

VI Seminário - A Filosofia das Origens

Campina Grande, PB – Outubro de 2008



Taxas de Difusão de Hélio Apontam Para Uma Terra Jovem

Adauto J. B. Lourenço

Este trabalho está baseado na
pesquisa originalmente feita por:

D. Russell Humphreys, Ph.D.
Institute for Creation Research

Steven A. Austin, Ph.D.
Institute for Creation Research

John R. Baumgardner, Ph.D.
Los Alamos National Laboratory

Andrew A. Snelling, Ph.D.
Institute for Creation Research

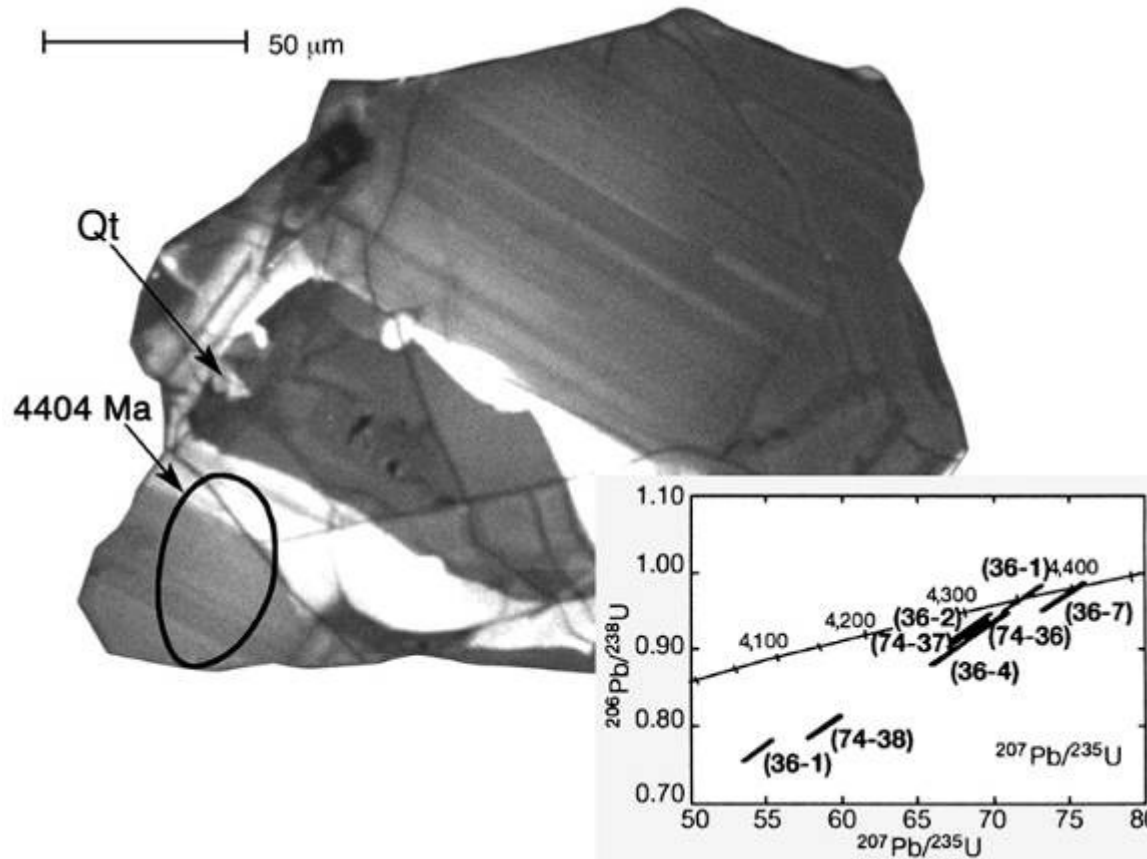
Robert V. Gentry, Ph.D.
Oak Ridge National Laboratory

“Helium Diffusion Rates Support Accelerated Nuclear Decay”

Creation Research Society Quarterly Journal, Vol. 41, nº 1, 2004

Datação Radiométrica

Datas Antigas Produzidas Pelos Métodos de Datação Convencionais



Datação: 4,404 bilhões de anos (University of Wisconsin - Madison)

Wilde SA, Valley JW, Peck WH and Graham CM (2001) Evidence from Detrital Zircons for the Existence of Continental Crust and Oceans on the Earth 4.4 Gyr Ago. *Nature*. 409: 175-178.

Introdução

Zircão

Silicato de Zircônio

Fórmula Química: $ZrSiO_4$

Composição:

ZrO₂ 67,22 %

SiO₂ 32,78 %

Zr 49,77%

Si 15,32%

O 34,91%



cristais de zircão em biotita

Cristalografia: tetragonal

Classe: bipiramidal tetragonal

Propriedades Ópticas: uniaxial

Clivagem: imperfeita em {110}

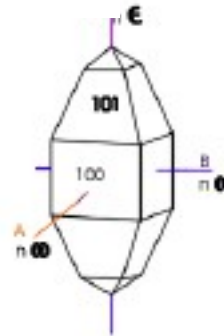
Dureza: 7,5

Densidade relativa: 4,6 a 4,7

Brilho: resinoso a adamantino

Cor: incolor, amarelo-pálido, amarelo-esverdeado, marrom-amarelado, vermelho.

Ocorrência: Mineral acessório de rochas plutônicas, principalmente rochas ricas em sódio, em granitos, pegmatitos, nefelino-sienitos.



