

A ÉPOCA DE ABERTURA DO OCEANO ATLÂNTICO SUL COM BASE EM DADOS PALEOMAGNÉTICOS

SONIA DIAS CAVALCANTI GUERREIRO

Universidade Federal do Pará
Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas
Caixa Postal 1611 – 66000 – Belém – Pará, Brasil

AXEL SCHULT

Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik der Ludwig
Maximilians – Universität – München
Theresienstr. 41/4 8 München 2. Alemanha Ocidental

African palaeomagnetic poles for the Triassic, Jurassic and Cretaceous were compared with the corresponding poles of South America in the pre-drift reconstruction of the continents after Martin et al. (1981), by means of an F-test. The test showed that the pre-drift reconstruction is consistent with the palaeomagnetic data for the Triassic, but there is a significant difference between the corresponding Jurassic, Lower Cretaceous and Upper Cretaceous palaeopoles for the two continents, with an error probability of less than 5%. Comparing the pole positions for South America and Africa in a configuration that indicates a small separation between the two continents, as the one suggested by Sclater et al. (1977) for 110 m.y. B.P., one finds a significant difference for the Triassic palaeopoles. The Jurassic and Lower Cretaceous poles are consistent with that separation of the continents. The reconstruction for 80 m.y. B.P. after Francheteau (1973), for a larger separation between the continents, is consistent with the Upper Cretaceous palaeomagnetic poles.

Assuming the movements of crustal blocks relative to each other as rigid blocks, the results of the F-test indicated that South America and Africa were close together during the Triassic. There was a small separation between the continents in the Jurassic and this separation was stationary until Lower Cretaceous time. The upper Cretaceous data are compatible with a fast and significant spreading of the continents in that period.

INTRODUÇÃO

A deriva dos continentes tem sido um tema debatido desde o início deste século, quando Wegener (1915) apresentou seu livro "Die Entstehung der Kontinente und Ozeane". Dados de paleoclimatologia e paleontologia, a similaridade geométrica de margens continentais opostas, as estruturas geológicas truncadas que se ajustam quando essas margens são colocadas juntas foram as primeiras evidências utilizadas a favor da hipótese. Em meados do século os trabalhos de paleomagnetismo e, pouco tempo depois, a descoberta e interpretação de seqüências magnéticas nos oceanos trouxeram uma contribuição independente a favor do deslocamento dos continentes. As pesquisas continuaram no sentido de se determinar a direção e velocidade do movimento e conseqüentemente, a datação do início do movimento.

Dentro deste enfoque a determinação da época de abertura do Oceano Atlântico Sul, e, portanto, a separação entre a América do Sul e a África tem sido discutida por diversos pesquisadores. Embora a maioria dos autores seja

unânime em datar a formação do Atlântico Sul no período Mesozóico, as idades encontradas na literatura diferem um tanto entre si (Funnell & Smith, 1968; Valencio & Vilas, 1969, 1970; Le Pichon & Hayes, 1971; Larson & Ladd, 1973; Emery et al., 1975; Schult & Guerreiro, 1979).

O objetivo deste trabalho foi determinar a época de formação do oceano Atlântico Sul por meio de testes estatísticos aplicados a dados paleomagnéticos. Desta forma tomou-se um conjunto de polos paleomagnéticos do continente americano de determinado período dentro da era Mesozóica, e, através de rotações convenientes, se reconstruiu a situação pré-deriva quando América do Sul e África formavam um único bloco. A nova posição dos polos americanos foi comparada às posições de polos africanos de mesma idade por meio de testes estatísticos. Estes testes tiveram por objetivo indicar a probabilidade de a reconstrução ser válida para o período em estudo. O mesmo procedimento foi aplicado para testar a validade de diferentes reconstruções que posicionam os continentes cada vez mais afastados um do outro.

A SEPARAÇÃO DA AMÉRICA DO SUL DA ÁFRICA

Os polos paleomagnéticos da América do Sul e da África utilizados neste trabalho estão relacionados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2. A Tabela 3 apresenta as coor-

denadas dos polos sul americanos após terem sido levados por rotações convenientes, de modo a reproduzir posições da América do Sul em relação a África, segundo a posição atual desta.

