Universidade de São Paulo
BRASIL

Prova de Proteção Radiológica
Deduções e Exercícios

Dr. Almy A. R. Da Silva

Físico – Especialista em Proteção Radiológica
SESMT - Seção Técnica de Proteção Radiológica - Reitoria

Prova do Curso de Proteção Radiológica – 40 h

- **Mostre que a atividade de uma fonte radioativa é determinada matematicamente por: $A=Ao.exp(-\lambda t)$.**
- **Descreva em 10 passos um procedimento para descontaminação de uma bancada contaminada com fosfato de césio, sendo os dois componentes principais radioativos. Considere suas características.**
- **Considerando que o C-14 e o P-32 têm meias-vida de aprox. 5730 anos e 15 dias respectivamente. Descreva de uma forma básica e minimamente plausível o porquê dessa diferença. Se você pegar dois átomos de cada isótopo ao mesmo tempo qual decai primeiro?**
- **O símbolo de radiação foi estabelecido na década de 50 passada. Descreva os métodos de simbologia nos anos 10 e 20 do século passado e a proposta para daqui a 10.000 anos.**
- **Como anda a qualidade de suas escolhas pessoais?**

Decaimento Nuclear

N_0 = número de átomos inicialmente presente.

N(t) = número de átomos que ainda não se desintegrou após um intervalo de tempo t.

λ = constante de decaimento.

Dedução:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \longrightarrow \frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

$$\int \frac{dN}{N} = -\int \lambda dt \longrightarrow \int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\int_0^t \lambda dt$$

$$\ln(N) - \ln(N_o) = -\lambda t \longrightarrow ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$

$$Exp(ln\left(\frac{N}{N_0}\right)) = Exp(-\lambda t) \longrightarrow \mathbf{N(t) = N_0 e^{-\lambda t}}$$

Atividade

$$A = \mathbf{N}\lambda$$

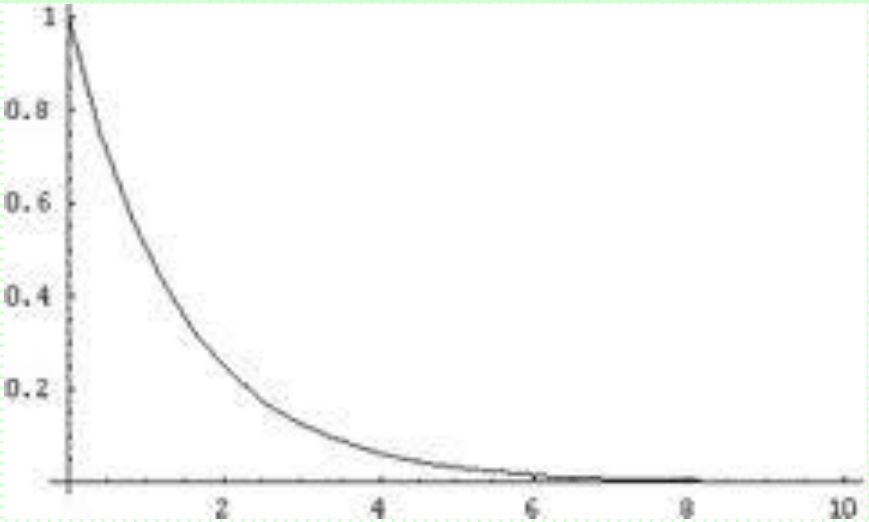
Portanto

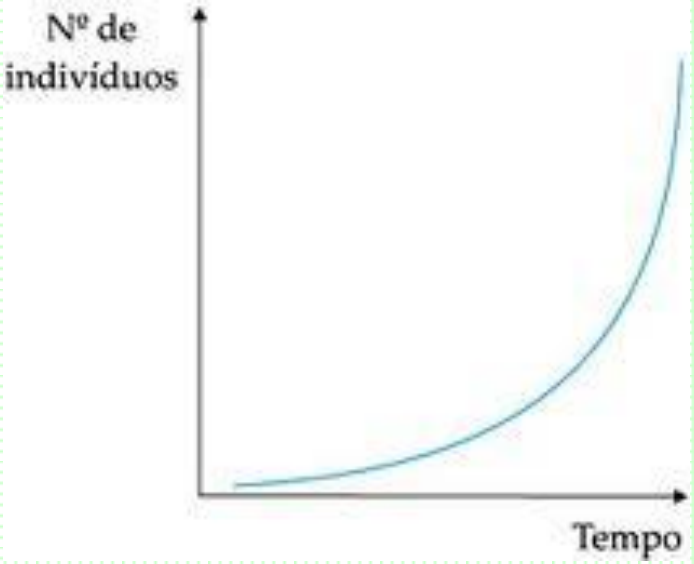
$$A(t) = A_0 e^{-\boldsymbol{\lambda t}}$$

