

SOLUÇÃO PARA COMPUTADOR DO MÉTODO ANALÍTICO DE CHOMARD *

IBRAHIM OCTAVIO ABRAHÃO **

CASSIO ROBERTO DE MELO GODOI ***

O método analítico de Chomard é operacionalmente simples, mas envolve uma marcha de cálculo longa e demorada. Apresenta-se o programa para computador que permite, a partir de três operações de extinção (φ , Θ , ψ), determinar $2V$, o sinal ótico do mineral e localizar $2V$ mediante os ângulos diretores dos eixos óticos. Inclui-se um exemplo da aplicação do método em um grupamento de plagioclásio, comparando-se os valores de $2V$ obtidos por diferentes métodos.

INTRODUÇÃO

Dos métodos que tem sido desenvolvidos para o levantamento do elipsóide de índices de refração, alguns são pouco precisos, outros não são gerais ou são processos demorados. Um método analítico, desenvolvido por Chomard, permite o levantamento, em grandeza e orientação, do elipsóide de índices de refração, a partir de secções delgadas arbitrárias, mediante medidas de ângulos de extinção e de birrefringencia. O método analítico é geral e não se defronta com dificuldades inerentes a outros métodos, como a acessibilidade dos eixos óticos, na medida direta, ou, no caso de plagioclásios, a obrigatoriedade de geminação, no método dos gêmeos, ou a necessidade de ser (0 1 0) o plano de associação de um grupamento para a aplicação do método do máximo ângulo de extinção.

A parte operacional do método analítico é simples. Executam-se, na platina universal, três operações de extinção (φ , Θ , ψ) em que φ e Θ são arbitrários e podem ser escolhidos e as únicas medições são de ângulos de extinção. Com três operações simples é possível determinar $2V$ e sua posição na secção, do que decorre conhecerem-se as posições dos eixos principais do elipsóide. Se às

* Enviado para publicação em 15-12-1971.

** Livre-Docente do Depto. de Solos e Geologia da ESALQ-USP.

*** Assistente-Doutor do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ-USP.

operações de extinção associam-se medidas de birrefringência, todo o elipsóide pode ser conhecido, em orientação e grandeza. Enfim, em uma secção arbitrária, três operações, $(\varphi, \Theta, \psi, r)$, em que φ , Θ e ψ são rotações de Euler e r é a birrefringência, permitem o levantamento total do elipsóide.

O método analítico, se por um lado implica em uma parte operacional simples, por outro exige uma marcha de cálculo, estabelecida pela teoria do método, que é longa e demorada, mesmo com o auxílio de máquinas eletromecânicas. Essa dificuldade, que limitaria o emprego do método na prática, é resolvida por meio de um programa para computador eletrônico.

O objetivo do presente trabalho é apresentar o programa que leva à determinação de $2V$, dos ângulos diretores dos eixos óticos e de φ , cujo sinal, associado ao da birrefringência, determina o caráter ótico do mineral. Os dados de entrada são três operações de extinção (φ, Θ, ψ) , em que φ e Θ são escolhidos e ψ medido no microscópio polarizante.

REVISÃO DA LITERATURA

CHOMARD (1934) apresentou a teoria do método analítico, desenvolvendo-a, primeiramente, para o caso mais geral, em que a lâmina é tomada em posição arbitrária no microscópio, e em seguida, para a simplificação que resulta da escolha apropriada da posição inicial da lâmina. O autor estuda, de um ponto de vista teórico, o levantamento do elipsóide, em orientação e grandeza, bem como os erros que podem ser cometidos na aplicação do método, aplicando-o, à guisa de exemplo, para ortoclase, quartzo, moscovita e gipsita.

ABRAHÃO (1968) aplicou o método analítico a plagioclásios, determinando a orientação do elipsóide e comparando os resultados obtidos para $2V$ com os fornecidos pelos métodos da medida direta, dos gêmeos e do máximo ângulo de extinção na zona perpendicular a $(0\ 1\ 0)$. Através de programa para computador eletrônico, eliminou as dificuldades inerentes à marcha de cálculo do método. O trabalho experimental consistiu na execução de 768 operações de extinção (φ, Θ, ψ) , feitas com 27 indivíduos, pertencentes a 14 grupamentos, envolvendo cerca de 8.000 medições de ângulos de extinção. Apresentou 598 resultados de cálculos de $2V$ e ângulos diretores dos eixos óticos, com diferentes operações de extinção. A análise dos resultados permitiu concluir que, para esse grupo de minerais, operações envolvendo ângulos φ múltiplos de 90° devem ser evitadas e que resultados muito seguros são conseguidos quando se utilizam múltiplos de 45° para φ , especialmente para $\Theta = 30^\circ$.

