

DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO 2V DE PLAGIOCLÁSIOS PELO MÉTODO ANALÍTICO COM VALORES DE φ MÚLTIPLOS DE 90° *

IBRAHIM OCTAVIO ABRAHÃO **

O método analítico de Chomard é aplicado a plagioclásios através de programa para computador eletrônico. Determina-se o valor de 2V de 28 indivíduos, 7 dos quais com duas repetições, mediante o emprego de 12 operações de extinção, obtidas pela associação de $\varphi = 0^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\varphi = 180^\circ$ e $\varphi = 270^\circ$ com $\Theta = 15^\circ$, $\Theta = 30^\circ$ e $\Theta = 45^\circ$. Conclui-se que, para esse grupo de minerais, operações de extinção envolvendo valores de φ múltiplos de 90° devem ser evitadas.

INTRODUÇÃO

Em trabalho anterior (ABRAHÃO, 1968), o método analítico de Chomard foi aplicado a plagioclásios, tendo sido relatados alguns resultados sobre a validade de sua aplicação a esses minerais através do emprego de operações de extinção em que os valores de φ são múltiplos de 90°. Como obtiveram-se, em uma fase preliminar, resultados, o mesmo ocorrendo com os estereogramas. O presente trabalho apresenta um estudo mais minucioso sobre a aplicação do método analítico a plagioclásios, com o emprego desse tipo de operações de extinção.

REVISÃO DA LITERATURA

Tanto quanto por ocasião de seu trabalho anterior (ABRAHÃO, 1968), o autor desconhece pesquisas sobre a aplicação do método analítico de maneira sistemática a plagioclásios ou outros minerais.

* Entregue para publicação em 12/2/71.

** Departamento de Solos e Geologia.

O trabalho foi realizado em microscópio Leitz, Dialux-Pol, com platina universal de 5 eixos, empregando-se, principalmente, a objetiva UM-2.

A determinação da lei de germinação e do valor de $2V$ foi feita através de gráficos de BEREK (1924).

RESULTADOS

Os resultados são apresentados na seguinte ordem:

a) estereogramas dos grupamentos estudados, com os respectivos valores de $2V$, obtidos pelo método dos gêmeos (figuras 1 a 14).

b) para cada um dos 27 indivíduos (o indivíduo 15 é comum aos grupamentos VIII e IX) os valores observados de ψ para $\varphi = 0^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\varphi = 180^\circ$ e $\varphi = 270^\circ$ e para $\Theta = 15^\circ$, $\Theta = 30^\circ$ e $\Theta = 45^\circ$, juntamente com Δ e os respectivos valores de $2V$ obtidos com o método analítico, para as combinações possíveis de φ (quadro 1). Não obstante o programa forneça também os ângulos diretores dos eixos óticos, julgou-se conveniente omití-los, uma vez que os valores de $2V$, funções desses ângulos e os de Δ são suficientes para julgar a precisão do método.