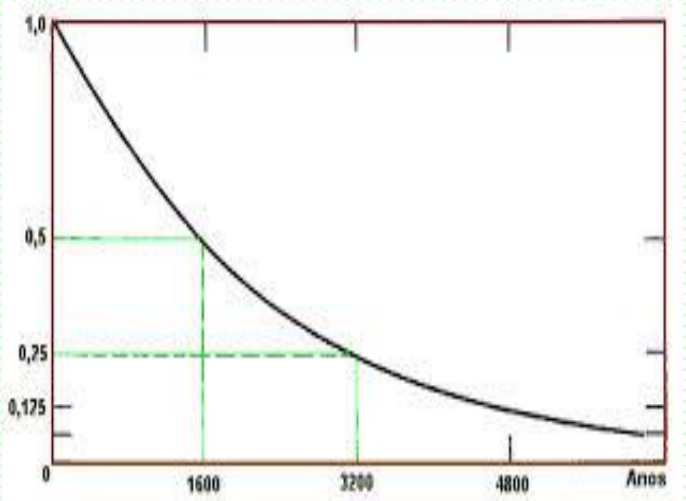
$\mathbf{A_0 = N_0}\lambda$: atividade de uma amostra no instante inicial .

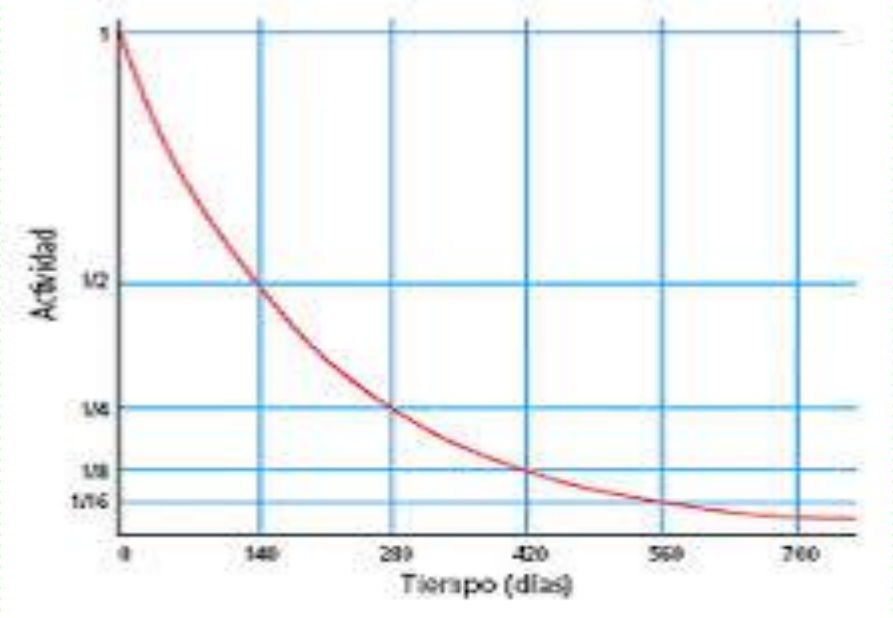
$A = \mathbf{N}\lambda$: atividade de uma amostra num instante t.

