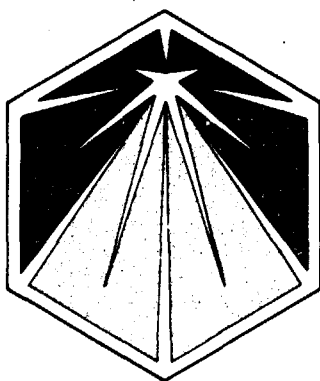


Ministério da Aeronáutica
Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Centro Técnico Aeroespacial

APLICAÇÃO DO MÉTODO DA
VARIÂNCIA EFETIVA NA
CALIBRAÇÃO DE UM
MONITOR DE CONTAMINAÇÃO

O. L. Gonzalez
I. S. M. de Freitas*

NOTA TÉCNICA IEAv - 008/90 (Jul /90)
CTA - IEAv - NT - - 008/90.



0.75

APLICAÇÃO DO MÉTODO DA
VARIÂNCIA EFETIVA NA
CALIBRAÇÃO DE UM
MONITOR DE CONTAMINAÇÃO

O. L. Gonzalez
I. S. M. de Freitas*

NOTA TÉCNICA IEAv - 008 /90 (Jul /90)
CTA - IEAv - NT - - 008 /90.

*UNESP, Guaratinguetá-SP, Bolsista de iniciação científica junto à Divisão de Energia Nuclear do IEAv/CTA-SJCampos

RESUMO

No presente trabalho é apresentada a calibração de um monitor, provido de um tubo Geiger-Müller de janela fina, para contaminação superficial. A reta de calibração é obtida por ajuste pelo método dos mínimos quadrados com variância efetiva. O método e o formalismo do cálculo são discutidos.

ABSTRACT

In this report, the calibration of a thin window Geiger-Müller type monitor for alpha superficial contamination is presented. The calibration curve is obtained by the method of the least-squares fitting with effective variance. The method and the approach for the calculation are briefly discussed.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. G. S. P.', is located in the lower-left quadrant of the page. The signature is written in a cursive style with a long vertical stroke extending downwards.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. O MONITOR E O MÉTODO DE CALIBRAÇÃO	1
3. O MÉTODO DA VARIÂNCIA EFETIVA	2
4. RESULTADOS	4
5. CONCLUSÃO	8
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
APÊNDICE A: O Programa AJUPOL	10

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1:	Padrões de contaminação superficial por urânio natural utilizados na calibração do monitor	2
Tabela 2:	Medidas para calibração do tubo HP-190-A nº 36219, com fontes padrão	4
Tabela 3:	Medidas para calibração do tubo HP-190-A nº 36243, com fontes padrão	4
Tabela 4:	Medidas para calibração do tubo HP-230-A nº 7223-08/17, com fontes padrão	4
Tabela 5:	Medidas para calibração do tubo HP-230-A sem nº, com fontes padrão	5
Tabela 6:	Parâmetros da reta de calibração dos tubos Geiger, obtidos por ajuste pelo método dos mínimos quadrados com variância efetiva	5
Tabela 7:	Limites de contaminação superficial para emissores alfa, Classe II (urânio natural, urânio-235 e 238) de acordo com as normas da CNEN	8
Tabela A1:	Listagem do programa fonte	12
Tabela A2:	Listagem de saída de dados do programa AJUPOL	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Curva de calibração do tubo HP-190-A n^o 36219 para contaminação superficial com urânio	6
Figura 2:	Curva de calibração do tubo HP-190-A n^o 36243 para contaminação superficial com urânio	6
Figura 3:	Curva de calibração do tubo HP-230-A n^o 7223-08/17 para contaminação superficial com urânio	7
Figura 4:	Curva de calibração do tubo HP-230-A sem n^o para contaminação superficial com urânio	7
Figura A1:	Diagrama sequencial do programa AJUPOL	11

1. INTRODUÇÃO

A calibração (e/ou aferição) de um instrumento consiste, basicamente, na obtenção de uma relação biunívoca entre a leitura e um padrão de referência. O padrão de referência pode ser um arranjo onde o valor verdadeiro da grandeza a ser medida é suposto conhecido (padrão de calibração) ou outro instrumento já previamente calibrado (instrumento padrão).

Na maior parte das situações reais, tanto o valor da leitura, bem como o do padrão de referência, estão sujeitos a uma incerteza, quer pela imprecisão inerente ao método de medida, quer pela própria flutuação estatística do fenômeno, como por exemplo, a taxa de desintegração de uma fonte radioativa.

Normalmente, os instrumentos são construídos de modo que existe uma relação linear (ou linearizável) entre a escala de leitura e o valor da grandeza a ser medida. Assim, na calibração, procura-se obter essa relação funcional a partir de um conjunto de pares de dados $(x_i \pm \sigma_{x_i}, y_i \pm \sigma_{y_i})$, onde x_i são os diversos valores do padrão, y_i os valores lidos no instrumento e σ (subscrito x_i ou y_i) é o desvio padrão de cada um desses valores.

A essa relação funcional entre a grandeza física medida e a leitura no instrumento costuma-se chamar de curva de calibração. Quando esta relação pode ser expressa analiticamente, os seus parâmetros (ou coeficientes) são calculados pelo método dos mínimos quadrados.

O método usual de ajuste por mínimos quadrados não prevê a inclusão de erros em ambas as variáveis, de modo que parte significativa da informação quanto à precisão da medida da variável independente fica perdida. Assim, para fins de calibração, onde, além da obtenção dos parâmetros de calibração, é importante a determinação mais acurada das variâncias e covariâncias desses parâmetros, o método usual dos mínimos quadrados não apresenta resultados satisfatórios.

O presente trabalho descreve a aplicação do método dos mínimos quadrados com variância efetiva como uma opção para contornar este problema. Apresenta também a calibração de um contador Geiger de janela fina a ser utilizado como monitor de contaminação superficial. Na seção 2, o detetor e o método de calibração são sucintamente descritos. Na seção 3 é apresentada uma breve descrição do método da variância efetiva e na seção 4 são apresentados os resultados da calibração. Os cálculos foram efetuados por um programa FORTRAN-IV, cuja descrição e uso são apresentados no Apêndice A deste trabalho.

2. O MONITOR E O MÉTODO DE CALIBRAÇÃO

O monitor ora calibrado para medida de contaminação superficial consiste de um tubo Geiger-Müller de janela fina ("Hand Probe" model HP-190-A ou "Hand Probe" model HP-230-A) acoplado a um medidor de taxa de contagem ("Radiation Monitor" model RM-14), ambos de fabricação da EBERLINE (USA) /1/.

O tubo Geiger é utilizado para monitoração de radiação penetrante (gamas e raios-X), porém a sua janela fina de mica (1,5 a 2,0 mg/cm²), permite a detecção de partículas alfa

($E > 3,00$ MeV) e partículas beta ($E > 0,15$ MeV).

No presente trabalho esse monitor, fornecido com 4 tubos de dois modelos diferentes, foi calibrado para medida de contaminação superficial por urânio natural.

A calibração, para conversão da leitura (cpm = contagens por minuto) em densidade superficial de contaminação alfa ($10^{-6} \mu Ci/cm^2$) é feita com um conjunto de placas de alumínio de 56 cm^2 recobertas por uma fina camada de urânio natural, cuja densidade superficial foi anteriormente determinada por espectroscopia alfa. Essas placas, que neste trabalho serão denominadas simplesmente por "fontes" calibradas, estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1: Padrões de contaminação superficial por urânio natural utilizados na calibração do monitor

FONTE Nº	CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL ($10^{-6} \mu Ci/cm^2$)
1.1	23 ± 2
1.2	28 ± 1
2.1	44 ± 3
2.2	66 ± 5
3.1	38 ± 1
3.2	42 ± 2
4.1	252 ± 15
4.2	181 ± 8

No processo de calibração a "janela" do detector (face coberta pela folha de mica) foi mantida à distância de 1 cm das fontes.

