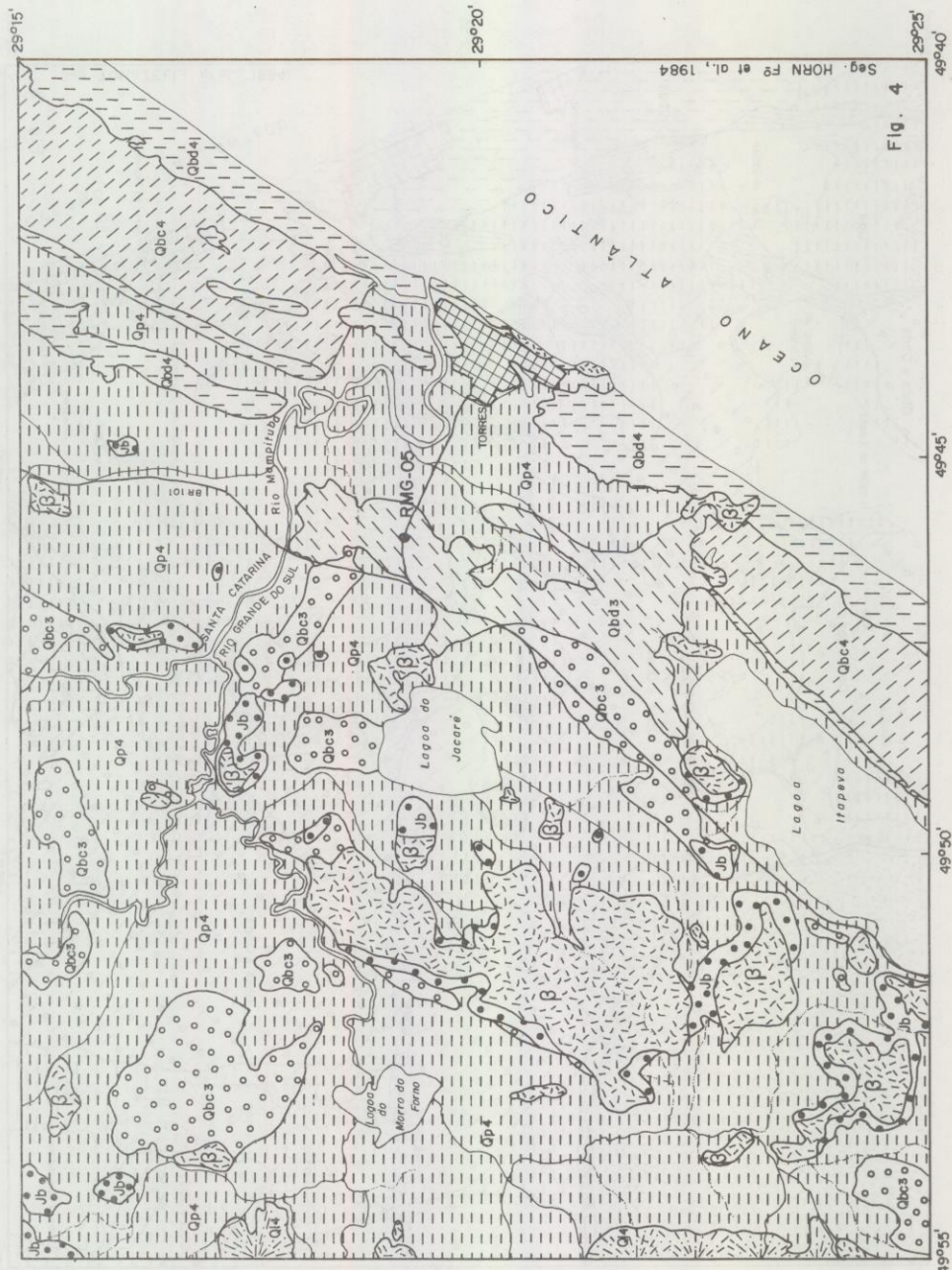
FIG. 1 - ESBOÇO GEOLÓGICO DA PORÇÃO SETENTRIONAL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL E LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS AMOSTRADAS.