Elementos Radioativos na Crosta Terrestre

Granito



Cristais de Zircônio



Silicato de Zircônio ($ZrSiO_4$)



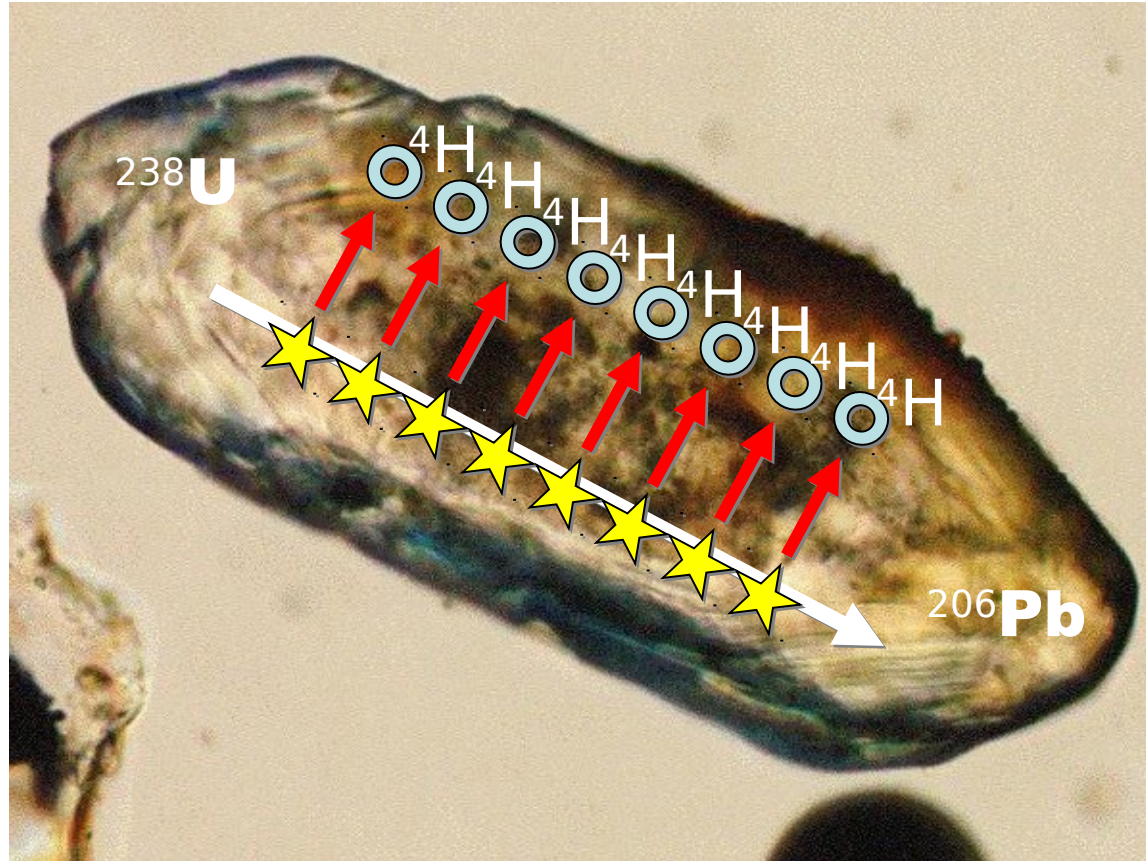
Zircônio (Zr): 40
Urânio (U): 92
Tório (Th): 90

Urânio
Tório

4% dos átomos de Zr são repostos por átomos de U e Th durante o processo de

Hélio em Cristais de Zircônio

Desintegração Nuclear (partículas α)



Dentro dos Cristais de Zircônio

Acridita-se que 90% do calor produzido internamente pela Terra é resultante da desintegração de Urânio e Tório