ABRAHÃO (1971) apresenta um estudo mais completo da aplicação do método analítico a plagioclásios, com operações de extinção envolvendo múltiplos de 90° para φ . Os resultados confirmam as conclusões anteriores de que essas operações de extinção devem ser evitadas para esse grupo de minerais.

**Programa de Resolução em Computadores Eletrônicos;
Diagrama de Blocos**

Os dados de entrada são três operações de extinção (φ , Θ , ψ):

1.º cartão:	Θ_1 ,	φ_1 ,	ψ_1
2.º cartão:	Θ_2 ,	φ_2 ,	ψ_2
3.º cartão:	Θ_3 ,	φ_3 ,	ψ_3

Todos os dados são em graus e décimos de graus. A raiz da função do terceiro grau foi obtida pelo método iterativo de partição do intervalo pela troca de sinal da função (método de Bolzano).

O diagrama de blocos apresentado resume os passos lógicos que qualquer computador deve seguir a fim de atingir o valor de $2V$:

Bloco 1: constante de transformação de arcos em graus e décimos de grau em radianos;

Bloco 2: entrada de dados;

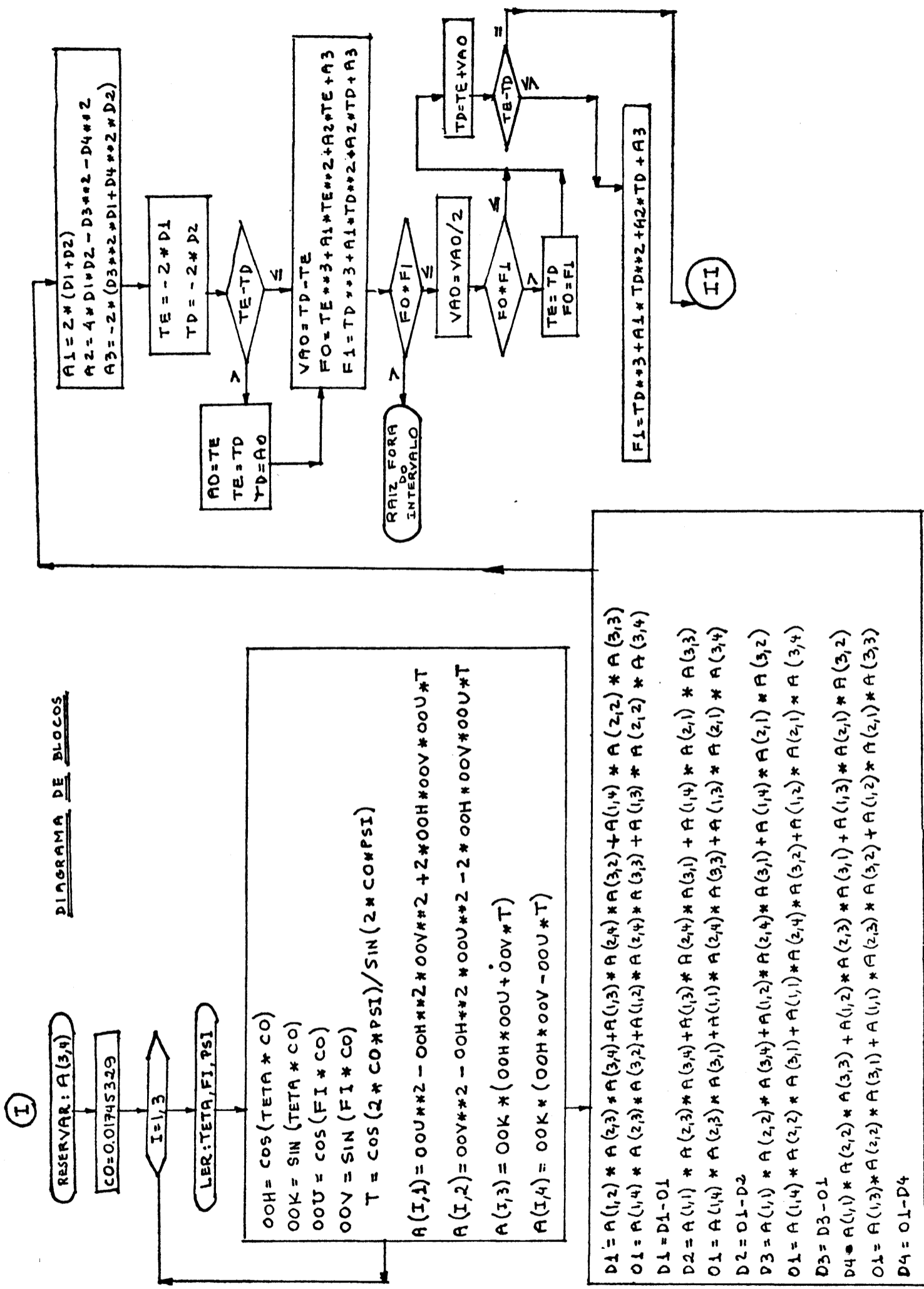
Bloco 3: formação da matriz de 3×4 ;