Figs. 2, 3, 4 e 5 : Localização dos pontos de coleta das amostras no contexto geológico regional.



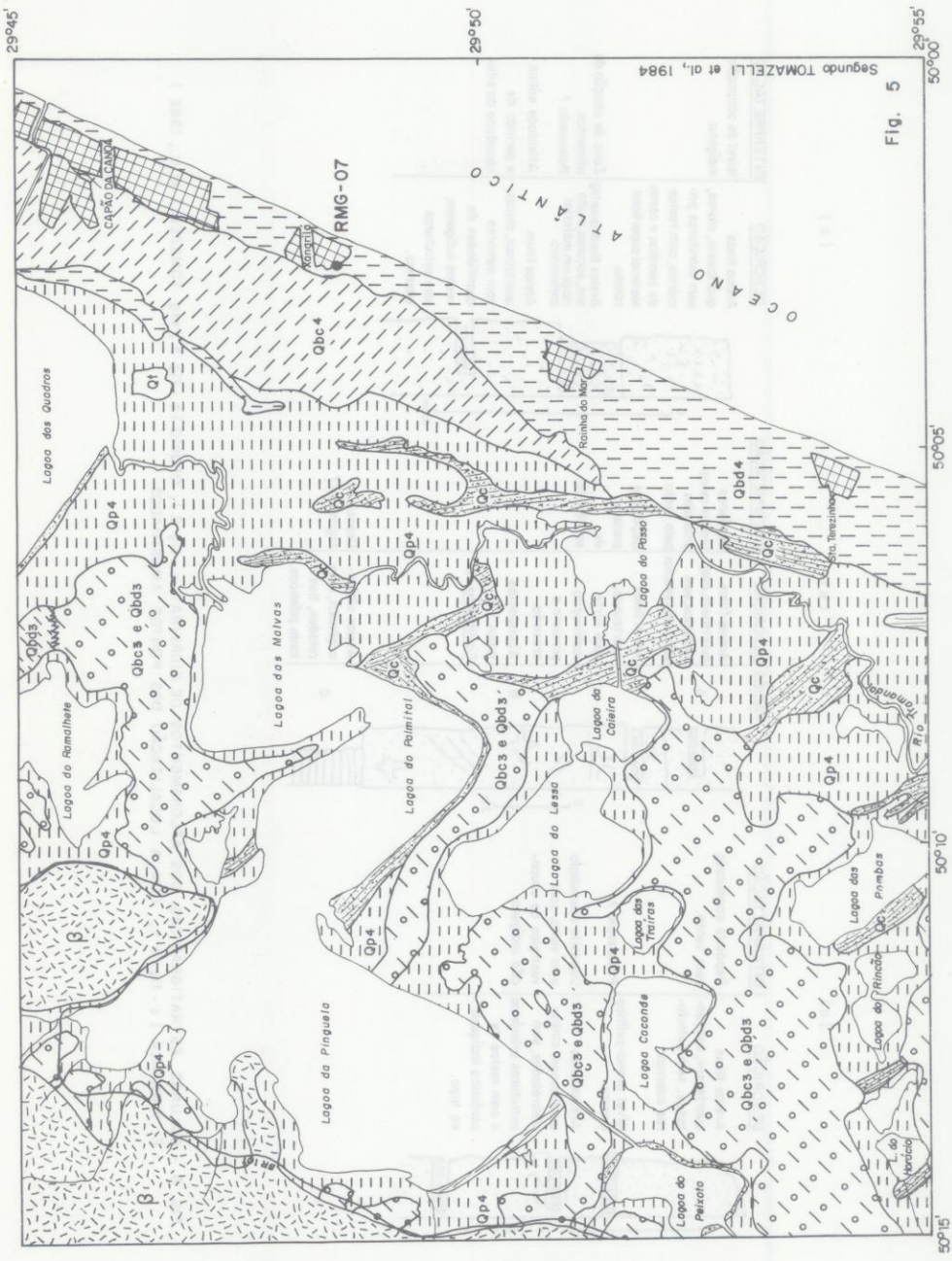






Seg. HORN F. et al., 1984

Fig. 4



Segundo TOMAZELLI et al., 1984

Fig. 5