Hélio na Atmosfera

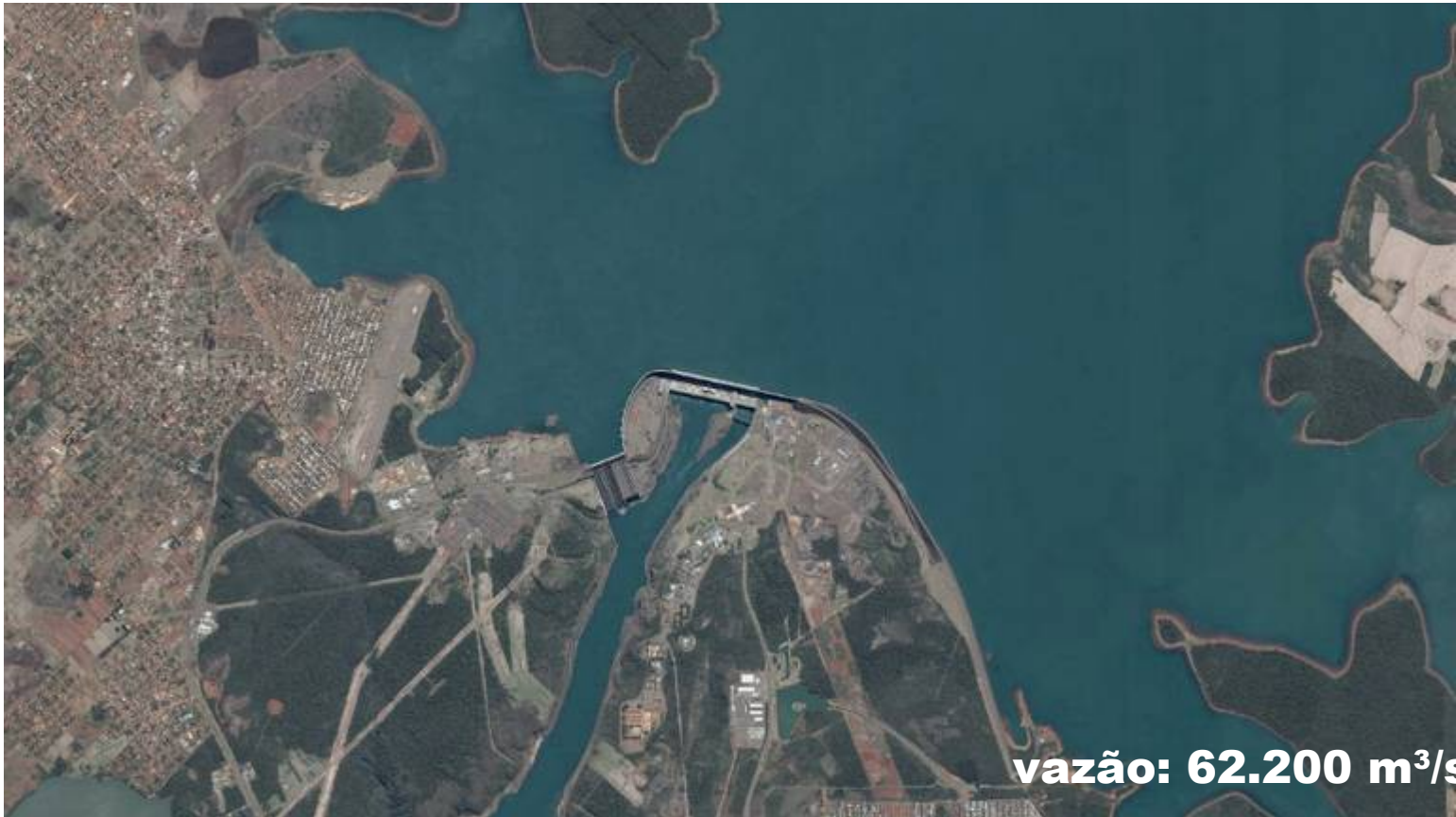


Nitrogênio	78,0842%
Oxigênio	20,9463%
Argônio	0,93422%
Dióxido de Carbono	0,03811%
Vapor d'água	aprox. 1%
Hélio	0,000524%

A atmosfera atual possui apenas 0,04% de todo o Hélio que teria sido produzido por uma Terra com bilhões de anos.

Uma Analogia

A Usina Hidrelétrica de Itaipú



Uma Analogia



Numa represa:

Q_e : vazão de entrada

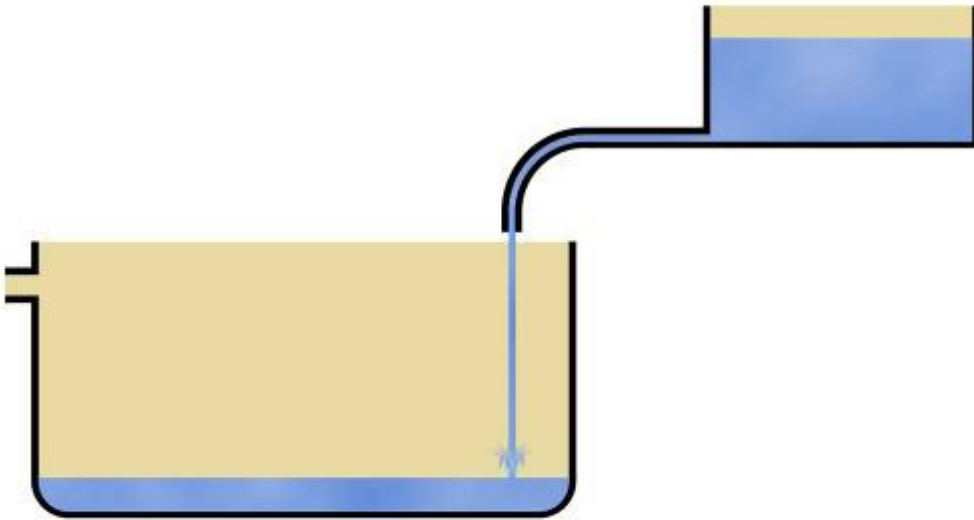
Q_s : vazão de saída

**V_r : volume no
reservatório**

**t_e : tempo de
enchimento do
reservatório**

$$t_e = \frac{V_r}{Q_e - Q_s}$$

Uma Analogia



Dois reservatórios:

Q_e : vazão de entrada

Q_s : vazão de saída

**V_r : volume no
reservatório**

**t_e : tempo de
enchimento do
reservatório**

$$t_e = \frac{V_r}{Q_e - Q_s}$$

O Hélio Que Está Faltando

Dados: Granodiorita de Jemez

(Granito pré-cambriano das montanhas de Jemez, Los Alamos, Novo México, EUA)

Idade atribuída: 1,5 bilhão de anos (métodos U, Th, Pb)

MEDIDA CALCULADO

	Profundidade (n)	Temperatura (°C)	He (10 ⁹ cm ³ /μg)	Q/Q _o	Erro
0	0	20	8.2	—	—
1	960	105	8.6	0.58	±0 .17
2	2170	151	3.6	0.27	±0 .08
3	2900	197	2.8	0.17	±0 .05
4	3502	239	0.16	0.012	±0 .004
5	3930	277	- 0 .02	- 0 .001	—
6	4310	313	- 0 .02	- 0 .001	—

Tabela 1 - Retenção de Hélio em Zircão (amostras da perfuração de Jemez)
STP - standard temperature and pressure

Q: quantidade observada de He (nº de átomos de He no cristal)

Q_o: quantidade calculada de átomos de He retidos se difusão não tivesse ocorrido (baseada na quantidade de átomos de chumbo presentes nas amostras)