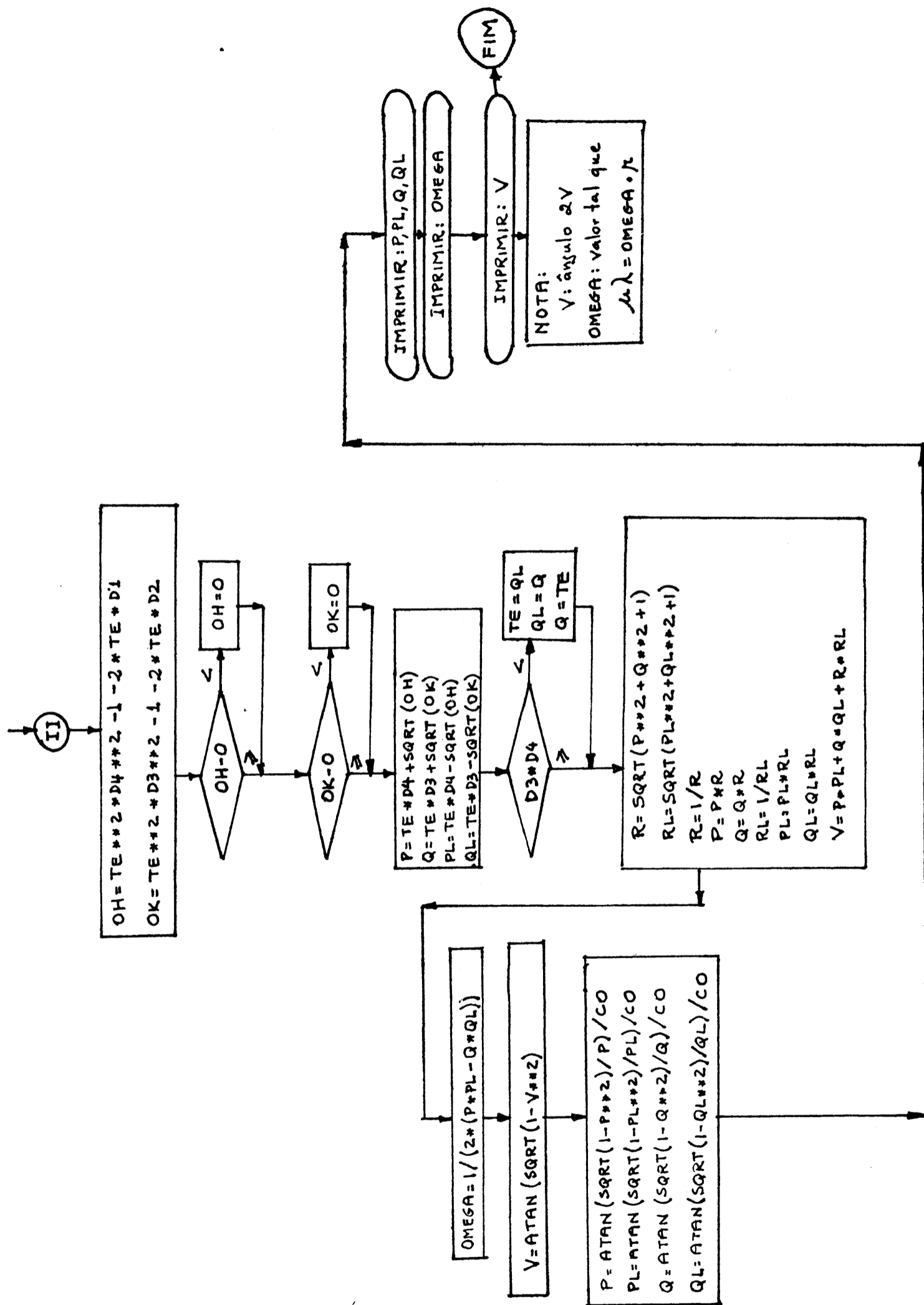
Bloco 4: resolução dos quatro determinantes de terceira ordem;

Bloco 5 ao bloco 12: cálculo da raiz pelo método de Bolzano;

Bloco 13 ao bloco 16: cálculo de $2V$;

Bloco 17 e bloco 18: impressão dos ângulos diretores e ângulo $2V$.





Exemplo: Apresenta-se, a seguir, exemplo da aplicação do método analítico a um grupamento de plagioclásios (lei da albita, 27,0% An), para cujos indivíduos foram executadas as operações de extinção do quadro 1.

QUADRO 1 — Operações de extinção executadas sobre os indivíduos 1 e 2 do grupamento.