Observa-se que, diferentemente de outros medidores de contaminação alfa, esta calibração é específica para o urânio, pois o tubo Geiger não discrimina a radiação beta, gama e raios-X característicos. Desse modo, a extrapolação dos parâmetros de calibração para outros emissores alfa pode resultar em valores errados.

3. O MÉTODO DA VARIÂNCIA EFETIVA

O problema do ajuste de uma função, $y = f(x)$, a um conjunto de N dados experimentais, (x_i, y_i) , onde os y_i apresentam erros experimentais, σ_{y_i} , consiste em calcular parâmetros dessa função a partir do princípio da máxima probabilidade, ou seja, minimizando-se a soma:

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - f(x_i))^2}{\sigma_{y_i}^2} \quad (1)$$

Se a função $f(x)$ é linear nos parâmetros, ou seja:

$$f(x_i) = \sum_{j=1}^M a_j f_j(x_i) \quad (2)$$

o valor desses M parâmetros, suas variâncias e covariâncias são obtidos pelo método usual dos mínimos quadrados.

Entretanto, este método não prevê a inclusão de erro na variável independente (x_i) ou supõe este erro muito pequeno em relação a y_i , ou seja:

$$\sigma_{x_i} \ll \sigma_{y_i} , \quad (3)$$

suposição esta que muitas vezes não condiz com a situação física, quando x_i e y_i são valores experimentais extraídos de medidas ou lidos em algum instrumento.

Uma maneira de adequar o problema à forma usual de tratamento é definir-se uma variância efetiva para y /2/:

$$\sigma_i^2 = \sigma_{y_i}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)_{x=x_i}^2 \sigma_{x_i}^2 . \quad (4)$$

Demonstra-se /2/, neste caso, que a soma ponderada da diferença entre o valor experimental y_i e o valor da função ajustada no ponto ($x_i, y = f(x_i)$); dado pela Eq. (1), reduz-se a:

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - f(x_i))^2}{\sigma_i^2} , \quad (5)$$

expressão esta equivalente àquela dada pela Eq. (1).

Deve-se notar, entretanto, que a função a ser ajustada depende dos valores de σ_i , os quais, por sua vez, são definidos pela derivada da função. Este problema pode ser contornado por um processo iterativo /3/, definindo-se inicialmente,

$$\sigma_i = \sigma_{y_i} \quad (6)$$

e

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)_{x=x_i} = 0 , \quad (7)$$

ajustando-se os parâmetros de $f(x)$ e, a seguir, recalculando-se os valores de σ_i pela Eq. (4). De posse desse novo valor de σ_i ajusta-se $f(x)$ novamente e repete-se este procedimento até que os valores da derivada da função calculados em duas iterações sucessivas sejam "praticamente" iguais. Entende-se por "praticamente" iguais, quando os dois valores diferem entre si por uma parcela menor que um δ arbitrariamente pequeno.

Os valores dos parâmetros da função são aqueles calculados na última iteração.

Para a execução dos cálculos para ajuste da função de calibração dos detectores deste trabalho, foi elaborado um programa em FORTRAN-IV (Programa AJUPOL), que ajusta os coeficientes de um polinômio de grau até 9 a dados experimentais do tipo ($x_i \pm \sigma_{x_i}, y_i \pm \sigma_{y_i}$). O diagrama funcional do programa, modo de utilização e uma listagem completa estão no Apêndice A.

No algoritimo de ajuste da função por mínimos quadrados é utilizado o formalismo matricial /4/. Uma sub-rotina e uma função, para inversão de matriz simétrica e cálculo do chi-quadrado reduzido, foram extraídas da Ref. /5/.

4. RESULTADOS

Os valores experimentais utilizados para a calibração de cada tubo Geiger são listados nas Tabelas 2 a 5. Nos valores das taxas de contagem (primeira coluna das tabelas) já foi subtraída a contagem de fundo ($BG = 60 \pm 20$ cpm). A incerteza nesses valores corresponde à flutuação do ponteiro indicador do aparelho na leitura com as fontes e do fundo, combinadas pela forma usual de propagação de erros

$$\sigma^2 = (\sigma_{CONT}^2 + \sigma_{BG}^2) \quad (8)$$

onde σ , σ_{CONT} e σ_{BG} , são as incertezas da taxa de contagem líquida (Leitura - BG), da leitura no instrumento com fonte e fundo e do fundo (BG), respectivamente.

Tabela 2: Medidas para calibração do tubo HP-190-A N^o 36219 com fontes padrão

TAXA DE CONTAGEM (cpm)	CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL ($10^{-6} \mu Ci/cm^2$)
40 ± 30	38 ± 1
60 ± 30	44 ± 3
120 ± 30	66 ± 5
240 ± 45	181 ± 8
320 ± 20	252 ± 15

Tabela 3: Medidas para calibração do tubo HP-190-A N^o 36243 com fontes padrão

TAXA DE CONTAGEM (cpm)	CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL ($10^{-6} \mu Ci/cm^2$)
40 ± 30	38 ± 1
80 ± 30	44 ± 3
120 ± 30	66 ± 5
200 ± 30	181 ± 8
320 ± 30	252 ± 15

Tabela 4: Medidas para calibração do tubo HP-230-A N^o 7223-08/17 com fontes padrão

TAXA DE CONTAGEM (cpm)	CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL ($10^{-6} \mu Ci/cm^2$)
20 ± 30	44 ± 3
40 ± 30	66 ± 5
80 ± 30	181 ± 8
120 ± 30	252 ± 15

Tabela 5: Medidas para calibração do tubo HP-230-A S/N^o com fontes padrão

TAXA DE CONTAGEM (cpm)	CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL (10 ⁻⁶ μCi/cm ²)
20 ± 30	44 ± 3
40 ± 30	66 ± 5
120 ± 30	181 ± 8
160 ± 30	252 ± 15

A escala do instrumento é linear de modo que a contaminação superficial (Y em 10⁻⁶ μ Ci/cm²) em função da taxa de contagem (X em cpm) é dada por:

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X, \quad (9)$$

com variância dada por:

$$\sigma_Y^2 = X^2 \sigma_1^2 + \sigma_0^2 + 2 \cdot X \cdot COV(A_0, A_1), \quad (10)$$

sendo:

A_0	= termo contante (10 ⁻⁶ μCi/cm ²)
A_1	= termo linear (10 ⁻⁶ μCi/cm ² · cpm)
σ_Y^2	= variância da contaminação Y
σ_0^2	= variância do termo constante A_0
σ_1^2	= variância do termo linear A_1
$COV(A_0, A_1)$	= variância em comum de A_0 e A_1

O ajuste pelo método dos mínimos quadrados com variância efetiva foi executado através do programa AJUPOL. Os valores obtidos para os parâmetros da reta, suas variâncias e covariâncias são listados na Tabela 6 e as retas obtidas são mostradas nas Figuras 1 a 4.