Porcentagem de Hélio retido

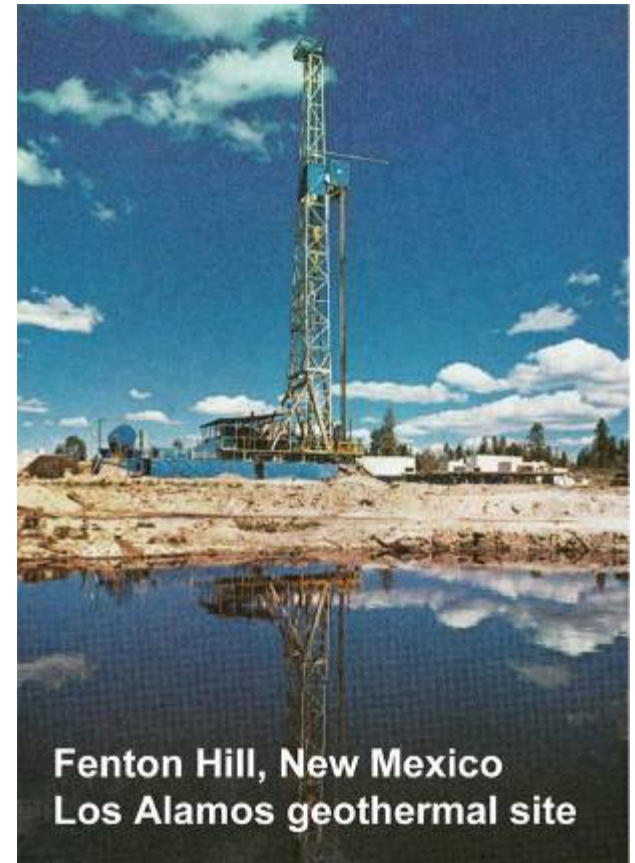
Amostra 1:58%

Amostra 2:27%

Amostra 3:17%

Amostra 4: 1.2%

Amostra 5: 1.0%



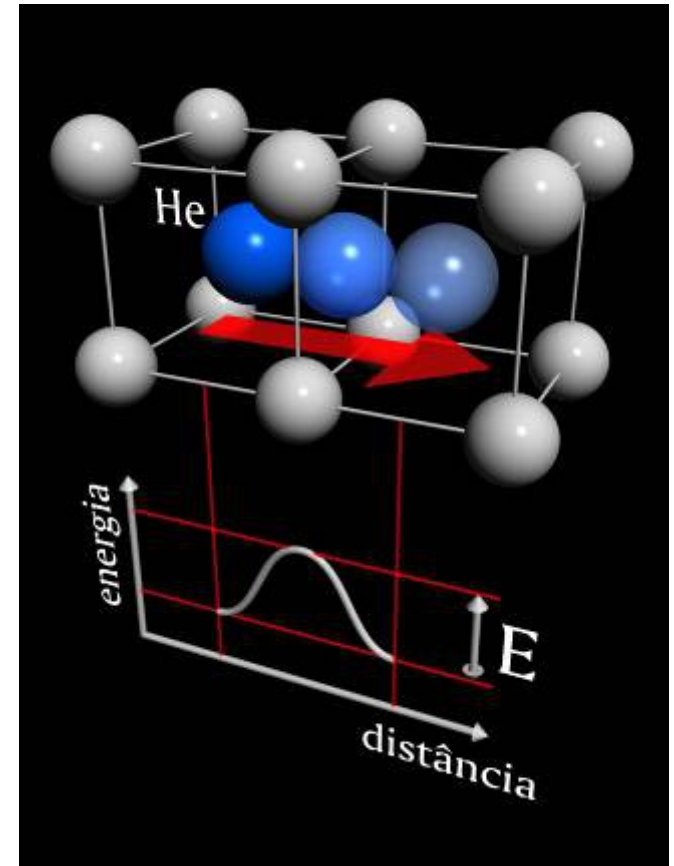
Processo: Difusão do Hélio

(Migração de átomos de Hélio em cristais de zircão)

As Forças no Retículo Cristalino

DIFUSÃO: Numa alta concentração de He no cristal, os movimentos randômicos espalhariam o He de maneira uniforme através do cristal, até que este escapasse completamente.

E: energia de ativação (energia cinética necessária para transpor a barreira repulsiva)



Processo: Difusão do Hélio

(Migração de átomos de Hélio em cristais de zircão)

Equação da Difusão

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \nabla^2 C$$

variação da concentração em função do tempo

$$D = D_0 \exp \left[- \frac{E_0}{R T} \right]$$

coeficiente de difusão
(expresso para altas temperaturas)

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

operador Laplaciano

E_0 : energia intrínseca de ativação (40 - 400 kJ/mol)

R: constante universal dos gases (8,314 J/mol•K)

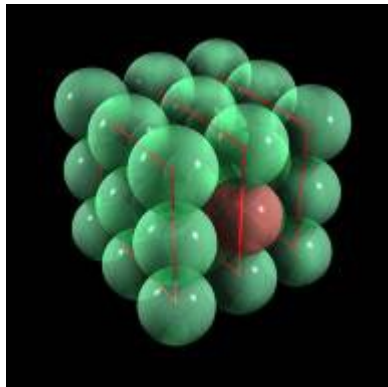
Processo: Difusão do Hélio

(Migração de átomos de Hélio em cristais de zircão)

Defeitos no Cristal: Impureza, Deslocamento, etc.

$$D = D_0 \exp \left[- \frac{E_0}{R T} \right] + \underbrace{D_1 \exp \left[- \frac{E_1}{R T} \right]}_{\text{efeito dos defeitos}}$$

efeito dos defeitos



impureza do retículo cristalino

$$E_1 < E_0$$

$$D_1 < D_0$$

Processo: Difusão do Hélio

(Migração de átomos de Hélio em cristais de zircão)