Estereogramas dos grupamentos

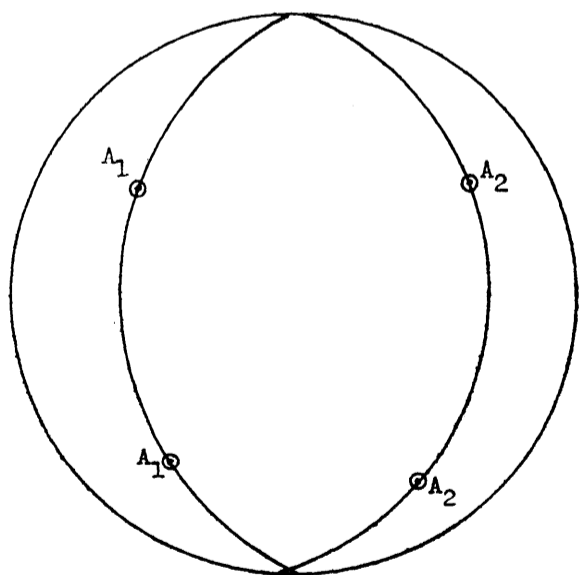


Fig. 1 — grupamento I, indivíduos 1 e 2, $2V = 83,0^\circ (+)$

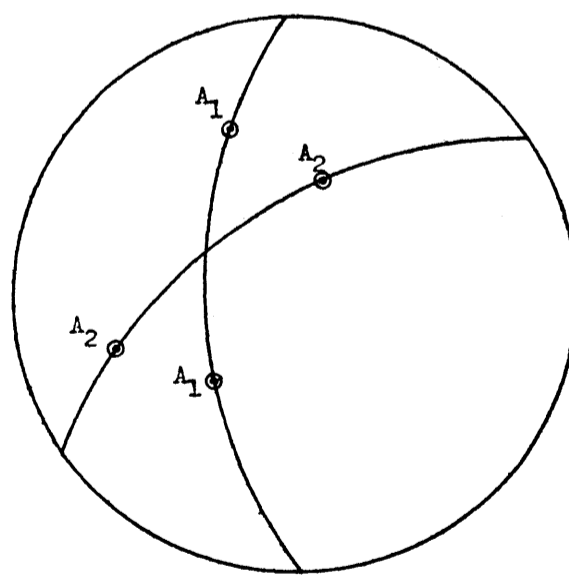


Fig. 2 — grupamento II, indivíduos 3 e 4, $2V = 78,0^\circ (+)$

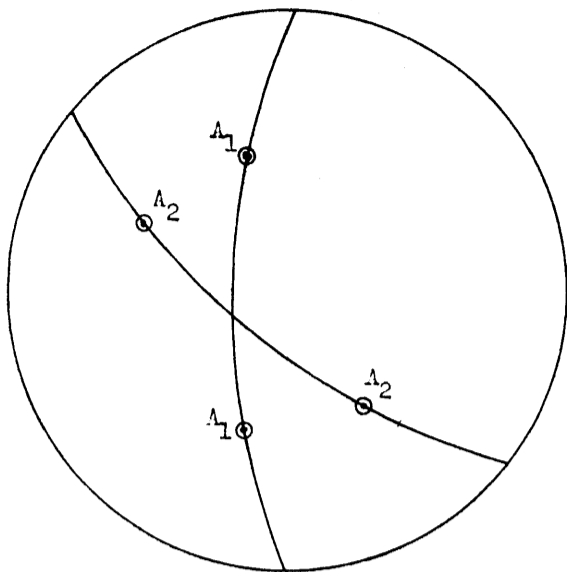


Fig. 3 — grupamento III, indivíduos 5 e 6, $2V = 76,5^\circ (+)$

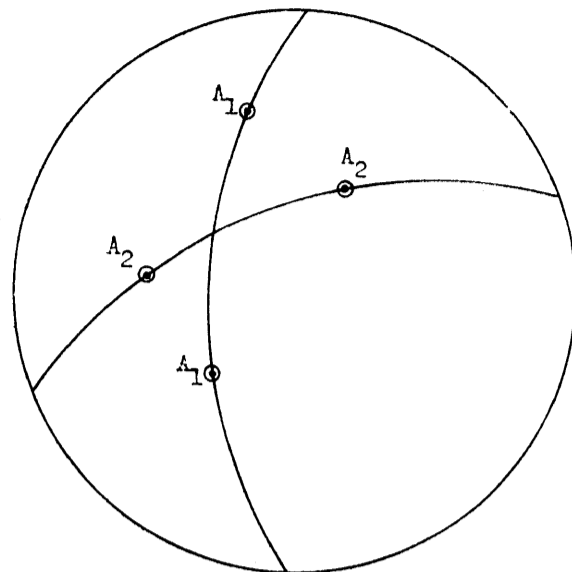


Fig. 4 — grupamento IV, indivíduos 7 e 8, $2V = 77,0^\circ (+)$

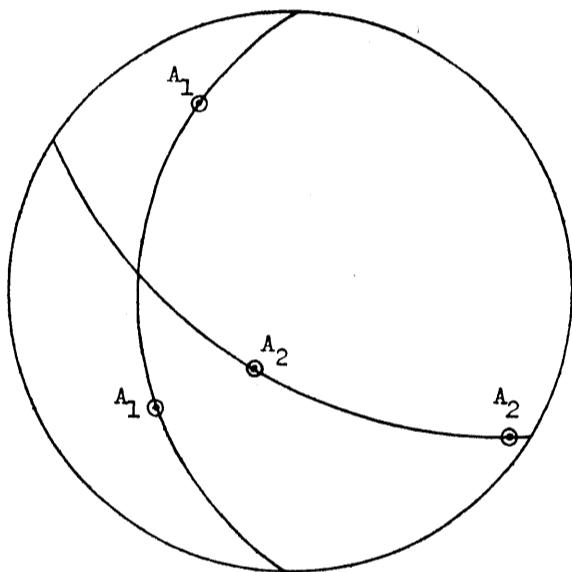


Fig. 5 — grupamento V, indivíduos 9 e 10, $2V = 83,0^\circ (+)$