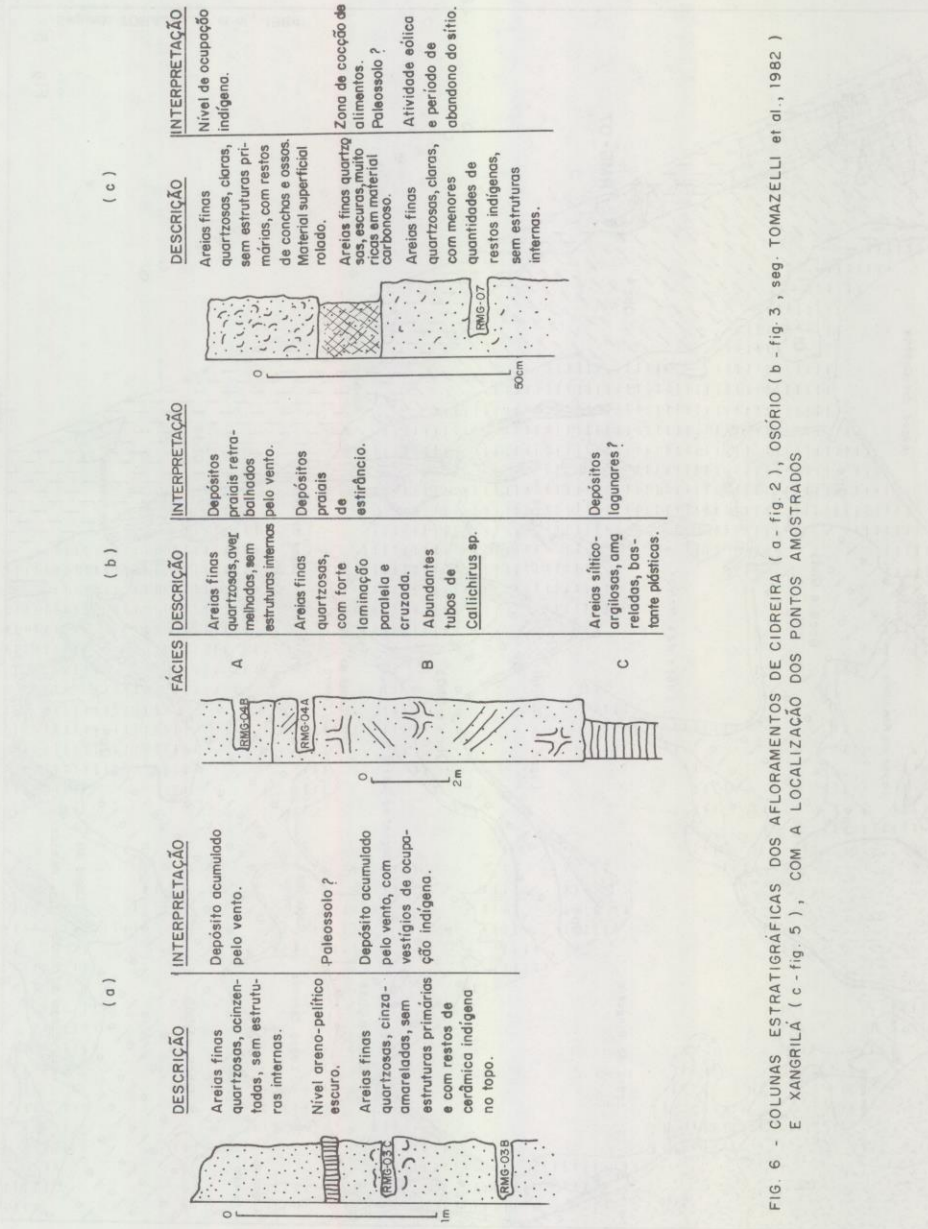


FIG. 6 - COLUNAS ESTRATIGRÁFICAS DOS AFLORAMENTOS DE CIDREIRA ( a - fig. 2 ), OSÓRIO ( b - fig. 3 , seg. TOMAZELLI et al. , 1982 ) E XANGRILÁ ( c - fig. 5 ), COM A LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS

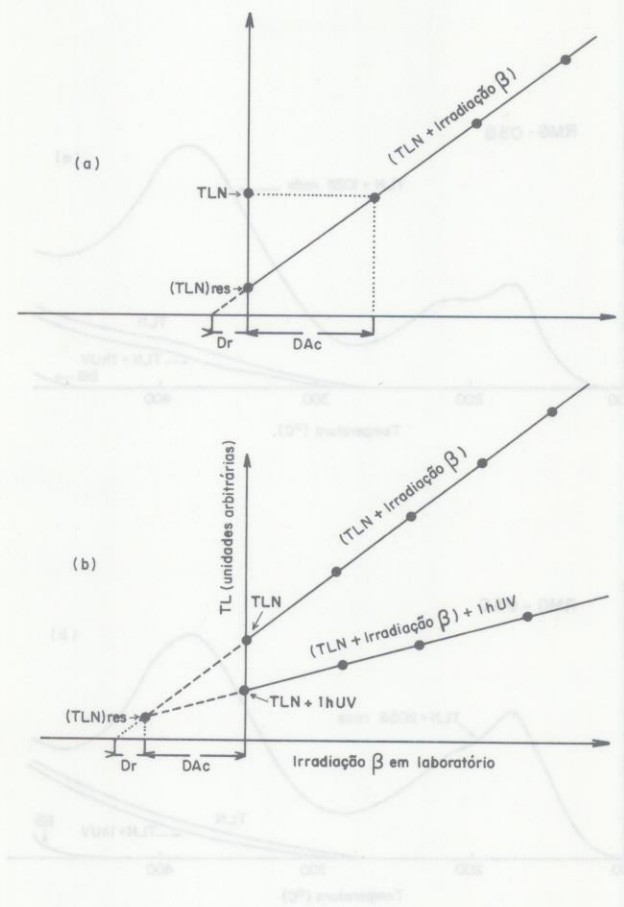


FIG. 7 - DETERMINAÇÃO DAS DOSES ACUMULADAS ( $D_{ac}$ ) PELO MÉTODO DAS "DOSES ADITIVAS" (VER TEXTO)

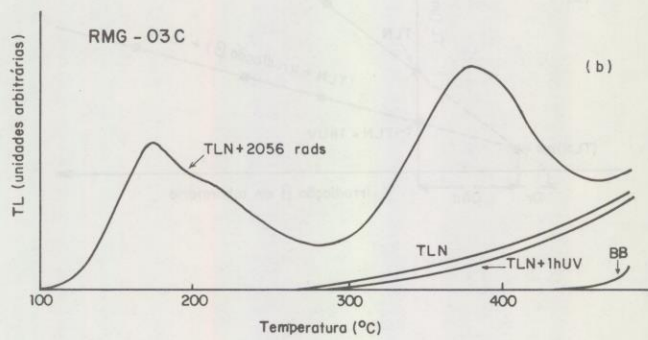
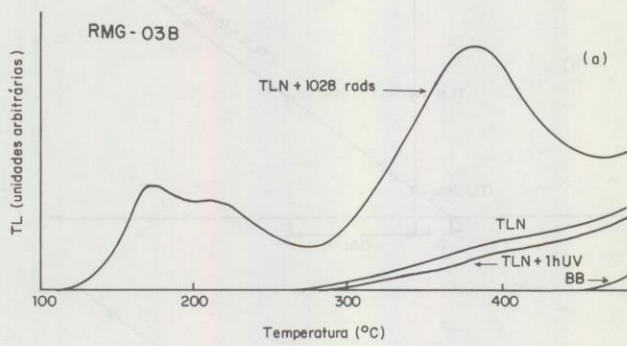


FIG. 8 - ESPECTROS DA TL DAS AMOSTRAS RMG - 03 B E RMG-03 C. NOTAR QUE (1) O PICO DE 380°C NÃO É AINDA APARENTE NAS CURVAS DA TLN, MAS MOSTRA-SE BEM DESENVOLVIDO APÓS UMA IRRADIAÇÃO BETA DE 1 A 2 KRADS EM LABORATÓRIO; E (2) UMA EXPOSIÇÃO DE 1h SOB LAMPADA UV PROVOCA UMA REDUÇÃO NA INTENSIDADE DO SINAL DA TLN EM TODAS AS TEMPERATURAS. A CURVA BB ("BLACK BODY") REPRESENTA A LUZ EMITIDA PELO FORNO DE TL À ALTAS TEMPERATURAS.