Tabela 6: Parâmetros da reta de calibração dos tubos Geiger obtidos por ajuste pelo método dos mínimos quadrados com variância efetiva (Programa AJUPOL, Vide Apêndice A e Tabela A1 e A2)

PARÂMETROS	TUBOS	HP-190-A N ^o 36219	HP-190-A N ^o 36243	HP-230-A N ^o 7223-08/17	HP -230A sem número
Termo Constante (A_0)		-6,44	-12,07	-6,92	9,98
Variância de A_0 (σ_0^2)		347,46	454,36	4231,40	1600,70
Termo Linear (A_1)		0,79	0,84	2,20	1,48
Variância de A_1 (σ_1^2)		0,0096	0,0156	0,7560	0,1584
Covariância de A_0 e A_1 ($COV(A_0, A_1)$)		-1,47	-2,21	-48,62	-13,14

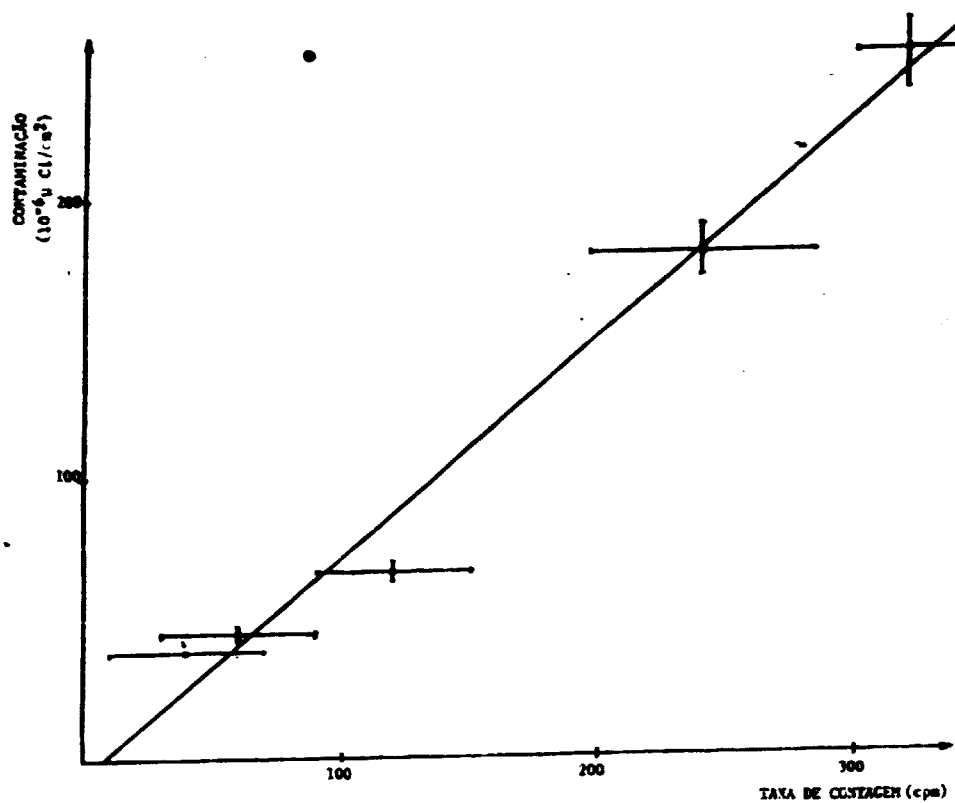


Figura 1: Curva de calibração do tubo HP-190-A N^o 36219 para contaminação superficial por urânio

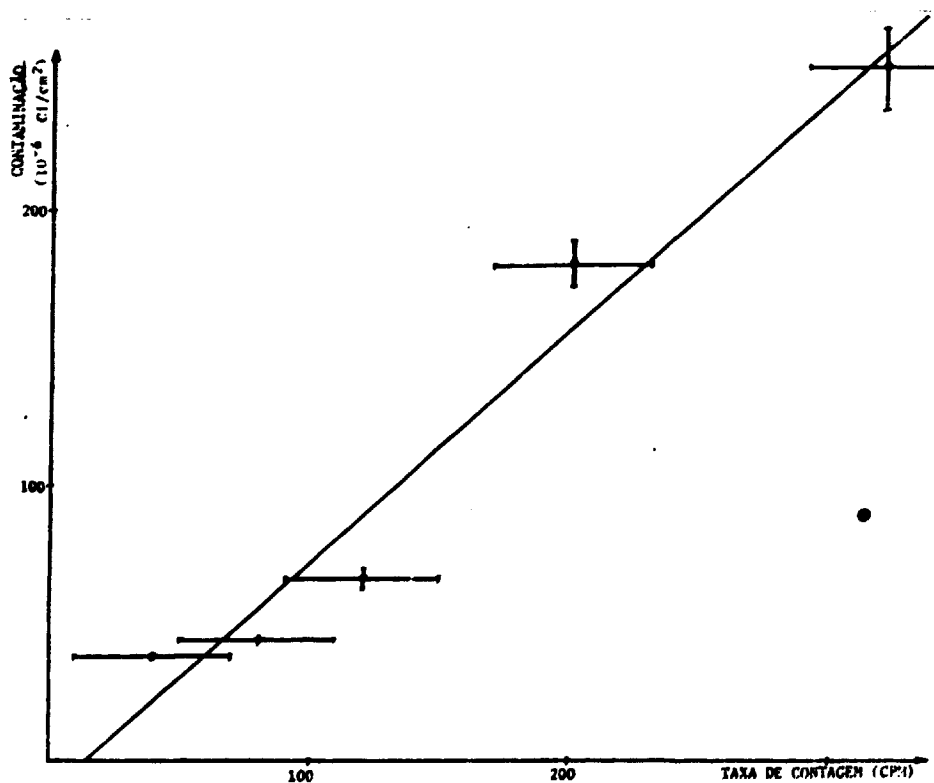


Figura 2: Curva de calibração do tubo HP-190-A N^o 36243 para contaminação superficial por urânio

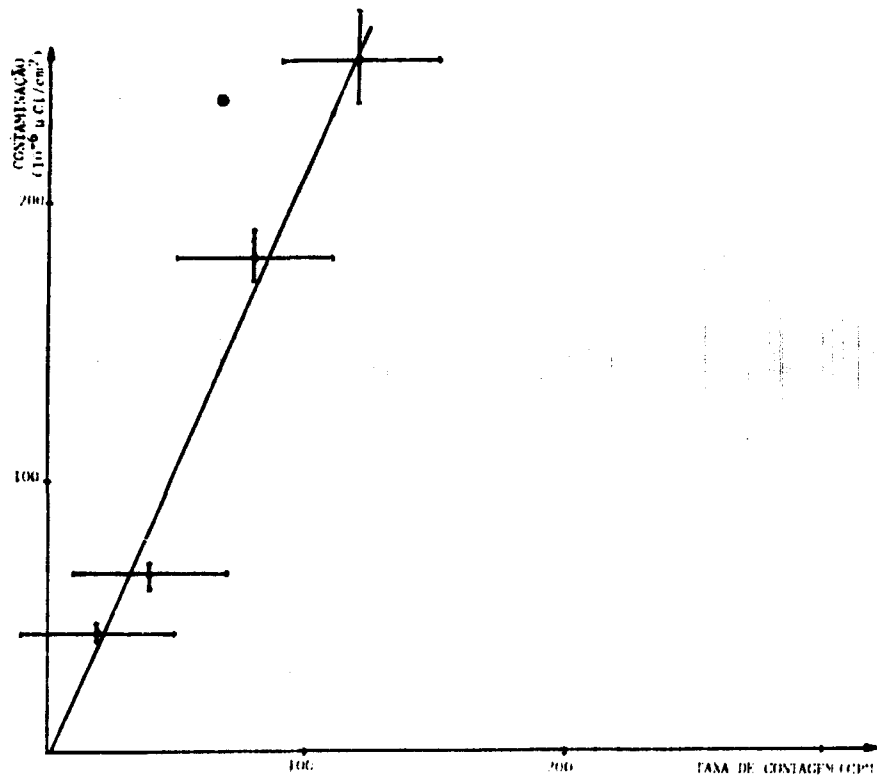


Figura 3: Curva de calibração do tubo HP-230-A N^o 7223-08/17 para contaminação superficial por urânio