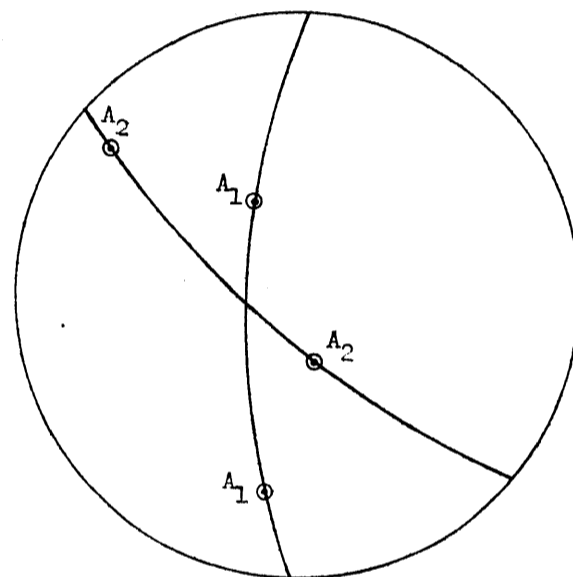


Fig. 6 — grupamento VI, indivíduos 11 e 12, $2V = 82,5^\circ (+)$

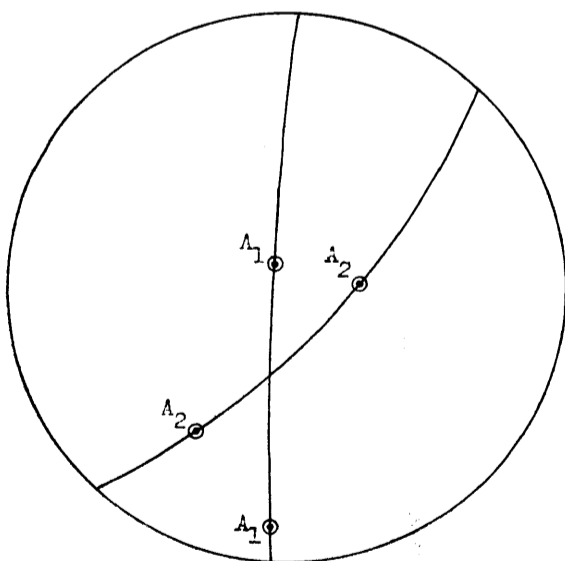


Fig. 7 — grupamento VII, indivíduos 13 e 14, $2V = 88,0^\circ (+)$

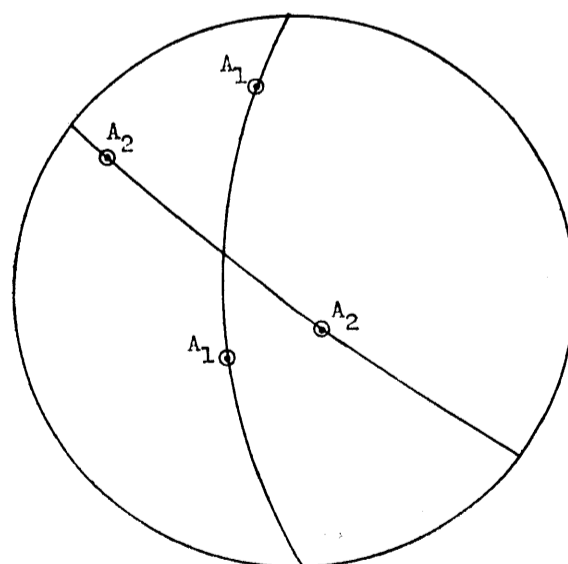


Fig. 8 — grupamento VIII, indivíduos 15 e 16, $2V = 86,5^\circ (+)$

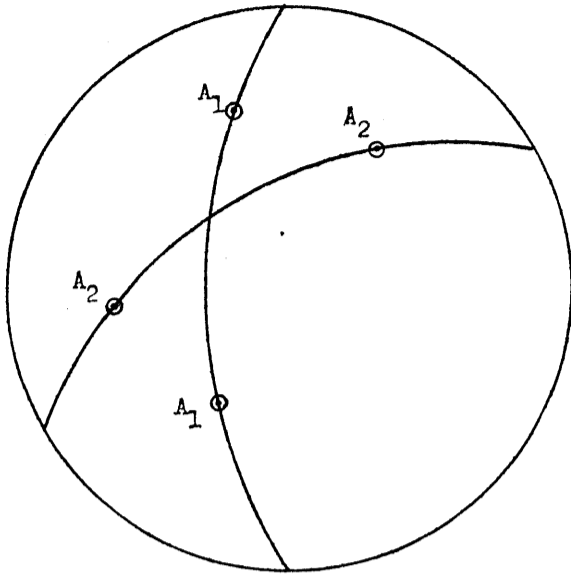


Fig. 9 — grupamento IX, indivíduos 17 e 18, $2V = 84,2^\circ (+)$

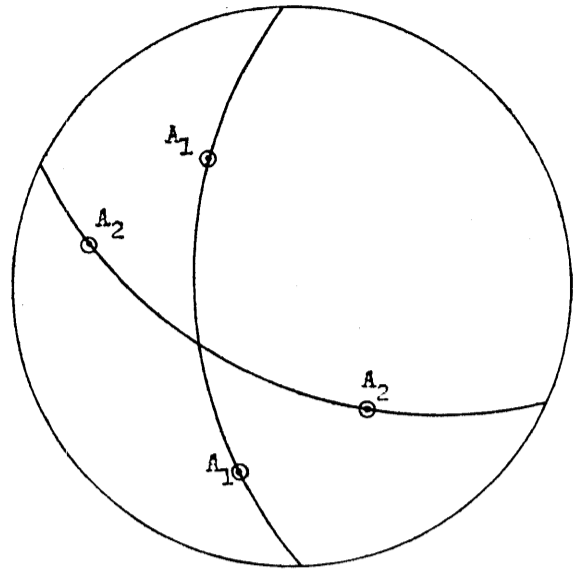


Fig. 10 — grupamento X, indivíduos 19 e 20, $2V = 79,0^\circ (+)$

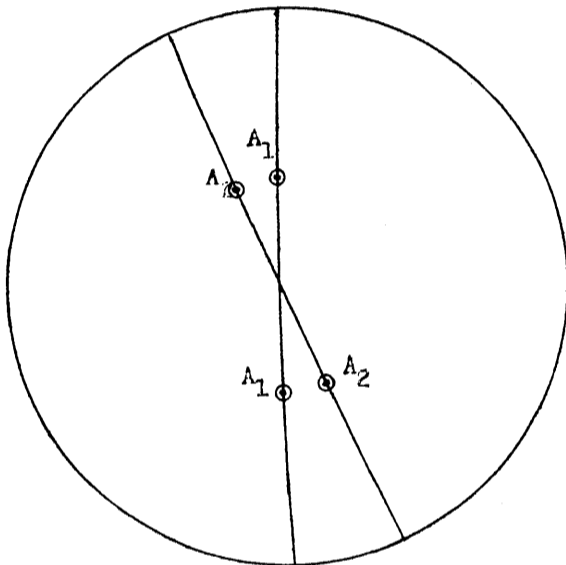