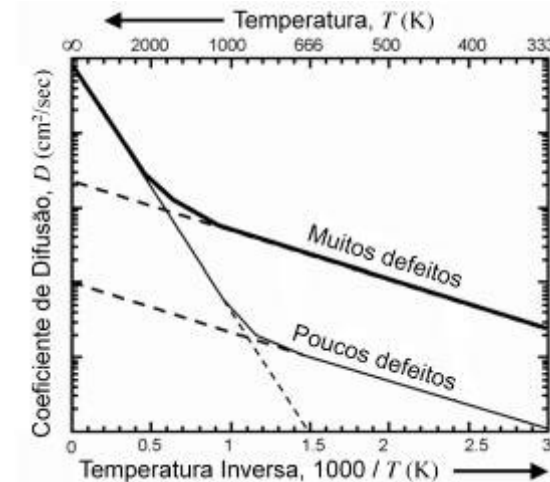
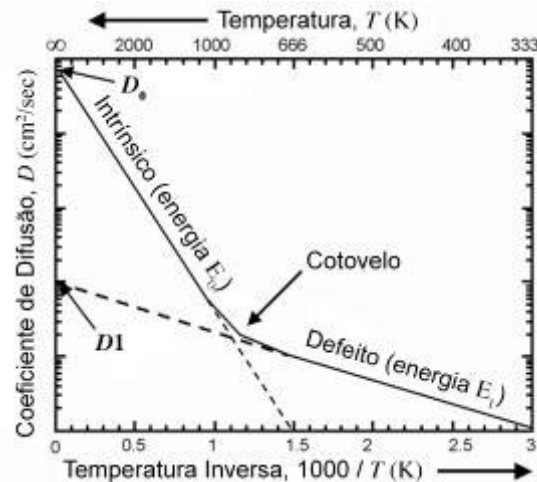
Coeficientes de Difusão

$$D = D_0 \exp \left[- \frac{E_0}{R T} \right] + D_1 \exp \left[- \frac{E_1}{R T} \right]$$

feito dos defeitos

**quanto mais quente o cristal,
maior o coeficiente de difusão**

**quanto mais defeitos no cristal
maior o coeficiente de difusão**



Gráficos de Arrhenius (escala logarítmica)

Processo: Difusão do Hélio

(Migração de átomos de Hélio em cristais de zircão)

Coeficientes de Difusão

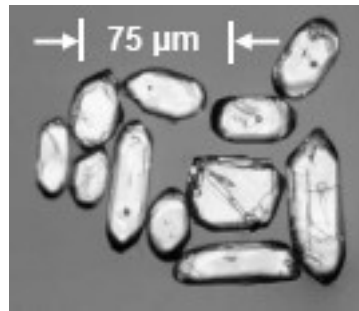
$$D = D_0 \exp \left[- \frac{E_0}{R T} \right] + \underbrace{D_1 \exp \left[- \frac{E_1}{R T} \right]}_{\text{efeito dos defeitos}}$$

efeito dos defeitos

Valores Empíricos dos Coeficientes

para $T \geq 450^\circ\text{C}$

$$E_0 = 34,4 \pm 0,9 \text{ kJ/mol}$$
$$D_0/a^2 = 3458 \text{ s}^{-1} \left(\begin{smallmatrix} +3100 \\ -1700 \end{smallmatrix} \right)$$



para $300^\circ\text{C} \leq T \leq 440^\circ\text{C}$

$$E_0 = 29,4 \text{ kJ/mol}$$
$$D_0/a^2 = 64,9 \text{ s}^{-1}$$

a : diâmetro médio dos cristais ($\pm 30\mu\text{m}$)

Dois Modelos

Processo: Difusão do Hélio

MODELO CRIACIONISTA

- 1. surto rápido de desintegração nuclear acelerada**
- 2. produzindo uma alta concentração (C_0) de He**
- 3. distribuição uniforme da concentração de He**
- 4. distribuição uniforme de átomos de U e Th**
- 5. temperaturas permaneceram constantes em relação às temperaturas atuais**

Num curto espaço de tempo...

a quantidade adicional de He produzida pelo processo normal de desintegração seria pequena quando comparada com a quantidade inicial

Processo: Difusão do Hélio

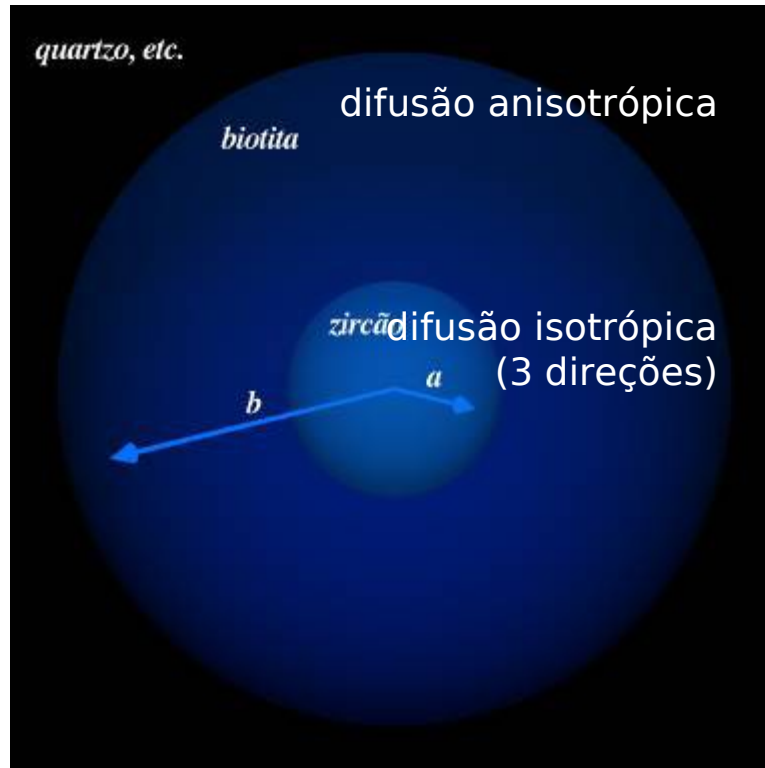
MODELO CRIACIONISTA

Aproximação da difusão (esférica)...

cristais de zircão são encontrados dentro de biotita
a aproximação da difusão deve incluir os dois meios