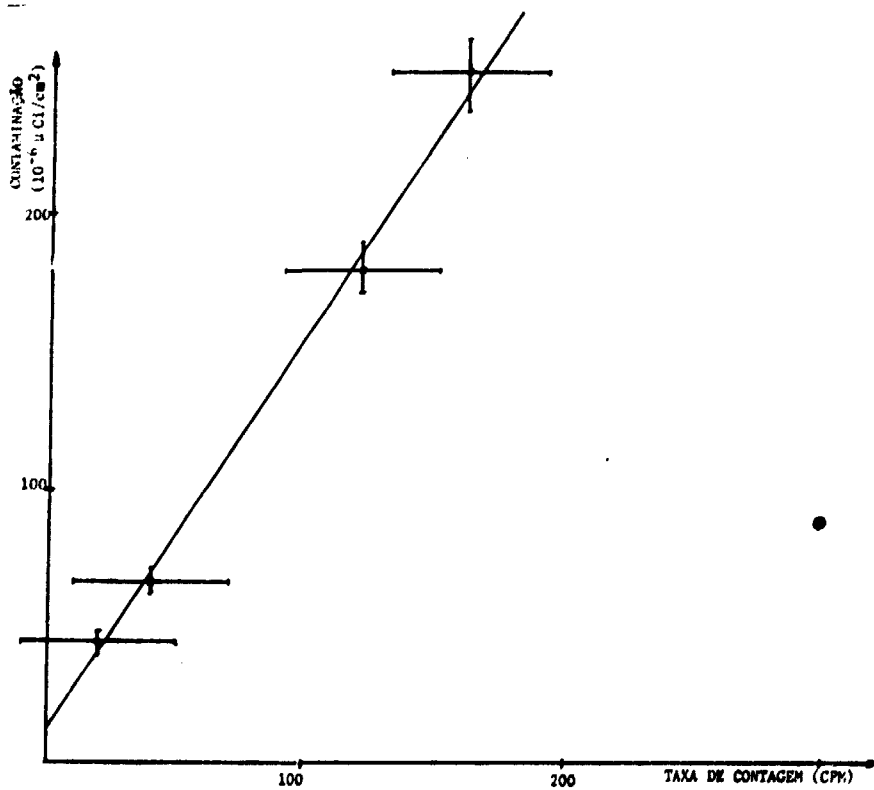


Figura 4: Curva de calibração do tubo HP-230-A S/N^o para contaminação superficial por urânio

Valores de referência, em termos de taxa de contagem, para superfícies contaminadas por urânio são dados na Tabela 7. Nota-se que os valores de taxa de contagem correspondente à segunda linha desta Tabela estão fora do intervalo de calibração dos monitores e correspondem à extrapolação das retas ajustadas. Dessa forma, devem ser utilizados apenas como valores de referência. Medidas que requeiram maior precisão e confiabilidade devem ser feitas com outro monitor calibrado para esta faixa.

Tabela 7: Limites de contaminação superficial para emissores alfa, classe II (Ex: urânio natural, urânio-235 e 238) de acordo com as normas da CNEN.

L O C A L	CONT. SUP. ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)	TAXA DE CONTAGEM (cpm) MAX.			
		HP-190-A 36219	HP-190-A 36243	HP-230-A 7223-08/17	HP-230A S/N ^o
Superfície do corpo, roupas pessoais e áreas não restritas	8,1	20	25	---	---
Roupas de proteção individual de uso em áreas restritas e superficiais de áreas restritas e artefatos menores que 1 m^2	810,0	1000	1000	370	540
Idem, maiores que 1 m^2	81,0	100	100	40	50

5. CONCLUSÃO

O método da variância efetiva é aplicável quando a função é linear na vizinhança de x_i de modo que a sua derivada $f'(x = x_i)$ varie pouco nesta vizinhança. Na prática pode-se usá-lo com razoável segurança quando a função é aproximadamente linear no intervalo $(x_i \pm \sigma_{x_i})$.

Outro aspecto que deve ser enfatizado é que a introdução da variância efetiva não muda o número de graus de liberdade, o que pode ser intuitivamente compreendido, uma vez que o método não introduz novos parâmetros no ajuste.

A utilização deste método se apresenta necessária quando não se deseja perder informações das incertezas na variável independente, bem como, para ponderar adequadamente cada valor no ajuste, em especial, nos casos onde o erro relativo é diferente para cada valor da variável independente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Model RM-14 - Radiation Monitor Technical Manual", Eberline, P. O. Box 2108, Santa Fé, New Mexico 87504-2108, USA (1984).
- [2] J. Orear, "Least Squares When Both Variables are Uncertainties", *Am. J. Phys.*, **50**, 912 (1982).
- [3] O. A. M. Helene e V. R. Vanin, "Tratamento Estatístico de Dados em Física Experimental", Ed. Edgard Blücher, S. Paulo, 1981.
- [4] O. A. M. Helene, "Método do Mínimo Quadrado Reduzido com o Formalismo Matricial - Introdução de Vínculos e Correlações entre Parâmetros". Publicação Interna do Laboratório de Física da USP, São Paulo, 1986.
- [5] P. R. Bevington, "Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences", McGraw-Hill, N. Y., 1969.

APÊNDICE A

• O Programa AJUPOL

O programa AJUPOL ajusta um polinômio de grau até 9, a um conjunto de até 200 pontos experimentais $(x_i, \sigma_{x_i}, y_i, \sigma_{y_i})$ pelo método dos mínimos quadrados com variância efetiva, utilizando no algoritmo o formalismo matricial /2-4/.

O programa foi escrito em FORTRAN-IV e pode ser utilizado via terminal (modo interativo) ou ainda, via "batch". No caso de uso via "batch", os dados são fornecidos em formato livre (não formatado) e devem ser agrupados do seguinte modo no arquivo de entrada:

1º REGISTRO	: N (nº de pontos experimentais, $N < 200$)
2º REGISTRO	: M (grau do polinômio, $M \leq 9$)
3º REGISTRO	: X1, $\sigma X1$, Y1, $\sigma Y1$
4º REGISTRO	: X2, $\sigma X2$, Y2, $\sigma Y2$
(N+2) REGISTRO	: XN, σXN , YN, σYN

O diagrama funcional do programa é mostrado na Figura A1. A listagem do programa fonte e de um exemplo de saída são incluídas a seguir.