Fig. 11 — grupamento XI, indivíduos 21 e 22, $2V = 8,0^\circ (-)$

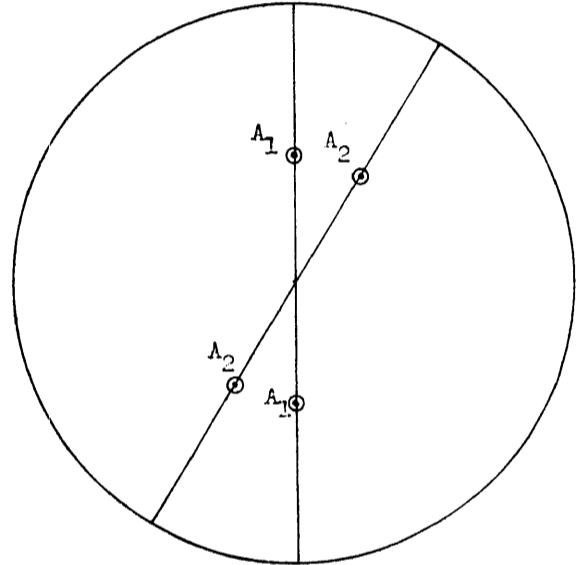


Fig. 12 — grupamento XII, indivíduos 23 e 24, $2V = 84,0^\circ (+)$

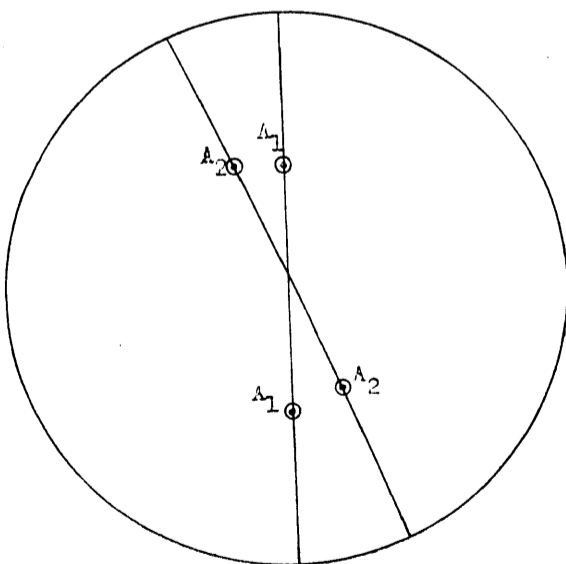


Fig. 13 — grupamento XIII, indivíduos 25 e 26, $2V = 84,5^\circ (+)$

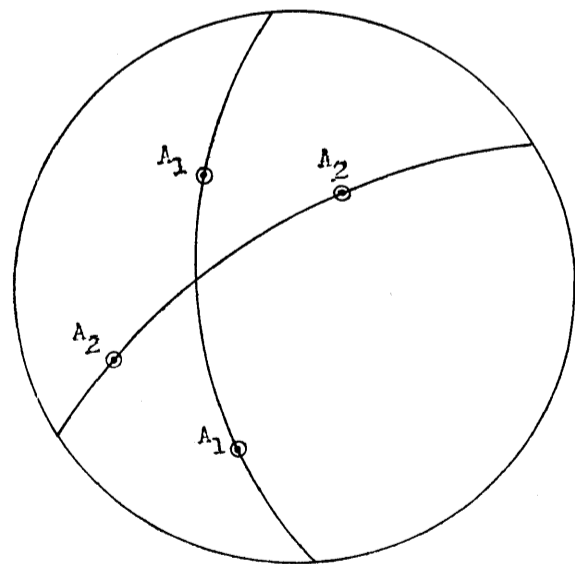


Fig. 14 — grupamento XIV, indivíduos 27 e 28, $2V = 77,5^\circ (+)$

Quadro 1: Valores observados de ψ e calculados de Δ e 2V para os indivíduos 1 a 27. A, B, C e D são as combinações de φ 0 — 90 — 180, 0 — 90 — 270, 0 — 180 — 270 e 90 — 180 — 270, respectivamente