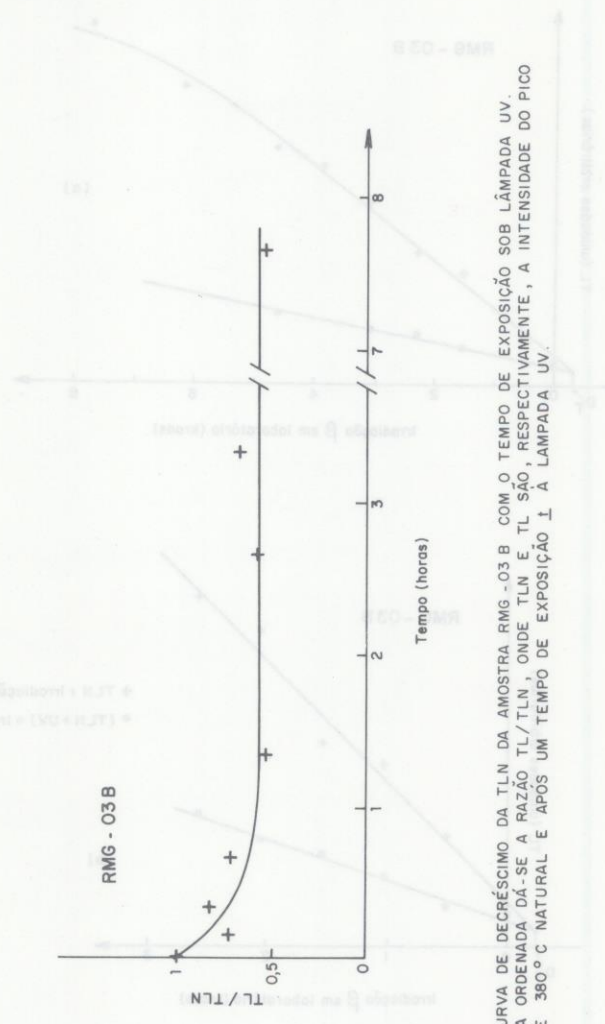


FIG. 9 - CURVA DE DECRESCIMO DA TLN DA AMOSTRA RMG - 03 B COM O TEMPO DE EXPOSIÇÃO SOB LÂMPADA UV. NA ORDEMADA DA-SE A RAZÃO TL/TLN, ONDE TLN E TL SÃO, RESPECTIVAMENTE, A INTENSIDADE DO PICO DE 380° C NATURAL E APOS UM TEMPO DE EXPOSIÇÃO 1 A LAMPADA UV.