Biotita



$$a = \pm 30 \mu\text{m}$$
$$b = \pm 1000 \mu\text{m}$$

$$C(r) = 0, \text{ para } r = b$$

Condições iniciais ($t=0$)

$$C(r) = C_0 \text{ para } r < a$$


$$C(r) = 0 \text{ para } r > a$$

Processo: Difusão do Hélio

EQUAÇÃO DE DIFUSÃO EM UM SISTEMA RADIAL

**Solução da propagação do calor proposta por
R.P. Bell em forma simplificada (mesmos
coeficientes para os dois meios)
e adaptada à difusão atômica por H.S. Carslaw
e J.C. Jaeger**

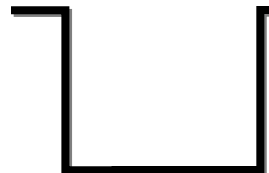
$$C(r, t) = \frac{2 C_0}{r} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \pi} \left[\frac{b}{n \pi} \sin \frac{n \pi a}{b} - a \cos \frac{n \pi a}{b} \right] \sin \frac{n \pi r}{b} \exp \left[- n^2 \frac{\pi^2 D t}{b^2} \right]$$


$$Q(t) = 4 \pi \int_0^a C(r, t) r^2 dr$$
$$Q_0 = \frac{4}{3} \pi a^3 C_0$$

$Q(t)$ e Q_0 são as integrais volumétricas de $C(r, t)$

Processo: Difusão do Hélio

PROPORÇÃO DE HÉLIO RETIDA NO ZIRCÃO

$$Q(t) = 4\pi \int_0^a C(r,t) r^2 dr \quad Q_0 = \frac{4}{3}\pi a^3 C_0$$


$$\frac{Q(t)}{Q_0} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{6b^3}{n^4 \pi^4 a^3} \left[\sin \frac{n\pi a}{b} - \frac{n\pi a}{b} \cos \frac{n\pi a}{b} \right]^2 \exp \left[-n^2 \frac{\pi^2 D t}{b^2} \right]$$

A SOLUÇÃO

$$F(x) = \frac{Q}{Q_0}$$

$$F(x) = \sum_{n=1}^N S_n \exp \left[-n^2 x \right]$$


onde

$$S_n = \frac{6b^3}{n^4 \pi^4 a^3} \left[\sin \frac{n\pi a}{b} - \frac{n\pi a}{b} \cos \frac{n\pi a}{b} \right]^2$$

e

$$x = \frac{\pi^2 D t}{b^2}$$

Processo: Difusão do Hélio

MODELO CRIACIONISTA

$$F(x) = \frac{Q}{Q_0}$$

$$F(x) = \sum_{n=1}^N S_n \exp[-n^2 x]$$

onde

$$S_n = \frac{6b^3}{n^4 \pi^4 a^3} \left[\sin \frac{n\pi a}{b} - \frac{n\pi a}{b} \cos \frac{n\pi a}{b} \right]^2$$

e

$$x = \frac{\pi^2 D t}{b^2}$$

Valores Utilizados Para os Cálculos

$b/a = 33,3$; $N = 300$; $t = 1,892 \times 10^{11}$ segundos

	T (°C)	QQ ₀	x	D (cm ² /s)	Erro (%)	
1	105	0.58	5.9973×10^{-4}	3.2103×10^{-18}	+1 22	- 67
2	151	0.27	2.4612×10^{-3}	1.3175×10^{-17}	+49	- 30
3	197	0.17	4.0982×10^{-3}	2.1937×10^{-17}	+39	- 24
4	239	0.012	3.3250×10^{-2}	1.7798×10^{-16}	+33	- 18
5	277	-0 .001	1.8190×10^{-1}	9.7368×10^{-16}	—	—

Tabela 2 - Valores calculados a partir do modelo criacionista

Processo: Difusão do Hélio

MODELO UNIFORMISTA

1. **baixa taxa de desintegração**
2. **taxa de desintegração constante**
3. **ambas constantes por pelo menos 1,5 bilhão de anos**
4. **temperaturas atuais durante o período de formação dos cristais**
5. **concentração em regime permanente (steady-state)**

Num longo período de tempo...

a concentração em regime permanente dependeria somente do raio r a partir do centro

$$C(r) = \frac{Q_0}{\frac{4}{3} \pi a^3} \frac{(a^2 - r^2)}{6 D t}$$

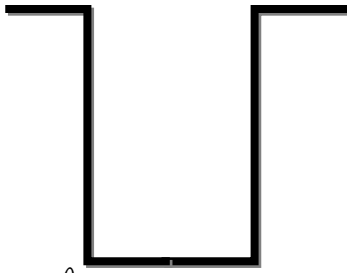
Q_0 é a quantidade total de He produzida durante o tempo t

Q_0/t é a taxa de produção de He

D é o coeficiente de difusão do zircão

Processo: Difusão do Hélio

MODELO UNIFORMISTA

$$Q(t) = 4\pi \int_0^a C(r,t) r^2 dr$$


$$C(r) = \frac{Q_0}{\frac{4}{3}\pi a^3} \frac{(a^2 - r^2)}{6 D t}$$

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{a^2}{15 D t}$$

Valores Utilizados Para os Cálculos

$$a = 30 \mu\text{m}; t = 4,73 \times 10^{16} \text{ segundos}$$

	T (°C)	Q/Q ₀	D (cm ² /s)	Erro (%)	
1	105	0.58	2.1871 × 10 ⁻²³	+30	-30
2	151	0.27	4.4981 × 10 ⁻²³	+30	-30
3	197	0.17	7.4618 × 10 ⁻²³	+30	-30
4	239	0.012	1.0571 × 10 ⁻²¹	+30	-30
5	277	-0.001	1.2685 × 10 ⁻²⁰	—	—