Θ	VALORES DE ψ			Δ	VALORES DE 2V			
	$\varphi = 0^\circ$	$\varphi = 90^\circ$	$\varphi = 180^\circ$		$\varphi = 270^\circ$	A	B	C
INDIVÍDUO N.º 1								
15º	3,7000	87,9250	86,4250	0,6125	44,29	37,98	72,58	37,79
30º	7,9625	86,8000	81,6750	2,1500	61,62	-83,10	31,24	-75,27
45º	14,5556	83,9500	78,2000	3,0625	77,32	77,02	77,62	76,95
INDIVÍDUO N.º 2								
15º	89,0500	3,1750	1,0875	85,5750	58,29	36,54	50,15	37,19
30º	88,2333	6,7750	2,5833	83,9750	-78,22	22,28	68,36	32,27
45º	87,6000	10,4000	5,0000	80,0000	61,25	37,43	48,62	-88,23
INDIVÍDUO N.º 3								
15º	87,5875	4,6250	4,0000	86,9500	66,83	20,33	45,48	12,54
30º	84,3500	7,4500	6,3000	76,6250	63,92	-75,00	81,53	-82,41
45º	81,8750	13,9750	11,6500	61,7500	-77,14	-81,48	-68,25	-76,94
INDIVÍDUO N.º 4								
15º	4,9000	0,1750	86,8000	0,9250	29,18	27,13	34,82	28,02
30º	10,7250	89,4250	80,8750	1,1500	71,70	6,80	-88,38	20,47
45º	21,2500	88,6000	72,4750	1,6750	-74,17	80,59	-74,89	71,94
INDIVÍDUO N.º 5								
15º	86,9000	4,6000	8,2750	85,3750	43,63	26,64	41,99	35,78
30º	83,4250	8,5000	19,2000	79,3500	-79,28	-80,04	-83,08	-85,29
45º	78,7500	9,9750	49,6750	76,7000	-74,85	-75,50	-74,89	-74,49

Θ	VALORES DE ψ				Δ	VALORES DE 2V			
	φ = 0°	φ = 90°	φ = 180°	φ = 270°		A	B	C	D
	INDIVIDUO N.º 6								
15°	13,5500	83,4750	81,8000	4,6000	1,048	59,27	53,54	66,50	47,17
30°	22,6250	44,8750	75,4000	8,2250	0,294	-81,09	-83,72	-89,05	-82,09
45°	27,8000	24,5750	71,6250	12,4000	0,018	-81,24	-81,56	-81,82	-81,55
INDIVIDUO N.º 7									
15°	4,7917	88,2125	86,5500	1,9500	6,952	42,90	24,44	46,67	18,88
30°	12,2625	86,1625	80,9500	2,8125	0,647	-81,25	-85,61	-79,48	-89,45
45°	24,8750	83,8000	74,3375	3,8875	-0,216	-74,87	-76,75	-74,27	-76,05
INDIVIDUO N.º 8									
15°	84,4750	85,8250	3,7125	4,6500	1,936	82,70	48,01	69,95	43,3
30°	79,2125	81,7250	6,0125	15,6500	-0,718	89,13	-79,23	-86,10	-78,81
45°	76,0375	75,3125	7,7250	39,3000	-0,729	-82,26	-78,50	-86,10	-77,45
INDIVIDUO N.º 9									
15°	88,9188	3,4125	1,4125	86,4688	2,000	-58,92	43,51	73,79	50,41
30°	88,0125	7,4875	3,1625	82,0125	1,670	88,03	83,04	77,68	-67,04
45°	86,9875	12,7625	4,3438	74,8875	0,900	-67,65	69,70	-67,19	89,79
INDIVIDUO N.º 10									
15°	83,0875	4,9831	12,0312	79,6688	-1,797	67,26	76,90	84,43	-81,07
30°	78,0000	9,7500	27,4250	65,3250	-0,030	85,72	85,47	85,72	85,39
45°	73,4125	13,7875	37,3125	50,8500	-0,145	85,89	83,95	86,11	83,75
INDIVIDUO N.º 11									
15°	7,8250	82,2500	85,2125	5,1875	-0,665	-86,73	-86,67	85,93	-87,89
30°	16,3125	66,6000	81,7625	9,9375	-0,330	-88,73	-85,96	-88,17	-85,81
45°	21,3625	46,3000	79,2750	16,1875	-0,242	-89,05	-85,62	-87,13	-84,67