Programa AJUPOL

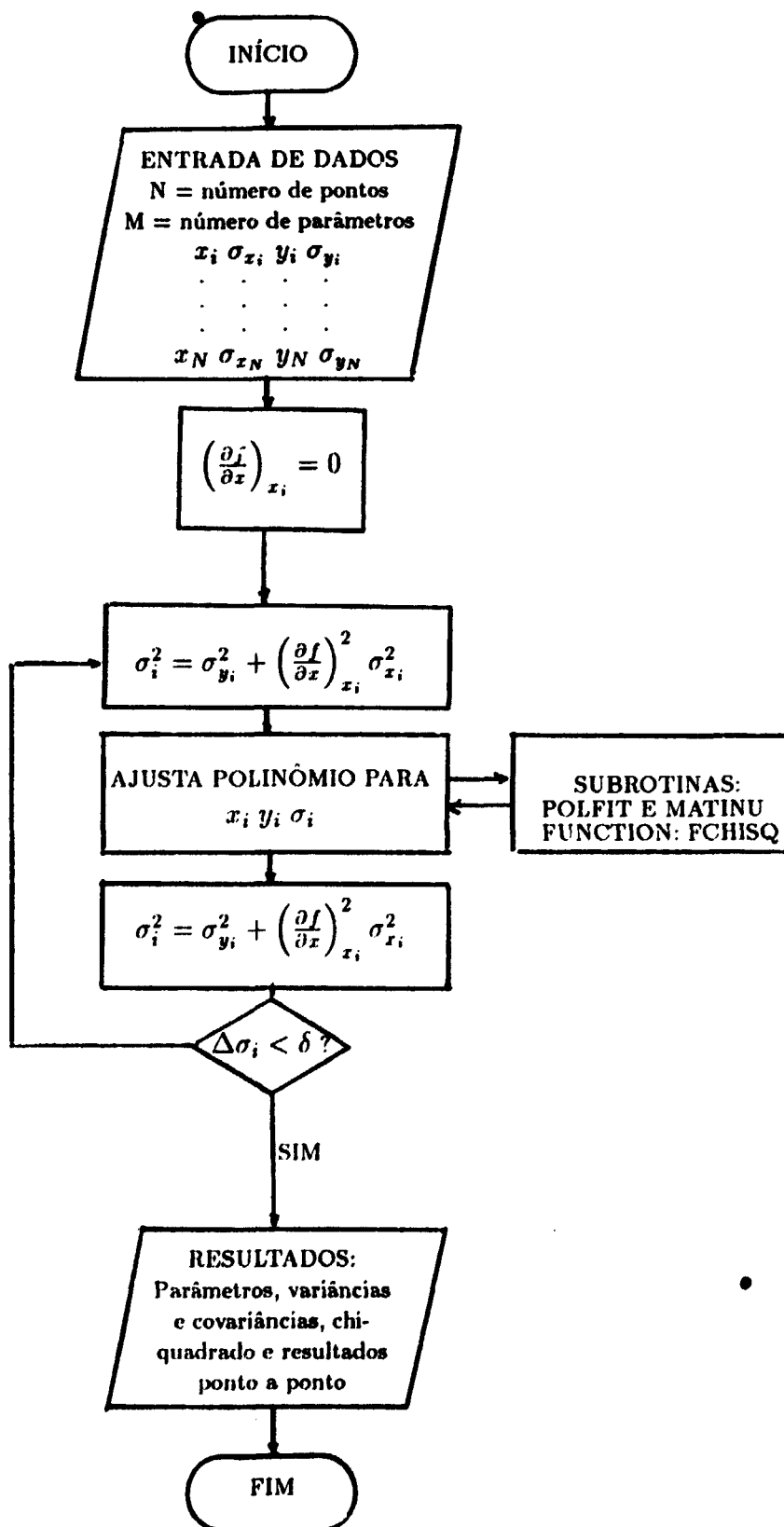


Figura A1: Diagrama sequencial do programa AJUPOL

Listagem do Programa AJUPOL

```

C PROGRAMA AJUPOL
C *****
C
C PROGRAMA PARA AJUSTE DE UM POLINOMIO (ATE GRAU 9) A UM CONJUNTO
C DE PARES DE PONTOS (X,Y) COM ERRO (INSTRUMENTAL) EM AMBOS OS
C VALORES. QUANDO O ERRO EH FIXADO EM ZERO, O PROGRAMA ASSUME ER-
C RO ESTATISTICO, ISTO EH, IGUAL A RAIZ QUADRADA DO VALOR DO DADO
C
C PROGRAMA ELABORADO EM FORTRAN-IV PARA PROCESSAMENTO ITERATIVO
C EM TERMINAL, PODENDO SER USADO PARA PROCESSAMENTO VIA "BATCH"
C COM CARTOES.
C
C VERSAO CDC
C ELABORADA POR ODAIR LELIS GONCALEZ
C IEAV/CTA S.J.CAMPOS-SP , 22 NOV 87
C
C METODO DE CALCULO:
C METODO DOS MINIMOS QUADRADOS COM FORMALISMO MATRICIAL (REF. 1 )
C E METODO DA VARIANCIA EFETIVA (REF.2)
C REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:
C 1) "METODO DO MINIMO QUADRADO COM FORMALISMO MATRICIAL: INTRO -
C DUCAO DE VINCULOS E CORRELAOES ENTRE OS PARAMETROS": O. HE-
C LENE, LAB DO ACELERADOR LINEAR, INSTITUTO DE FISICA DA USP,
C SAO PAULO (1986).
C 2)"LEAST SQUARES WHEN BOTH VARIABLES HAVE UNCERTAINTIES": J.OREAR,
C AM.JOURNAL OF PHYSICS,50(1982)912
C 3)"DATA REDUCTION AND ERROR ANALYSIS FOR THE PHYSICAL SCIENCES":
C P.R.BEVINGTON, MCGRAW-HILL,N.YORK(1969)
C
C
C SUBROTINAS E FUNCTIONS UTILIZADAS
C SUB... POLFIT (AJUSTE DE UM POLINOMIO POR MINIMOS QUADRADOS
C SUB... MATINV (INVERSAO DE UMA MATRIZ SINETRICA)
C FUM... FCHISQ (CALCULA O CHI-QUADRADO REDUZIDO)
C OBS: MATINV E FCHISQ FORAM COPIADAS DA REF.3
C
C PARAMETROS DE ENTRADA
C NPTS = NUMERO DE PARES DE PONTOS EXPERIMENTAIS (X,Y)
C NGRAU = GRAU DO POLINOMIO A SER AJUSTADO
C X(I) = VETOR DOS VALORES DA VARIÁVEL ENDEPENDENTE (I=2A200)
C SX(I) = VETOR DOS VALORES DO ERRO EM X (I=2 A 200)
C Y(I) = VETOR DOS VALORES DA VARIÁVEL DEPENDENTE (I=2 A 200)
C SY(I) = VETOR DOS VALORES DO ERRO EM Y (I=2 A 200)
C
C PARAMETROS DE SAIDA
C A(I) = VETOR DOS VALORES AJUSTADOS DOS COEFICIENTES DO POLI-
C NOMIO (I=1 A 10)
C VA(I,J)= MATRIZ DE COVARIANCIA DOS PARAMETROS (I,J= 1 A 10)
C YFIT(I)= VETOR DOS VALORES AJUSTADOS DE Y (I=1 A 200)
C CHIR = CHI-QUADRADO REDUZIDO DO AJUSTE
C IERR = VARIÁVEL CODIGO DE ERRO
C 0 = PROCESSAMENTO NORMAL
C 1,2,3,4 = PROC INTERRONPIDO NA SUB...POLFIT
C
C VARIÁVEIS TRANSITORIAS PRINCIPAIS
C NPAR = NUMERO DE PARAMETROS
C NGL = NUMERO DE GRAUS DE LIBERDADE
C SY1(I) = VETOR DA VARIANCIA ELETIVA E Y (ITERACAO N)
C SY2(I) = IDEM (ITERACAO N+1)
C VD = DERIVADA DO POLINOMIO CALCULADA NUM PONTO X(I)
C MINT = CONTADOR DO NUMERO DE ITERACOES
C NMAX = NUMERO MAXIMO DE ITERACOES ( COMANDO DATA PROG)
C PREC = PRECISAO NA DETERMINACAO DE SY1 E SY2 PARA CONTROLE
C DO PROCESSO ITERATIVO ( COMANDO DATA PROG)
C SIGA = ERRO DO PARAMETRO A(I) PARA UM I PARTICULAR
C
C *****
C
C PROGRAM AJUPOL(INPUT,OUTPUT)
C DOUBLE PRECISION VA(10,10)
C
C DIMENSION X(200),SX(200),Y(200),SY(200),A(10),
C - YFIT(200),SY1(200),SY2(200)
C
C DATA NMAX,PERC/100,.001/
C
C ENTRADA DE DADOS

```

```

C -----
C
PRINT 5
PRINT 10
READ*,NPTS
IF(NPTS.LT.201) GO TO 50
PRINT 16
STOP
50 PRINT 11, NPTS
PRINT 12
READ*,NGRAU
IF(NGRAU.LT.10) GO TO 60
PRINT 17
STOP
60 PRINT 11, NGRAU
C
NPAR = NGRAU + 1
NGL = NPTS - NPAR
IF(NGL.GE.0) GO TO 100
PRINT 13
STOP
C
100 PRINT 14
DO 110 I=1,NPTS
READ*,X(I),SX(I),Y(I),SY(I)
PRINT 15, X(I),SX(I),Y(I),SY(I)
IF(SX(I).EQ.0.) SX(I)=SQRT(X(I))* PERC
IF(SY(I).EQ.0.) SY(I)=SQRT(Y(I))* PERC
110 CONTINUE
C
EXECUCAO DO AJUSTE (ITERATIVO)
*****
C
NINT= 0
DO 120 I=1,NPTS
SY1(I) = SY(I)
120 CONTINUE
C
130 CALL POLFIT(X,Y,SY1,NPTS,NGRAU,A,VA,YFIT,CHIR,IER)
C
DO 150 I=1,NPTS
VD = 0.
DO 140 J=2,NPAR
IF(J.EQ.2.AND.X(I).EQ.0.) GO TO 135
VD = VD + (J-1)*A(J)*X(I)**(J-2)
GO TO 140
135 VD=VD+A(2)
140 CONTINUE
SY2(I) = SQRT(SY(I)**2+(VD*SX(I))**2)
150 CONTINUE
C
DO 160 I=1,NPTS
IF(ABS(SY2(I)-SY1(I)).GT.(PERC*SY1(I))) GO TO 200
160 CONTINUE
C
CALL POLFIT(X,Y,SY2,NPTS,NGRAU,A,VA,YFIT,CHIR,IER)
GO TO 300
C
200 DO 210 I=1,NPTS
SY1(I) = SY2(I)
210 CONTINUE
NINT = NINT + 1
IF(NINT.GT.NMAX) GO TO 3000
GO TO 130
C
IMPRESSAO DOS RESULTADOS
*****
C
300 PRINT 500
PRINT 510,NGRAU,CHIR,NGL
PRINT 520
350 DO 360 J=1,NPAR
SIGA= DSQRT(VA(J,J))
K=J-1
PRINT 530, K, A(J), SIGA
360 CONTINUE
PRINT 540
DO 370 J=1,NPAR
PRINT 550,(VA(J,K),K=1,NPAR )
370 CONTINUE
PRINT 600, NINT