Atividade

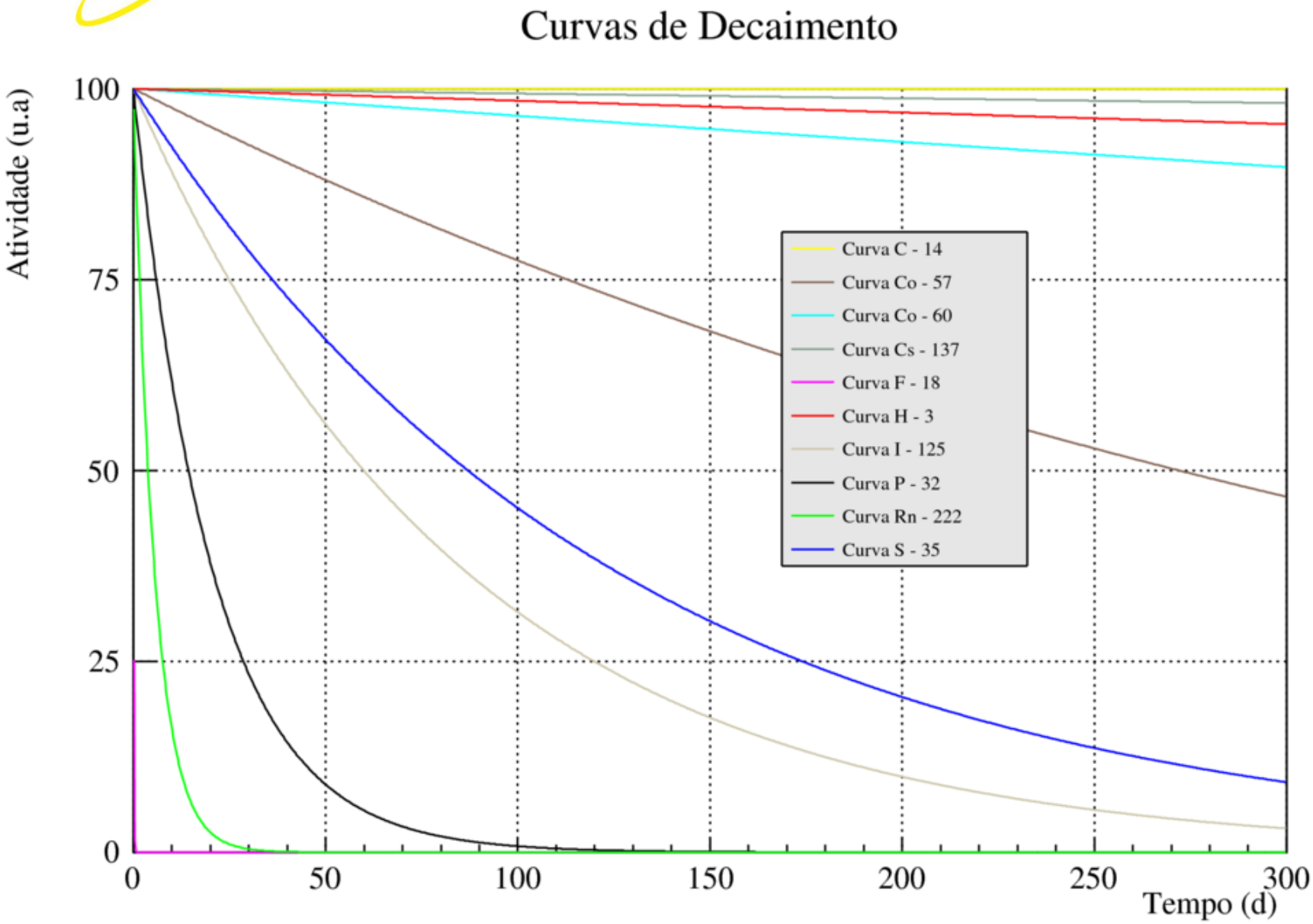

1
0.8
0.6
0.4
0.2
2
4
6
8
10


Nº de indivíduos
Tempo


1,0
0,5
0,25
0,125
0
1600
3200
4800
Anos


Actividad
1
1/2
1/4
1/8
1/16
0
140
280
420
560
700
Tiempo (días)

Atividade


Curvas de Decaimento
Atividade (u.a)
100
75
50
25
0
0
50
100
150
200
250
300
Tempo (d)
Curva C - 14
Curva Co - 57
Curva Co - 60
Curva Cs - 137
Curva F - 18
Curva H - 3
Curva I - 125
Curva P - 32
Curva Rn - 222
Curva S - 35

Atividade

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

Quanto será a atividade de minha amostra daqui a 7d?

Quando vai decair meu último átomo radioativo?

Quanto tempo demora para a Atividade cair à metade?

Quanto tempo demora para a atividade chegar a um valor específico?

Atividade

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

Material	A (μCi)	$T_{1/2}$	Unid.	λ (s^{-1})	No	N em $T_{1/2}$	t p/ N=1	t p/ N=1 (a)
P-32	100	14,3	d	5,6E-07	6,6E+12	3,3E+12	5,3E+07	1,67
C-14	100	5730	a	3,8E-12	9,6E+17	4,8E+17	1,1E+13	342326
H-3	100	12	a	1,8E-09	2,0E+15	1,0E+15	1,9E+10	610
Cs-137	1375 Ci	30	a	7,3E-10	6,9E+22	3,5E+22	7,2E+10	2276

Atividade

Quanto tempo demora para a atividade chegar a um valor específico?