TABELA 1

Nº	FORMAÇÃO (AMÉRICA DO SUL)	IDADE	LAT.	LONG.	A ₉₅	REFERÊNCIAS
00	Polo médio-Triássico	Tr	79	79 (K = 101.8)	5.5	Guerreiro (1983)
01	Guacamayas	195	71	121	15.3	MacDonald & Opodyke (1974)
02	Monte Alegre	J	80	168	5.9	Guerreiro & Guerreiro (1983)
03	Chon Aike	157-173	85	17	6.0	Vilas (1974)
04	Maranhão Oeste (2)	159 ± 12	85	83	6.9	Schult & Guerreiro (1979)
	média (1-4)	J	83	120 (K = 64.4)	11.5	
05	Rio de los Molinos	129-150	79	188	8.0	Linares & Valencio (1975)
06	Rio Grande do Norte (diques)	125-145	81	95	9.5	Guerreiro & Schult (1983)
07	Almafuerte	123 ± 4	72	205	6.0	Valencio & Vilas (1976)
08	Cerro colorado	121 ± 3	83	196	10.0	Valencio & Vilas (1976)
09	Serra Geral	115-130	78	234	5.7	Creer (1962)
10	Serra Geral (GB)	119 ± 5	86	292		Pacca & Ernesto (1982)
11	Serra Geral (RA)	120-130	88	311		Pacca & Ernesto (1982)
12	Serra Geral (TA)	120-130	82	264		Pacca & Ernesto (1982)
13	Serra Geral (BM)	120-130	79	265		Pacca & Ernesto (1982)
14	Maranhão (este) (3)	120 ± 10	84	261	1.9	Schult & Guerreiro (1979)
15	Cerro Rumipalla	<121	88	326	9.0	Valencio e Vilas (1976)
16	La Yesera	114 ± 5	76	60	(12.17)	Valencio et al (1977)
17	La Serena	~ 110	81	29	4.5	Palmer et al (1980)
18	Cerro de los Condores	~ 108	84	271	4.7	Vilas (1976)
	média (05-18)	K ₁	87	233 (K = 74.1)	4.6	
19	Cabo St. Agostinho	90-114	88	135	4.5	Schult & Guerreiro (1980)
20	Las Curtiembres	77 ± 1	88	334	(8,12)	Valencio et al (1977)
21	Poços de Caldas	63-80	81	53	10.0	Opdyke & MacDonald (1973)
22	San Luis e Cordoba	66-85	70	225	12.1	Valencio et al (1983)
23	Série Andacollo	69	74	245	6.9	Vilas & Valencio (1978)
	média (19-23)	K _u	85	234 (K = 43.1)	11.8	

TABELA 2

Nº	FORMAÇÃO (ÁFRICA)	IDADE m. a.	LAT. ON	LONG. OE	A ₉₅	REFERÊNCIAS
00	Polo médio-Triássico	Tr	62	256 (K = 88.1)	5.2	Guerreiro (1983)
01	Intrusivas de Marrocos	Tr _u -J ₁	71	216		Bardon et al (1973)
02	Sills de Draa Valley	Tr _u -J ₁	72	261		Bardon et al (1973)
03	Dique Foan Zguid	Tr _u -J ₁	58	299		Hailwood e Mitchell (1971)
04	Freetown	194	81	255	4.8	Briden et al (1971)
05	Libéria (diques + sills)	192	68	242	13.0	Dairrymple et al (1975)
06	Marangudzi	184	70	285	8.5	Brock (1968)
07	Stormberg	180	71	269	15.0	Van Zill et al (1962)
08	Mateke Hills	177	59	260	13.8	Gough et al (1964)
09	Karoo (doleritos)	172	65	255	12.3	McElhinny & Jones (1965)
10	Marrocos (Jerada)	169	77	247	7.0	Daly & Pozzi (1976)
11	Hoachanas	161-173	62	252	20.0	Gidskehaugh et al (1975)
12	Ben Mellal	154	45	248	11.0	Westphal et al (1979)
	média (1-12)	J	68	257 (K = 39.9)	7.0	
13	Atlas intrusivas	J _u -K ₁	53	262		Hailwood e Mitchell (1971)
14	Mianje	116-128	60	262	12.0	Briden (1967)
15	Marrocos (sedim.)	120	75	227	5.5	Hailwood (1975)
16	Kaoko	110-128	48	267	3.2	Gidskehaugh et al (1975)
17	Lupata	106-111	62	260	4.0	Gough & Opdyke (1963)
	média (13-17)	K ₁	60	260 (K = 45.6)	11.4	
18	Wadi Natash (vulc)	77-100	69	258	5.8	Schult et al (1981)
19	Lesoto (kimberlito)	82-88	61	224	7.4	Hargraves e Onstott (1980)
20	Nubia (sedimentos)	K _u	83	230	3.4	Schult et al (1981)
21	Siltitos vermelhos	K _u	79	208	6.0	Schult et al (1981)
22	Tororo	K _u	76	195	9.0	Raja e Vice (1973)
23	Kimberlitos	K _u	58	237	(-)	McElhinny e Brock (1975)
24	Nubia (sedimentos)					
	Wadi Natash	K _u	63	218	(3,6)	
25	Nubia (sedimentos)					Shazly & Krs (1973)
	Assuã	K _u	80	227	(4,6)	
26	Nubia (minérios de ferro)	K _u	75	203	(6,11)	Schult et al (1978)
	média (18-26)	K _u	72	225 (K = 56.3)	6.9	Schazly & Krs (1973)