```

```

PRINT 560
375 DO 380 I=1,NPTS
    SIGF= Y(I) - YFIT(I)
    PRINT 570,X(I),SX(I),Y(I),SY(I),YFIT(I),SIGF,SY2(I)
380 CONTINUE
    STOP
2000 PRINT 580,IER
    STOP
3000 PRINT 590,NMAX
    STOP

C
C   FORMATS
C   *****
C
C   ENTRADA DE DADOS
C
C   SAO TODAS NO FORMATO LIVRE. PARA LEITURA DOS DADOS NUM ARQUIVO
C   (TAPE1), MODIFICAR O CARTAO PROGRAM E ALTERAR OS COMANDOS READ
C   PARA READ(1,*)
C
C   FORMAT DE IMPRESSAO NA ENTRADA DE DADOS (ITERATIVO)
C
5   FORMAT("1",//,20X,"*** ENTRADA DE DADOS ***",//)
10  FORMAT(" NUMERO DE PARES DE PONTOS X,Y :")
11  FORMAT(" ",I3)
12  FORMAT(" GRAU DO POLINOMIO A SER AJUSTADO:")
13  FORMAT(" ***** E R R O *****",/, " O NUMERO DE PARAMETROS ",
-   " EH MAIOR QUE O NUMERO DE DADOS",/, " EXECUCAO ABORTADA")
14  FORMAT(" PONTOS EXPERIMENTAIS ",/,6X,"X",9X,"SIGMA-X",8X,
-   "Y",8X,"SIGMA-Y")
15  FORMAT(" ",4(E11.5,1X))
16  FORMAT(" O NUMERO MAXIMO DE PARES DE PONTOS EH 200",/,
-   " PARA PROCESSAR DEVE MODIFICAR O COMANDO DIMENSION NO",
-   " PROGRAMA PRINCIPAL E NA SUBROTINA POLFIT")
17  FORMAT(" O MAIOR GRAU ACEITO PARA AJUSTE EH 9")

C
C   FORMATS DE IMPRESSAO DE RESULTADOS
C
500 FORMAT(///,20X," *** RESULTADOS *** ",//)
510 FORMAT(" AJUSTE DE UM POLINOMIO DE GRAU",I2,
-   " COM CHI-QUADRADO REDUZIDO=",F6.2," COM ",I3,
-   " GRAUS DE LIBERDADE")
520 FORMAT(/," PARAMETROS AJUSTADOS",/)
530 FORMAT(" A",I1," = ",E11.5," +- ",E11.5)
540 FORMAT(/," MATRIZ DE COVARIANCIA DOS PARAMETROS AJUSTADOS",/)
550 FORMAT(" ",10(E11.5,2X))
560 FORMAT(///,10X," VALORES PONTO A PONTO ",/,5X,"X",11X,
-   "SIGMA-X",6X,"Y",8X,"SIGMA-Y",7X,"YFIT",7X,"Y-YFIT",
-   "3X,"SIGMA-Y EFETIVO",/)
570 FORMAT(" ",7(E11.5,1X))
580 FORMAT(" ", " ERRO NUMERO ",I1,/"VER CODIGO DE ERROS NA ",
-   "SUB-ROTINA POLFIT.",/,"PROCESSAMENTO ENCERRADO")
590 FORMAT(" ", "NAO HOUVE CONVERGENCIA EM",I3,"ITERACOES",/,
-   " PROCESSAMENTO ENCERRADO")
600 FORMAT(/," NUMERO DE ITERACOES REALIZADAS : ",I3,/)

C
C   END
C   SUBROUTINE POLFIT(X,Y,SY,ND,NG,A,VA,YFIT,CHIR,IER)
C
C   PROPOSITO
C   AJUSTAR POR MINIMOS QUADRADOS UM POLINOMIO (ATE GRAU 9 ) A
C   UM CONJUNTO DE PARES DE PONTOS (X,Y) (ATE 200 ), COM ERRO NA
C   EMB
C
C   CHAMADA
C   CALL POLFIT(X,Y,SY,ND,NG,A,VA,YFIT,CHIR,IER)
C
C   DESCRICAO DOS PARAMETROS
C   ENTRADA
C   X(I) : VETOR QUE CONTEM OS VALORES DE X (I=1,...,200)
C   Y(I) : VETOR QUE CONTEM OS VALORES DE Y (I=1,...,200)
C   SY(I): VETOR QUE CONTEM OS ERROS EM Y (I=1,...,200)
C   ND = NUMERO DE PARES DE DADOS (X,Y) (MAXIMO 200)
C   NG : GRAU DO POLINOMIO A SER AJUSTADO (MAXIMO 9)
C   SAIDA
C   A(I): VETOR QUE CONTEM OS VALORES DOS COEFICIENTES DO
C   POLINOMIO
C   VA(I,J):MATRIZ DE COVARIANCIA DOS COEF. DO POLINOMIO
C   YFIT(I):VETOR QUE CONTEM OS VALORES DE Y AJUSTADOS
C   CHIR : CHI-QUADRADO REDUZIDO DO AJUSTE
C   IER :CODIGO DE ERRO