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$t = ?$$

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \longrightarrow \lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}}$$

$$\frac{A}{A_0} = e^{-\frac{ln2}{T_{1/2}}t} \longrightarrow \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \ln e^{\frac{-ln2}{T_{1/2}}t}$$

$$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\ln(2).t/T_{1/2} \longrightarrow -\ln\left(\frac{A}{A_0}\right).\ T_{1/2}/\ln(2) = t$$

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{0{,}693} T_{1/2}$$

Exercício – Memorial de Cálculo de Rejeitos

Material – P-32
Atividade Total Inicial do experimento – 50μCi

Sendo estimado:

35 μCi em 35 ml – no Rejeito Líquido
15 μCi em 100 g – no Rejeito Sólido

Dados:

$T_{1/2}$ = 14,3 d

Limite p/ dispensa do sólido: $1x10^3$ kBq/kg = 10^6 Bq/kg

Limite p/ dispensa do líquido: $1,7x10^5$ Bq/m^3

Como calculamos o tempo necessário para descarte caso necessário?

$$t = -\frac{ln\left(\frac{A}{Ao}\right).T_{1/2}}{0.693}$$

Sólido:

$$A_e = \frac{15\mu Ci}{100g} = \frac{150\mu Ci}{kg}$$

Limite: 10^6 Bq/kg

$$1\ Ci = 3{,}7x10^{10}\ Bq$$

1 Ci ---------- $3{,}7x10^{10}$ Bq
X Ci ---------- 10^6 Bq

....
....

$$Lim = 27\ \mu Ci/kg$$

Então temos que aguardar o decaimento radioativo do P-32 no rejeito sólido por:

$$t = -\frac{ln\left(\frac{27}{150}\right).14,3d}{0.693}$$

$$t = 35\ d$$

Se a massa do rejeito fosse = 300 g

Qual tempo aguardar nesse caso?

$$A_e = \frac{15\mu Ci}{0,3kg} = \frac{50\ \mu Ci}{kg}$$

$$t = -\frac{ln\left(\frac{27}{50}\right).14,3d}{0.693}$$

$$t = 12,7\ d$$

Memorial para rejeito Líquido:

$$C = \frac{35\mu Ci}{35ml} = \frac{1\mu Ci}{ml}$$

Limite: $1{,}7x10^5\ Bq/m^3$

$1\ Ci = 3{,}7x10^{10}\ Bq$

$1\ m^3 = 1000\ Litros = 1000x1000\ ml = 1x10^6\ ml$

Então - $1ml = 1x10^{-6}\ m^3$

$$C = \frac{1\mu Ci}{ml} = \frac{1x10^{-6}\ Ci}{1x10^{-6}\ m^3} = \frac{3{,}7x10^{10}\ Bq}{m^3}$$

$$t = -\frac{ln\left(\frac{1.7x10^5}{3.7x10^{10}}\right).14,3d}{0.693}$$

$$t = -\frac{ln\left(\frac{1.7x10^5}{3.7x10^{10}}\right).14,3d}{0.693}$$

$$t = -\frac{ln\left(\frac{1.7}{3.7x10^5}\right).14,3d}{0.693}$$

$$t = 253\ d$$

Considerando o volume de esgoto:

Com volume de 1 m^3

Rejeito Líquido:

$$C = \frac{35\mu Ci}{m^3}$$

Limite : $1{,}7x10^5$ Bq/m^3

1 Ci = $3{,}7x10^{10}$ Bq

1 m^3 = 1000 Litros = 1000.x1000 ml = $1x10^6$ ml

Então - 1ml = $1x10^{-6}$ m^3

$$C = \frac{35\mu Ci}{m^3} = \frac{35x10^{-6}x\ 3{,}7x10^{10}Bq}{m^3} = \frac{13x10^5Bq}{m^3}$$

$$t = -\frac{ln\left(\frac{1,7x10^5}{13x10^5}\right).14,3d}{0,693}$$

$$t = -\frac{ln\left(\frac{1.7}{13}\right).14,3d}{0.693}$$

$$t = 42\ d$$

Considerando o volume de esgoto:

Quanto de volume preciso para poder descartar o rejeito líquido?

Regra de três:

$A_o = 13x10^5$ Bq

Lim = $1,7x10^5$ Bq/m^3

$1,7 \times 10^5$ -------- $1m^3$
13×10^5 -------- X m^3

volume = 13/1,7 = 7,6 m^3