Tabela 2 - Valores calculados a partir do modelo uniformista

Conclusões

Processo: Difusão do Hélio

COMPARANDO OS DOIS MODELOS

modelo
CRIACIONISTA

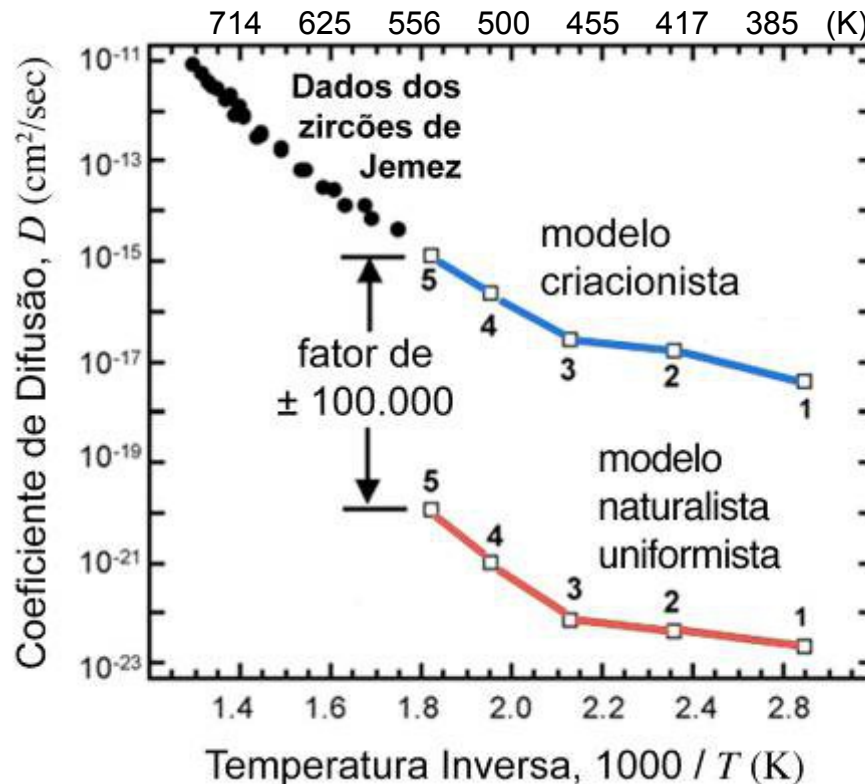
$t = 1,892 \times 10^{11}$ segundos

6.000 anos

modelo
UNIFORMISTA

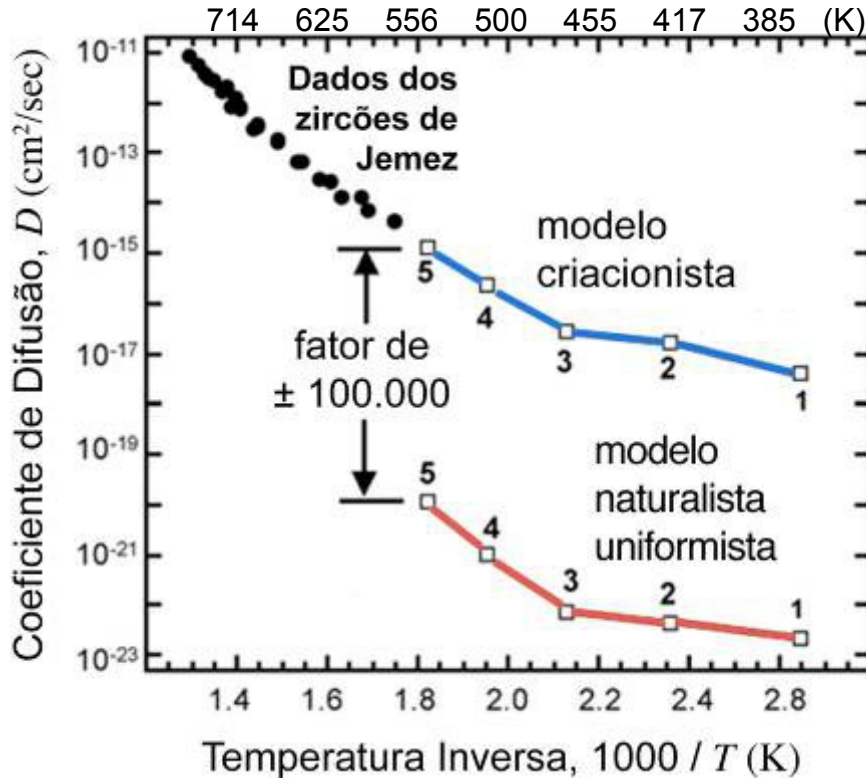
$t = 4,73 \times 10^{16}$ segundos

1,5 bilhões de anos



Processo: Difusão do Hélio

CONCLUSÕES



usando a equação abaixo para estimar o tempo referente aos pontos 3, 4 e 5

$$x = \frac{\pi^2 D t}{b^2} \Rightarrow t = \frac{b^2 x}{\pi^2 D}$$

$$a/b = 0,03$$

$$D/a^2 = 64,9 \text{ s}^{-1}$$

	x	D/b^2 (s^{-1})	Tempo (anos)	Erro (%)	
3	4.0982×10^{-3}	1.2672×10^{-15}	10389	+4 050	- 2490
4	3.3250×10^{-2}	1.6738×10^{-14}	6392	+2 110	- 1150
5	1.8190×10^{-1}	1.2311×10^{-13}	4747	—	—