Θ	VALORES DE ψ				Δ	VALORES DE 2V			
	φ = 0°	φ = 90°	φ = 180°	φ = 270°		A	B	C	D
	INDIVÍDUO N.º 12								
15º	16,3875	82,7125	75,0875	1,5500	0,956	-79,36	58,69	-73,05	
30º	24,8000	8,8000	68,2000	2,9250	0,301	-86,94	81,95	-86,00	
45º	28,4125	6,1625	65,3500	4,8250	-0,159	-84,79	-80,68	-84,82	
INDIVÍDUO N.º 13									
15º	59,6000	85,8188	21,3250	61,6125	-0,193	75,88	78,49	78,47	
30º	51,0250	83,2750	27,4125	77,1125	-0,071	-83,84	-85,14	-84,22	
45º	49,0250	80,1625	30,0750	77,3250	-0,123	-84,98	-87,87	-85,11	
INDIVÍDUO N.º 14									
15º	3,6000	11,3375	80,4500	81,6625	-1,022	67,24	70,52	87,92	
30º	6,8875	19,2500	49,6625	75,4875	0,868	78,91	-77,50	-76,80	
45º	12,8750	23,4125	23,7750	74,2500	-0,742	-82,55	-83,53	-84,70	
INDIVÍDUO N.º 15 (1.ª repetição)									
15º	2,9625	84,0500	87,5313	4,2500	-0,035	53,67	54,14	53,59	
30º	6,5500	75,0875	86,0125	9,7000	-0,060	-82,74	-82,67	-82,79	
45º	8,8750	59,3250	84,6000	17,7375	0,134	-81,99	-81,11	-83,08	
INDIVÍDUO N.º 15 (2.ª repetição)									
15º	3,1750	84,9000	87,9250	4,9250	2,765	42,85	-81,25	32,99	
30º	6,2125	75,9875	86,3250	9,7000	-0,123	-82,98	-83,58	-82,59	
45º	8,9625	59,8750	84,8750	18,9875	0,234	-86,38	-84,21	-88,94	
INDIVÍDUO N.º 16 (1.ª repetição)									
15º	86,2813	3,2313	7,1750	86,2438	-0,875	50,42	44,04	46,90	
30º	80,9218	4,8250	18,0250	83,0000	-0,166	-87,87	-89,51	-89,19	
45º	72,0247	6,2250	34,0000	78,5875	-0,136	-85,34	-84,65	-85,85	

Θ	VALORES DE ψ				Δ	VALORES DE 2V			
	φ = 0°	φ = 90°	φ = 180°	φ = 270°		A	B	C	D
	INDIVÍDUO N.º 16 (2.ª repetição)								
15°	85,8500	2,6250	6,3500	86,9500	0,044	47,64	48,02	47,98	47,77
30°	80,4875	4,3500	17,6750	82,1250	-1,680	-89,47	89,32	-85,65	-88,78
45°	72,0000	6,3375	33,7125	78,5625	-0,034	-84,87	-84,94	-84,91	-84,84
INDIVÍDUO N.º 18 (1.ª repetição)									
15°	85,0247	3,6938	6,8625	84,8080	0,189	89,48	-87,13	-87,77	-89,25
30°	79,8750	6,1375	19,4375	79,0750	-0,274	-85,94	-85,89	-85,94	-86,50
45°	73,6125	8,1000	38,2500	73,9625	0,681	-87,46	-82,12	-84,03	-89,33
INDIVÍDUO N.º 18 (2.ª repetição)									
15°	85,6000	4,1250	7,5625	85,7000	2,947	30,20	56,52	50,61	37,86
30°	80,3250	6,4625	19,9750	79,4750	-0,050	-85,82	-84,98	-85,16	-84,88
45°	73,0250	8,2500	38,4625	74,6875	-0,153	-85,43	-84,19	-84,76	-86,25
INDIVÍDUO N.º 19 (1.ª repetição)									
15°	3,6312	0,0344	86,2250	89,9500	88,960	13,68	13,78	32,68	13,02
30°	8,7625	89,9062	80,5750	89,7938	-134,160	55,59	55,81	70,40	55,36
45°	22,3625	89,7188	66,7250	0,0938	15,198	68,33	66,34	83,85	69,23
INDIVÍDUO N.º 19 (2.ª repetição)									
15°	3,0000	0,0750	86,3000	0,2250	927,995	28,66	30,71	27,94	28,39
30°	8,9000	0,5500	80,9750	89,4250	3,068	54,59	-40,01	70,29	56,49
45°	22,3375	0,7500	67,4375	0,2750	4,128	-68,84	52,27	40,25	-68,54
INDIVÍDUO N.º 20 (1.ª repetição)									
15°	89,8438	3,5312	0,2156	87,1250	115,532	28,53	78,11	59,98	27,96
30°	89,1125	9,7375	0,4562	81,9125	-14,317	46,51	14,90	22,57	52,01
45°	89,0312	22,4250	0,2562	69,4250	-9,376	63,49	20,08	26,54	80,75