```

```

C      =0 PROCESSAMENTO NORMAL
C      =1 NUMERO DE PARAMETROS MAIOR QUE O NUMERO DE DADOS
C      =2 NUMERO DE DADOS MAIOR QUE A DIMENSAO DO VETOR X
C      =3 O GRAU DO POLINOMIO EH MAIOR QUE 9, EXCEDENDO A
C      DIMENSAO DAS MATRIZES A E VA
C      =4 A MATRIZ VA NAO EH INVERSIVEL
C
C SUBROTINAS E FUNCTIONS UTILIZADAS
C      MATINV E FCHISQ ( EXTRAIDAS DE P.R.BEVINGTON:"DATA REDUCT-
C      ION AND ERROS ANALYSIS FOR THE PHYSICAL
C      SCIENCES", MCGRAW-HILL, N.YORK, 1969.
C
C      DOUBLE PRECISION VA(10,10)
C      DIMENSION X(200),Y(200),SY(200),A(10),XIS(200,10)
C      - ,SIG(200),YFIT(200)
C      DATA NDMAX,NPMAX/200,100/
C
C      NUMERO DE PARAMETROS
C
C      NP = NG + 1
C
C      TESTA NUMERO DE PARAMETROS E NUMERO DE DADOS
C
C      IER=1
C      IF(NP.GT.ND) RETURN
C      IER=2
C      IF(ND.GT.NDMAX) RETURN
C      IER=3
C      IF(NP.GT.NPMAX) RETURN
C      IER=0
C
C      CALCULO DA MATRIZ DE COVARIANCIA
C
C      DO 100 I=1,ND
C      YFIT(I)=0.
C      DO 50 J=1,NP
C      A(J)=0.
C      IF(J.EQ.1.AND.X(I).EQ.0.) GO TO 40
C      XIS(I,J) = X(I)**(J-1)
C      GO TO 45
C 40 XIS(I,J) = 1.
C 45 VA(I,J)=0.
C 50 CONTINUE
C 100 CONTINUE
C
C      DO 190 I=1,ND
C      IF(SY(I).GT.0.) GO TO 160
C      SIG(I)=1./FLOAT(IFIX(Y(I)+1))
C      GO TO 190
C 160 SIG(I)=1./(SY(I)**2)
C 190 CONTINUE
C
C      DO 200 I=1,NP
C      DO 150 J=1,NP
C      DO 140 L=1,ND
C      VA(I,J)=VA(I,J)+DBLE(XIS(L,I)*SIG(L)*XIS(L,J))
C 140 CONTINUE
C 150 CONTINUE
C 200 CONTINUE
C
C      CALL MATINV(VA,NP,DET)
C
C      IF(DET.EQ.0.) GO TO 1000
C
C      CALCULO DOS COEFICIENTES DO POLINOMIO
C
C      DO 300 I=1,NP
C      DO 250 L=1,ND
C      DO 240 K=1,NP
C      A(I)=A(I)+SNGL(VA(I,K))*XIS(L,K)*SIG(L)*Y(L)
C 240 CONTINUE
C 250 CONTINUE
C 300 CONTINUE
C
C      CALCULO DOS VALORES DE Y AJUSTADOS
C
C      DO 400 I=1,ND
C      DO 350 J=1,NP
C      IF(J.EQ.1.AND.X(I).EQ.0.) GO TO 340
C      YFIT(I)=YFIT(I)+A(J)*X(I)**(J-1)
C      GO TO 350

```

```

340 YFIT(I)=YFIT(I)+A(1)
350 CONTINUE
400 CONTINUE
C
C   CALCULO DO CHI-QUADRADOS REDUZIDO
C
C   NGL = ND - NP
C
C   MODE = 1
C   CHIR=FCHISQ(Y,SY,ND,NGL,MODE,YFIT)
C   RETURN
C
1000 IER=4
C   RETURN
C   END
C   SUBROUTINE MATINV (ARRAY, NORDER, DET)
C
C   PURPOSE
C   INVERT A SYMMETRIC MATRIX AND CALCULATE ITS DETERMINANT
C
C   USAGE
C   CALL MATINV(ARRAY, NORDER, DET)
C
C   DESCRIPTION OF PARAMETERS
C   ARRAY - INPUT MATRIX WHICH IS REPLACED BY ITS INVERSE
C   NORDER - DEGREE OF MATRIX (ORDER OF DETERMINANT)
C   DET - DETERMINANT OF INPUT MATRIX
C
C   SUBROUTINES AND FUNCTION SUBPROGRAMS REQUIRED
C   NONE
C
C   MODIFICATIONS FOR FORTRAN II
C   OMIT DOUBLE PRECISION SPECIFICATIONS
C   CHANGE DABS TO ABSF IN STATEMENT 23
C
C   COMMENTS
C   DIMENSION STATEMENT VALID FOR NORDER UP TO 10
C
C   DOUBLE PRECISION ARRAY, AMAX, SAVE
C   DIMENSION ARRAY(10,10), IK(10), JK(10)
10  DET = 1.
11  DO 100 K=1, NORDER
C
C   FIND LARGEST ELEMENT ARRAY(I,J) IN REST OF MATRIX
C
C   AMAX = 0.
21  DO 30 I=K, NORDER
C   DO 30 J=K, NORDER
23  IF(DABS(AMAX) - DABS(ARRAY(I,J))) 24, 24, 30
24  AMAX = ARRAY(I,J)
C   IK(K) = I
C   JK(K) = J
30  CONTINUE
C
C   INTERCHANGE ROWS AND COLUMNS TO PUT AMAX IN ARRAY(K,K)
C
31  IF (AMAX) 41, 32, 41
32  DET = 0.
C   GO TO 140
41  I = IK(K)
C   IF (I-K) 21, 51, 43
43  DO 50 J=1, NORDER
C   SAVE = ARRAY(K,J)
C   ARRAY(K,J) = ARRAY(I,J)
50  ARRAY(I,J) = -SAVE
51  J = JK(K)
C   IF (J-K) 21, 61, 53
53  DO 60 I=1, NORDER
C   SAVE = ARRAY(I,K)
C   ARRAY(I,K) = ARRAY(I,J)
60  ARRAY(I,J) = -SAVE
C
C   ACCUMULATE ELEMENTS OF INVERSE MATRIX
C
61  DO 70 I=1, NORDER
C   IF (I-K) 63, 70, 63
63  ARRAY(I,K) = -ARRAY(I,K) / AMAX
70  CONTINUE
71  DO 80 I=1, NORDER
C   DO 80 J=1, NORDER
C   IF (I-K) 74, 80, 74

```

```

74 IF (J-K) 75, 80, 75
75 ARRAY(I,J) = ARRAY(I,J) + ARRAY(I,K)*ARRAY(K,J)
80 CONTINUE
81 DO 90 J=1, NORDER
  IF (J-K) 83, 90, 83
83 ARRAY(K,J) = ARRAY(K,J) / AMAX
90 CONTINUE
  ARRAY(K,K) = 1. / AMAX
100 DET = DET * AMAX
C
C   RESTORE ORDERING OF MATRIX
C
101 DO 130 L=1, NORDER
  K = NORDER - L + 1
  J = IK(K)
  IF (J-K) 111, 111, 105
105 DO 110 I=1, NORDER
  SAVE = ARRAY(I,K)
  ARRAY(I,K) = -ARRAY(I,J)
110 ARRAY(I,J) = SAVE
111 I = JK(K)
  IF (I-K) 130, 130, 113
113 DO 120 J=1, NORDER
  SAVE = ARRAY(K,J)
  ARRAY(K,J) = -ARRAY(I,J)
120 ARRAY(I,J) = SAVE
130 CONTINUE
140 RETURN
  END
  FUNCTION FCHISQ (Y,SIGMAY,NPTS,NFREE,MODE,YFIT)
C
C   PURPOSE
C   EVALUATE REDUCED CHI SQUARE FOR FIT TO DATA
C   FCHISQ = SUM ((Y-YFIT)**2 / SIGMA**2) / NFREE
C
C   USAGE
C   RESULT = FCHISQ (Y,SIGMAY,NPTS,NFREE,MODE,YFIT)
C
C   DESCRIPTION OF PARAMETERS
C   Y - ARRAY OF DATA POINTS
C   SIGMAY - ARRAY OF STANDARD DEVIATIONS FOR DATA POINTS
C   NPTS - NUMBER OF DATA POINTS
C   NFREE - NUMBER OF DEGREES OF FREEDOM
C   MODE - DETERMINES METHOD OF WEIGHTING LEAST-SQUARES FIT
C         +1 (INSTRUMENTAL) WEIGHT(I) = 1./SIGMAY(I)**2
C         0 (NO WEIGHTING) WEIGHT(I) = 1.
C        -1 (STATISTICAL) WEIGHT(I) = 1./Y(I)
C   YFIT - ARRAY OF CALCULATED VALUES OF Y
C
C   SUBROUTINES AND FUNCTION SUBPROGRAMS REQUIRED
C   NONE
C   MODIFICATIONS FOR FORTRAN II
C   OMIT DOUBLE PRECISION SPECIFICATIONS
C
C   DOUBLE PRECISION CHISQ, WEIGHT
C   DIMENSION Y(1), SIGMAY(1), YFIT(1)
11 CHISQ = 0.
12 IF (NFREE) 13, 13, 20
13 FCHISQ = 0.
  GO TO 40
C
C   ACCUMULATE CHI SQUARE
C
20 DO 30 I=1, NPTS
21 IF (MODE) 22, 27, 29
22 IF (Y(I)) 25, 27, 23
23 WEIGHT = 1. / Y(I)
  GO TO 30
25 WEIGHT = 1. / (-Y(I))
  GO TO 30
27 WEIGHT = 1.
  GO TO 30
29 WEIGHT = 1. / SIGMAY(I)**2
30 CHISQ = CHISQ + WEIGHT*(Y(I)-YFIT(I))**2
C
C   DIVIDE BY NUMBER OF DEGREES OF FREEDOM
C
31 FREE = NFREE
32 FCHISQ = CHISQ / FREE
40 RETURN
  END