Tabela 3 - Tempo calculado para difusão

Processo: Difusão do Hélio

CONCLUSÕES

Um período entre

4.000 - 14.000

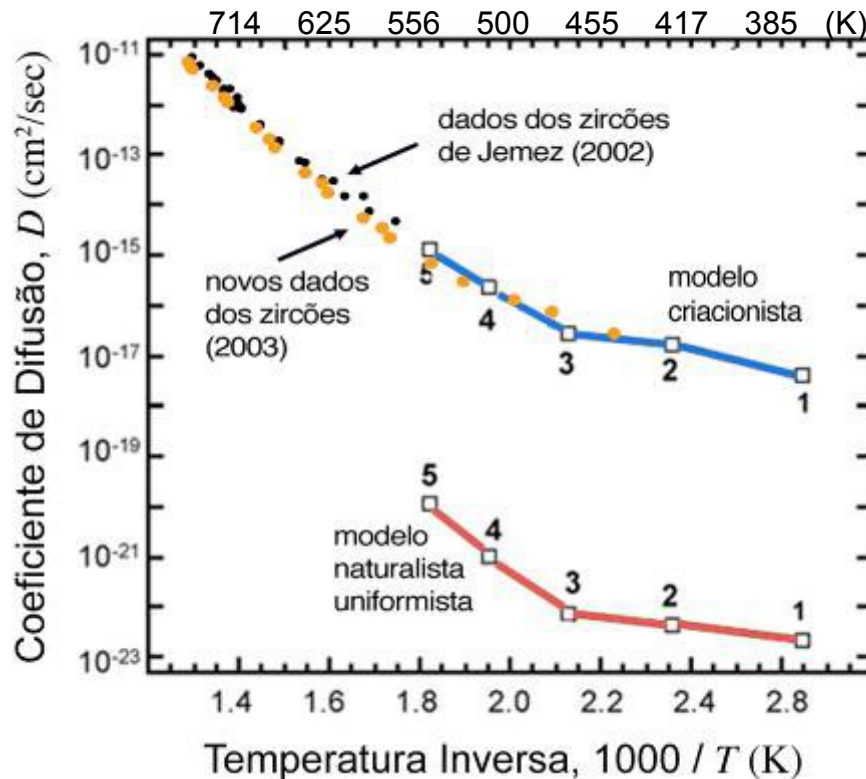
seria necessário para a difusão do Hélio

	x	D/l² (s⁻¹)	Tempo_t (anos)	Erro (%)	
3	4.0982×10^{-3}	1.2672×10^{-15}	10389	+4 050	- 2490
4	3.3250×10^{-2}	1.6738×10^{-14}	6392	+2 110	- 1150
5	1.8190×10^{-1}	1.2311×10^{-13}	4747	—	—

Tabela 3 - Tempo calculado para difusão

Processo: Difusão do Hélio

NOVOS DADOS AVALIADOS PELA DIVISION OF GEOLOGICAL AND PLANETARY SCIENCES



usando a equação abaixo para estimar o tempo referente aos pontos 2, 3, 4 e 5

$$x = \frac{\pi^2 D t}{b^2} \Rightarrow t = \frac{b^2 x}{\pi^2 D}$$

$$a/b = 0,03$$

$$D/a^2 = 64,9 \text{ s}^{-1}$$

	T (°C)	Q/Q ₀	He %	D (cm ² /s)	Idade
1	105	0.58	58	—	
2	151	0.27	27	1.09×10^{-17}	7270
3	197	0.17	17	5.49×10^{-17}	2400
4	239	0.012	1.2	1.87×10^{-16}	5730
5	277	- 0 .001	0.1	7.97×10^{-16}	7330

Tabela 4 - Tempo calculado para difusão

Processo: Difusão do Hélio

CONCLUSÕES

Um período entre

5.680 anos \pm 2.000 anos

seria necessário para a difusão do Hélio

	T (°C)	Q/Q _o	He %	D (cm ² /s)	Idade
1	105	0.58	58	—	
2	151	0.27	27	1.09×10^{-17}	7270
3	197	0.17	17	5.49×10^{-17}	2400
4	239	0.012	1.2	1.87×10^{-16}	5730
5	277	- 0 .001	0.1	7.97×10^{-16}	7330

Tabela 4 - Tempo calculado para difusão

Processo: Difusão do Hélio

Referências Bibliográficas

- ¹ M. A. Cook, "Where is the earth's radiogenic Helium?", *Nature*, 179:213, 1957.
- ² L. Vardiman, *The Age of the Earth's Atmosphere: A Study of Helium Flux through the Atmosphere*, Institute for Creation Research, El Cajon, CA 92021, p. 28, 1990.
- ³ R. E. Zartman, "Uranium, thorium, and lead isotopic composition of biotite granodiorite (Sample 9577-2b) from LASL Drill Hole GT-2." *Los Alamos Scientific Laboratory Report LA-7923-MS*, 1979.
- ⁴ R. V. Gentry, G. J. Glish, e E. H. McBay, "Differential helium retention in zircons: implications for nuclear waste management," *Geophysical Research Letters* 9(10): 1129-1130, October, 1982.
- ⁵ D. R. Humphreys, S. A. Austin, J. R. Baumgardner, e A. A. Snelling, "Helium Diffusion Rates Support Accelerated Nuclear Decay", *Creation Research Society Quarterly Journal*, Vol. 41, nº 1, 2004.
- ⁶ R. P. Bell, "A Problem of Heat Conduction with Spherical Symmetry", *Proceedings of the Physical Society* (London), 57:45-48, 1945.
- ⁷ H. S. Carslaw e J. C. Jaeger, *Conduction of Heat in Solids*, 2nd edition, Clarendon Press, Oxford, 1959, p. 236, eq. 19).
- ⁸ J. Crank, *The Mathematics of Diffusion*, 2nd edition, Oxford University Press, Oxford, 1975, p. 8, eq. 1.21.
- ⁹ C. D. Kolstad e T. R. McGetchin, "Thermal evolution models for the Valles Caldera with reference to a hot-dry-rock geothermal experiment," *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 3:197-218, 1978.
- ¹⁰ T. M. Harrison, P. Morgan e D. D. Blackwell, "Constraints on the age of heating at the Fenton Hill site, Valles Caldera, New Mexico," *Journal of Geophysical Research*, 91(B2):1899-1908, February 10, 1986.
- ¹¹ M. Sakada, "Fluid inclusion evidence for recent temperature increases at Fenton Hill hot dry rock test site west of the Valles Caldera, New Mexico, U.S.A.," *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 36:257-266, 1989.