θ	VALORES DE ψ				Δ	VALORES DE 2V			
	φ = 0°	φ = 90°	φ = 180°	φ = 270°		A	B	C	D
	INDIVÍDUO N.º 20 (2.ª repetição)								
15°	89,9250	3,7750	0,4500	86,9500	580,611	36,13	29,31	34,79	25,98
30°	89,1750	9,5250	0,0500	81,2625	-147,098	44,34	35,99	45,44	58,11
45°	87,9750	21,8750	89,2250	67,1875	-1,402	72,62	87,26	72,39	34,28
INDIVÍDUO N.º 21 (1.ª repetição)									
15°	89,9562	0,6344	89,8125	89,5625	16.569,286	30,40	29,76	30,27	31,04
30°	0,0531	3,4500	89,6625	87,4000	-1.332,306	69,11	60,66	66,70	64,29
45°	89,8750	73,0000	89,1688	12,2375	-186,052	67,46	88,62	72,96	-80,43
INDIVÍDUO N.º 21 (2.ª repetição)									
15°	89,5750	1,0000	89,2750	89,3750	1.841,766	30,47	28,21	30,16	33,32
30°	89,4250	4,4500	0,3500	88,7250	-435,468	33,03	58,22	51,40	58,91
45°	89,2250	72,9000	0,7000	4,8125	19,514	-82,75	87,28	-40,51	87,56
INDIVÍDUO N.º 22 (1.ª repetição)									
15°	89,5125	89,5568	0,7375	89,8531	4.917,574	27,90	29,75	30,73	29,63
30°	88,7750	89,5000	3,8188	89,8625	-4.131,768	58,33	58,81	60,46	56,51
45°	12,6000	89,3062	73,2688	88,8500	-38,643	81,07	83,81	-74,50	82,18
INDIVÍDUO N.º 22 (2.ª repetição)									
15°	0,2500	89,5750	89,5000	89,8000	12.073,130	28,75	30,08	30,60	30,60
30°	2,6750	89,6750	86,6000	89,9250	-1.073,611	55,39	63,10	61,10	64,01
45°	73,8250	89,8750	4,1250	0,1750	-553,042	-89,57	-68,13	-89,40	42,84
INDIVÍDUO N.º 23									
15°	89,8750	89,3250	89,8500	0,1250	78.469,102	29,94	29,81	29,98	30,21
30°	89,9000	89,2500	89,8750	0,5750	-5.994,162	59,85	58,68	59,89	61,67
45°	2,0500	88,9250	4,1000	0,8000	193,400	89,23	-51,93	89,43	40,57

Θ	VALORES DE ψ				Δ	VALORES DE 2V			
	$\varphi = 0^\circ$	$\varphi = 90^\circ$	$\varphi = 180^\circ$	$\varphi = 270^\circ$		A	B	C	D
	INDIVÍDUO N.º 24								
15º	0,2500	0,3500	4,0000	0,0250	228.601,470	30,08	30,22	29,99	29,65
30º	89,8750	0,2000	0,0750	0,2000	76.599,313	58,60	60,00	61,40	60,00
45º	89,4750	5,1250	89,6000	3,4500	-1.738,475	88,55	89,77	-89,00	-89,83
INDIVÍDUO N.º 25									
15º	89,6500	89,8250	89,8500	1,0000	36.852,152	30,06	30,50	30,41	29,78
30º	86,6750	89,7000	89,1500	2,5000	3.556,180	60,31	68,06	62,76	58,14
45º	...	89,9250	82,8125	3,5000	—	—	—	—	75,44
INDIVÍDUO N.º 26									
15º	89,8750	0,1250	89,8000	89,5000	64.011,542	30,02	30,20	30,11	29,66
30º	89,8500	0,4500	0,8000	89,1250	-4.796,753	61,16	60,82	62,29	64,52
45º	88,6250	0,6000	9,2750	89,0000	-338,814	-88,28	-77,37	-87,12	75,38
INDIVÍDUO N.º 27									
15º	3,8750	89,8500	86,2250	0,5750	250,794	43,62	24,12	55,55	55,12
30º	9,7750	89,3250	80,60000	0,9250	4,357	-79,97	35,02	-84,83	44,36
45º	19,0875	88,5000	71,9250	0,7750	0,148	85,96	-88,94	80,14	75,38
INDIVÍDUO N.º 28									
15º	87,1750	3,0500	3,1500	84,5375	-0,658	47,22	43,01	45,31	43,28
30º	84,9000	7,6375	7,7375	76,7625	-0,256	-75,20	-76,37	-76,24	-75,85
45º	83,0750	15,0000	10,1750	61,2000	0,784	-77,24	-80,57	-71,46	-73,14

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O exame dos resultados obtidos permite confirmar, com maior segurança, conclusões formuladas por ABRAHÃO, 1968. De uma maneira geral, são válidas as considerações seguintes.

1. Observa-se que os valores obtidos para $2V$, além de serem, frequentemente, muito discrepantes para as diferentes combinações φ , também não correspondem, em grande número de casos, os valores de $2V$ esperados no grupo dos plagioclásios.