INDIVÍDUO 1		
$\Theta = 30^\circ$	$\varphi = 45^\circ$	$\psi = 58,6875^\circ$
$\Theta = 30^\circ$	$\varphi = 135^\circ$	$\psi = 31,5375^\circ$
$\Theta = 30^\circ$	$\varphi = 225^\circ$	$\psi = 57,9125^\circ$
$\Theta = 30^\circ$	$\varphi = 315^\circ$	$\psi = 31,6125^\circ$
INDIVÍDUO 2		
$\Theta = 30^\circ$	$\varphi = 45^\circ$	$\psi = 31,1625^\circ$
$\Theta = 30^\circ$	$\varphi = 135^\circ$	$\psi = 58,3125^\circ$
$\Theta = 30^\circ$	$\varphi = 225^\circ$	$\psi = 32,3000^\circ$
$\Theta = 30^\circ$	$\varphi = 315^\circ$	$\psi = 58,1500^\circ$

Quaisquer 3 operações de extinção permitem determinar a posição e o valor de $2V$. As 4 soluções possíveis para cada indivíduo são apresentadas no quadro 2, para as 4 combinações possíveis de φ . Apresentam-se também as médias dessas soluções e os resultados obtidos, para o mesmo grupamento, com outros métodos.

QUADRO 2 — Resultados obtidos para os indivíduos 1 e 2 pelos métodos analítico, dos gêmeos, da medida direta e do máximo ângulo de extinção.

	φ	α_1	β_1	α_2	β_2	ω	2 V
INDIVÍDUO 1							
Método analítico	45 — 135 — 225	48,30	-89,40	-47,75	-89,41	-1,118	83,93
	45 — 135 — 315	48,38	-89,41	-48,08	-89,41	-1,127	83,52
	45 — 225 — 315	48,22	-88,83	-47,91	-88,81	-1,119	83,86
	135 — 225 — 315	48,52	-88,83	-47,99	-88,82	-1,127	83,47
$\Delta = 0,021$							
médias do mét. analít.	48,36	-89,03	-47,93	-89,11	-1,123	83,70	
mét. dos gêmeos	48,0	90,0	-48,0	90,0	—	83,0	
mét. da medida direta	—	—	—	—	—	84,3	
mét. do máx. âng. de ext.	—	—	—	—	—	83,5	
INDIVÍDUO 2							
Método analítico	45 — 135 — 225	-88,52	48,32	-88,49	-47,77	1,117	83,89
	45 — 135 — 315	-88,22	48,25	-88,21	-47,70	1,114	84,03
	45 — 225 — 315	-88,21	48,30	-88,22	-47,86	1,118	83,83
	135 — 225 — 315	-88,51	48,17	-88,49	-47,73	1,113	84,03
$\Delta = 0,17$							
médias do mét. analít.	-88,36	48,26	-88,35	-47,76	1,116	83,95	
mét. dos gêmeos	90,0	49,0	90,0	-48,0	—	83,0	
mét. da medida direta	—	—	—	—	—	84,4	
mét. do máx. âng. de ext.	—	—	—	—	—	85,3	

α_1, β_1 e α_2, β_2 são os ângulos diretores dos eixos óticos A_1 e A_2 ; ω é o valor cujo sinal, associado ao da birrefringência dos indivíduos (positiva para o primeiro e negativa para o segundo) determina o caráter ótico negativo do plagioclásio; o sinal positivo de $2V$ significa que emerge na lâmina a bissetriz aguda. Esses dados permitem o levantamento dos estereogramas dos 2 elipsóides. Δ é o determinante de controle, possível de ser calculado com 4 operações de extinção, teoricamente nulo e que para as operações de extinção usadas assume a forma

$$\Delta = \frac{t_1 + t_2}{h^2 + t_1 t_2} + \frac{t_3 + t_4}{h^2 + t_3 t_4}, \quad \text{em que } t = \cotg 2\psi$$

e $h = \cos \Theta$.

Computerized Solution for Chomard's Analytical Method

SUMMARY

Chomard's analytical method is operationally simple but rather involved in calculation procedure. A computer programme is presented to determine the angle $2V$, the optical sign of the mineral and the direction cosines of the optical axes. An example of the application of the method for a plagioclase twinning is presented and the values of $2V$ compared with other methods.

LITERATURA CITADA

- ABRAHÃO, IBRAHIM, O. — 1968 — Contribuição ao Estudo do Método Analítico de Chomard. Tese de livre-docência apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 132 pp.
- ABRAHÃO, IBRAHIM, O. — 1971 — Determinação do Ângulo $2V$ de Plagioclásio pelo Método Analítico com Valores de φ Múltiplos de 90° . Entregue à publicação nos Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", em 12/2/71.
- CHOMARD, L. — 1934 — Théorie e Pratique de la Méthode Fédorow. Procédé Classique e Méthode analytique Générale. Dunod, Paris. Annales des Mines, Tomo V, 153-218.