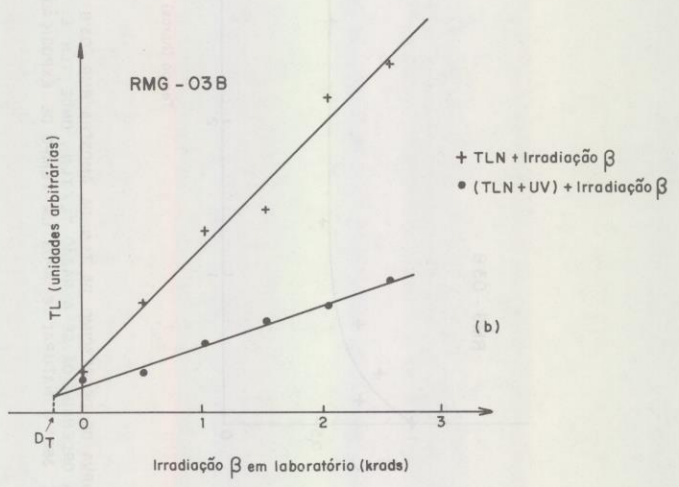
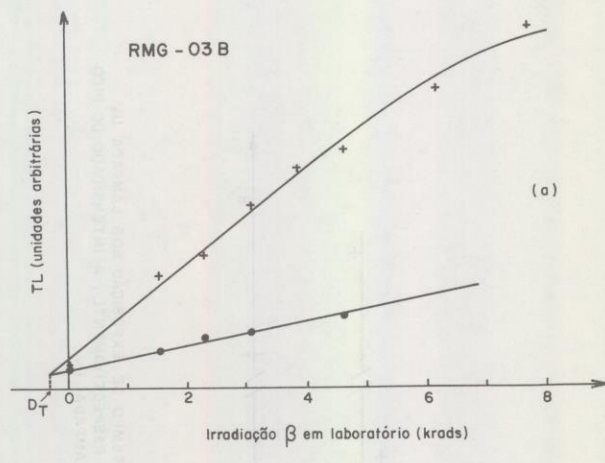


FIG. 10 - DETERMINAÇÃO DAS DOSES ACUMULADAS ( $D_{ac}$ ) NA AMOSTRA RMG-03 B EFETUADAS EM 1984 (a) E 1985 (b) PELO MÉTODO DE WINTLE (1982)



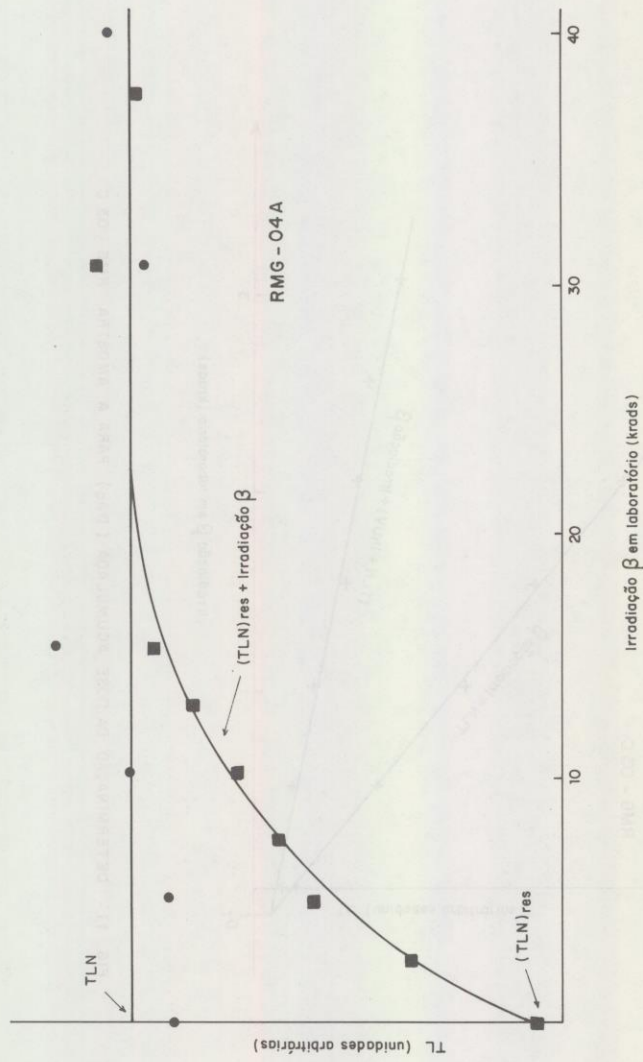


FIG. 12 - DETERMINAÇÃO DA DOSE ACUMULADA (Dac) DA AMOSTRA RMG-04A PELO MÉTODO DA REGENERAÇÃO. NOTAR QUE A TLN ESTÁ NO NÍVEL DE SATURAÇÃO: O ACÚMULO DAS DOSES ADITIVAS (CIRCUITOS PRETOS) NÃO MODIFICA A INTENSIDADE DO SINAL DA TLN.