2. O determinante Δ , em função de Θ , varia de maneira que seu valor, para $\Theta = 15^\circ$, é sempre o que mais se afasta de $\Delta = 0$. Constituem exceção os casos dos indivíduos 15 (1.^a repetição), 16 (2.^a repetição), 18 (1.^a repetição), 19 (1.^a repetição) e 28, em que Δ tem valores da mesma dimensão para os 3 Θ .

3. Essa frequente discrepância de Δ , principalmente para $\Theta = 15^\circ$, decorre da grande sensibilidade de $\cotg 2\psi$ para ψ próximo de 0° ou de 90° . Como ângulos ψ desse tipo são frequentes e, mesmo, esperados para combinações envolvendo φ múltiplos de 90° , tentou-se melhorar a estimativa do ângulo de extinção através de uma média de 32 leituras de ψ , ao invés de apenas 8. Isto foi feito para os indivíduos 7, 9, 10 e 13 e 15 a 22, na primeira repetição. De um modo geral, todavia, tal procedimento não melhorou suficientemente a estimativa de $2V$, os resultados permanecendo totalmente discrepantes. Para o melhor caso, que foi o indivíduo 18 (1.^a repetição), ainda houve um desvio de até 5° com relação ao método dos gêmeos.

4. O exame dos valores obtidos para Δ são muito significativos para condenar a aplicação do método analítico a plagioclásios com múltiplos de 90° para φ . Em muitos casos, a diferença com relação ao valor teórico esperado é tão grande que por si só invalidaria a solução. Entretanto, mesmo para casos em que Δ aproxima razoavelmente do seu valor esperado, os ângulos $2V$ não só se afastam do valor de $2V$ determinado pelo método dos gêmeos, como também não estão na faixa dos plagioclásios. É o que se verifica para os indivíduos 15 (1.^a repetição, $\Theta = 15^\circ$) e 16 (2.^a repetição, $\Theta = 15^\circ$).

5. Em outros casos, o valor do determinante de controle está próximo de $\Delta = 0$, os ângulos $2V$ estão dentro dos limites esperados para plagioclásios, mas há discrepâncias de até 3° entre as diferentes combinações φ , como é o caso do indivíduo 13, $\Theta = 30^\circ$.

6. Também ocorre, com frequência, que, para valores de Δ próximos de $\Delta = 0$, valores de $2V$ correspondentes aos do grupo dos plagioclásios são praticamente constantes nas 4 combinações φ

e são próximos do valor determinado pelo método dos gêmeos. É o caso do indivíduo 5, $\Theta = 45^\circ$, indivíduo 10, $\Theta = 30^\circ$, indivíduo 16, 2.^a repetição, $\Theta = 45^\circ$ e indivíduo 18, 2.^a repetição, $\Theta = 30^\circ$. Já para o indivíduo 6, $\Theta = 45^\circ$, indivíduo 15, 1.^a repetição, $\Theta = 30^\circ$, os valores de $2V$ são semelhantes nas 4 combinações φ , mas afastam-se do determinado pelo método dos gêmeos.

7. O exame das repetições feitas para os indivíduos 15 a 22 mostram que há grandes desvios no valor de $2V$, de uma repetição para outra, para qualquer Θ . Dessa forma, o método não oferece segurança também quanto à reprodutibilidade dos resultados.

8. As considerações precedentes, tomadas em conjunto, são suficientes para confirmar resultados já obtidos anteriormente e reforçar a convicção do autor de que, na determinação do ângulo $2V$ de plagioclásios pelo método analítico, o emprego de operações de extinção envolvendo valores de φ múltiplos de 90° deve ser definitivamente condenado.

SUMMARY

DETERMINATION OF $2V$ ANGLE IN PLAGIOCLASE BY THE ANALYTICAL METHOD USING φ VALUES MULTIPLE OF 90°

The $2V$ angle of plagioclases is determined through a computer program by the analytical method of Chomard. Determinations involved 28 individuals of which seven with two repetitions. Twelve different extinction operations were used as a result of the combinations: $\varphi = 0^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\varphi = 180^\circ$, $\varphi = 270^\circ$ and $\Theta = 15^\circ$, $\Theta = 30^\circ$, $\Theta = 45^\circ$.

For the extinction operations used the application of the analytical method to plagioclases should be avoided.

LITERATURA CITADA

- 1 — ABRAHÃO, IBRAHIM O. — 1968. Contribuição ao Estudo do Método Analítico de Chomard. Tese de Livre-Docência, ESALQ, Piracicaba, 132 pp.
- 2 — BEREK, M. 1924. Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universaldrehtischmethoden. Berlin, Verlag von Gebrüder Bornträger, 168 pp.
- 3 — CHOMARD, L. — 1934. Théorie et Pratique de la Méthode Fédorow. Procédé Classique et Méthode Analytique Générale. Dunod, Paris. Annales des Mines, Tomo V, 153-218.