```

•

Listagens de Saída

•

•

*** ENTRADA DE DADOS ***

NUMERO DE PARES DE PONTOS X,Y :

5

GRAU DO POLINOMIO A SER AJUSTADO:

1

PONTOS EXPERIMENTAIS

X	SIGMA-X	Y	SIGMA-Y
.40000E+02	.30000E+02	.38000E+02	.10000E+01
.60000E+02	.30000E+02	.44000E+02	.30000E+01
.12000E+03	.30000E+02	.66000E+02	.50000E+01
.24000E+03	.45000E+02	.18100E+03	.80000E+01
.32000E+03	.20000E+02	.25200E+03	.15000E+02

*** RESULTADOS ***

AJUSTE DE UM POLINOMIO DE GRAU 1 COM CHI-QUADRADO REDUZIDO= .41 COM 3 GRAUS DE LIBERDADE

PARAMETROS AJUSTADOS

A0 = -.64440E+01 +- .18642E+02

A1 = .79026E+00 +- .98005E-01

MATRIZ DE COVARIANCIA DOS PARAMETROS AJUSTADOS

.34754E+03	-.14665E+01
-.14665E+01	.96050E-02

NUMERO DE ITERACOES REALIZADAS : 3

X	VALORES PONTO A PONTO SIGMA-X	Y	SIGMA-Y	YFIT	Y-YFIT	SIGMA-Y EFETIVO
.40000E+02	.30000E+02	.38000E+02	.10000E+01	.25167E+02	.12833E+02	.23729E+02
.60000E+02	.30000E+02	.44000E+02	.30000E+01	.40972E+02	.30282E+01	.23897E+02
.12000E+03	.30000E+02	.66000E+02	.50000E+01	.88388E+02	-.22388E+02	.24229E+02
.24000E+03	.45000E+02	.18100E+03	.80000E+01	.18322E+03	-.22191E+01	.36450E+02
.32000E+03	.20000E+02	.25200E+03	.15000E+02	.24644E+03	.55599E+01	.21790E+02

*** ENTRADA DE DADOS ***

NUMERO DE PARES DE PONTOS X,Y :

5

GRAU DO POLINOMIO A SER AJUSTADO:

1

PONTOS EXPERIMENTAIS

X	SIGMA-X	Y	SIGMA-Y
.40000E+02	.30000E+02	.38000E+02	.10000E+01
.80000E+02	.30000E+02	.44000E+02	.30000E+01
.12000E+03	.30000E+02	.66000E+02	.50000E+01
.20000E+03	.30000E+02	.18100E+03	.80000E+01
.32000E+03	.30000E+02	.25200E+03	.15000E+02

*** RESULTADOS ***

AJUSTE DE UM POLINOMIO DE GRAU 1 COM CHI-QUADRADO REDUZIDO= .77 COM 3 GRAUS DE LIBERDADE

PARAMETROS AJUSTADOS

A0 = -.12074E+02 +- .21316E+02

A1 = .84445E+00 +- .12487E+00

MATRIZ DE COVARIANCIA DOS PARAMETROS AJUSTADOS

.45436E+03	-.22152E+01
-.22152E+01	.15591E-01

NUMERO DE ITERACOES REALIZADAS : 3

X	VALORES PONTO A PONTO SIGMA-X	Y	SIGMA-Y	YFIT	Y-YFIT	SIGMA-Y EFETIVO
.40000E+02	.30000E+02	.38000E+02	.10000E+01	.21704E+02	.16296E+02	.25353E+02
.80000E+02	.30000E+02	.44000E+02	.30000E+01	.55481E+02	-.11481E+02	.25510E+02
.12000E+03	.30000E+02	.66000E+02	.50000E+01	.89259E+02	-.23259E+02	.25822E+02
.20000E+03	.30000E+02	.18100E+03	.80000E+01	.15682E+03	.24185E+02	.26567E+02
.32000E+03	.30000E+02	.25200E+03	.15000E+02	.25815E+03	-.61489E+01	.29441E+02

*** ENTRADA DE DADOS ***

NUMERO DE PARES DE PONTOS X,Y :

4

GRAU DO POLINOMIO A SER AJUSTADO:

1

PONTOS EXPERIMENTAIS

X	SIGMA-X	Y	SIGMA-Y
.20000E+02	.30000E+02	.44000E+02	.30000E+01
.40000E+02	.30000E+02	.66000E+02	.50000E+01
.80000E+02	.30000E+02	.18100E+03	.80000E+01
.12000E+03	.30000E+02	.25200E+03	.15000E+02

*** RESULTADOS ***

AJUSTE DE UM POLINOMIO DE GRAU 1 COM CHI-QUADRADO REDUZIDO= .05 COM 2 GRAUS DE LIBERDADE

PARAMETROS AJUSTADOS

A0 = -.69250E+01 +- .65049E+02

A1 = .21954E+01 +- .86949E+00

MATRIZ DE COVARIANCIA DOS PARAMETROS AJUSTADOS

.42314E+04	-.48623E+02
-.48623E+02	.75602E+00

NUMERO DE ITERACOES REALIZADAS : 2

X	VALORES PUNTO A PUNTO SIGMA-X	Y	SIGMA-Y	YFIT	Y-YFIT	SIGMA-Y EFETIVO
.20000E+02	.30000E+02	.44000E+02	.30000E+01	.36984E+02	.70161E+01	.65932E+02
.40000E+02	.30000E+02	.66000E+02	.50000E+01	.80893E+02	-.14893E+02	.66053E+02
.80000E+02	.30000E+02	.18100E+03	.80000E+01	.16871E+03	.12289E+02	.66347E+02
.12000E+03	.30000E+02	.25200E+03	.15000E+02	.25653E+03	-.45283E+01	.67550E+02

*** ENTRADA DE DADOS ***

NUMERO DE PARES DE PONTOS X,Y :

4

GRAU DO POLINOMIO A SER AJUSTADO:

1

PONTOS EXPERIMENTAIS

X	SIGMA-X	Y	SIGMA-Y
.20000E+02	.30000E+02	.44000E+02	.30000E+01
.40000E+02	.30000E+02	.66000E+02	.50000E+01
.12000E+03	.30000E+02	.18100E+03	.80000E+01
.16000E+03	.30000E+02	.25200E+03	.15000E+02

*** RESULTADOS ***

AJUSTE DE UM POLINOMIO DE GRAU 1 COM CHI-QUADRADO REDUZIDO= .02 COM 2 GRAUS DE LIBERDADE

PARAMETROS AJUSTADOS

A0 = .99841E+01 +- .40009E+02

A1 = .14786E+01 +- .39798E+00

MATRIZ DE COVARIANCIA DOS PARAMETROS AJUSTADOS

.16007E+04	-.13136E+02
-.13136E+02	.15839E+00

NUMERO DE ITERACOES REALIZADAS : 2

X	VALORES PUNTO A PUNTO SIGMA-X	Y	SIGMA-Y	YFIT	Y-YFIT	SIGMA-Y EFETIVO
.20000E+02	.30000E+02	.44000E+02	.30000E+01	.39556E+02	.44438E+01	.44460E+02
.40000E+02	.30000E+02	.66000E+02	.50000E+01	.69128E+02	-.31284E+01	.44639E+02
.12000E+03	.30000E+02	.18100E+03	.80000E+01	.18742E+03	-.64171E+01	.45074E+02
.16000E+03	.30000E+02	.25200E+03	.15000E+02	.24656E+03	.54386E+01	.46826E+02