TABELA 3

Nº	RECONSTRUÇÃO		modelo α Martin et al (1981)		modelo β Sclatter et al (1977)		modelo γ Franchestean (1973)
	Lat ($^{\circ}$ N)		46.8		49.2		67.3
	Long ($^{\circ}$ W)		32.7		31.8		38.5
	ângulo de rotação		56.4		48.3		32.8
00	Polo médio-Triássico	$^{\circ}$ N 59	$^{\circ}$ E 244 K = 102.8 $A_{95} = 5.5$	$^{\circ}$ N 66	$^{\circ}$ E 239 K = 100.2	$^{\circ}$ N $A_{95}=5.6$	$^{\circ}$ E
01	Guacamayas	50	228	57	221	68	185
02	Monte Alegre	45	248	52	244	69	224
03	Chon'Aike	57	262	64	261	82	257
04	Maranhão (oeste)	56	252	62	250	80	237
	média (1 - 4)	53	247 K = 62.0 $A_{95} = 11.8$	60	243 K = 64.7 $A_{95} = 11.5$	79	217 K = 60.1 $A_{95} = 11.9$
05	Rio de los Molinos	42	252	49	248	67	233
06	Rio Grande do Norte	56	245	63	240	79	201
07	Almafuerte	34	255	41	251	60	239
08	Cerro Colorado	46	255	52	252	71	239
09	Serra Geral	41	264	47	261	66	255
10	Serra Geral (GB)	51	265	58	264	76	262
11	Serra Geral (RA)	52	262	59	261	78	255
12	Serra Geral (TA)	47	267	53	266	71	265
13	Serra Geral (BM)	44	270	51	269	69	269
14	Maranhão (este)	48	265	54	264	73	260
15	Cerro Rumipalia	53	262	60	261	78	255
16	La Yesera	64	245	71	241	84	153
17	La Serena	61	261	68	261	86	261
18	Cerro de los Condores	49	266	55	265	73	263
	média (05 - 18)	49	260 K = 75.0 $A_{95} = 4.6$	56	258 K = 73.0 $A_{95} = 4.7$	75	249 K = 75.3 $A_{95} = 4.6$
19	Cabo St. Agostinho	52	255	59	253	77	237
20	Las Curtiembres	53	262	60	261	78	254
21	Poços de Caldas	61	253	68	251	85	211
22	São Luis e Cordoba	32	262	39	259	58	252
23	Série Andacollo	38	268	44	266	62	263
	média (19 - 23)	47	261 K = 42.1 $A_{95} = 11.9$	54	259 K = 41.9 $A_{95} = 12.0$	72	251 K = 43.8 $A_{95} = 11.7$

Em termos de situação pré-deriva foi utilizada a reconstrução proposta por Martin et al. (1981), baseada em ajustes de estruturas geológicas de idade comprovadamente pré-deriva. Para simular uma configuração que apresentasse uma pequena separação entre África e América do Sul foi utilizada, como modelo, a reconstrução proposta por Sclater et al. (1977) para 110 m.a. atrás. Para uma separação maior entre os continentes foi utilizada a configuração de Francheteau (1973) para 80 m.a. De modo a simplificar a discussão a seguir, estas três reconstruções serão denominadas, respectivamente, de modelo α , modelo β e modelo γ (Figs. 1 a 4).

A avaliação da probabilidade de determinado modelo ser adequado aos dados paleomagnéticos estudados foi feita com base no teste de significância desenvolvido por Watson (1956). Este teste estatístico (teste F) é apropriado para comparação de duas direções médias. Como o teste indica a probabilidade de a direção média dos polos sul-americanos ser paralela à direção média dos polos africanos, para a dada configuração, verificou-se então, a consistência ou não da posição estudada em relação aos dados paleomagnéticos, dentro de uma probabilidade de erro menor do que um va-

lor previamente escolhido (no caso, de 5%). Estes resultados serviram de base para se verificar a época em que a América do Sul e África começaram a se separar.

Dentro deste enfoque foram estudados os polos paleomagnéticos de idade jurássica e cretácica, período em que se admite ter se formado o Oceano Atlântico Sul.

Os polos sul americanos de idade jurássica (Tabela 1) quando girados de 56.4° em torno do polo de rotação do modelo α apresentaram um polo médio \overline{SAJ} (53° N, 247° E – Tabela 3). Este polo foi comparado ao polo africano médio para o mesmo período, \overline{AJ} (68° N, 257° E – Tabela 2) por meio do teste F, após ter sido verificada a identidade dos respectivos parâmetros de precisão (Watson, 1956). O Valor encontrado para o teste F (5.09) é maior do que o valor crítico ao nível de 5% de significância ($F_{0,05} = 3.63$, para $N = 16$), (Fig. 1). Isto significa que a probabilidade é grande de a posição pré-deriva segundo o modelo α não ser adequada aos polos do Jurássico de ambos os continentes.

De modo a confirmar os resultados obtidos foi aplicado um teste F aos polos paleomagnéticos de idade jurássica, posicionados segundo outras reconstruções pré-deriva conhecida. Desse modo se procurou verificar se a diferença entre os resultados poderia ser atribuída à configuração escolhida. Foram encontrados valores de F de 6.50, 6.18 e 6.00 respectivamente para as reconstruções de Bullard et al. (1965) Rabinowitz & LaBrecque (1979) e Rickard & Belbin (1980), todos maiores que o valor crítico de 3.63, confirmando a pequena probabilidade de uma configuração pré-deriva ser adequada aos paleopolos jurássicos. É possível que os continentes tenham formado um bloco único naquele período, mas neste caso segundo uma configuração distinta daquelas apresentadas pelos modelos propostos.

Ao se estudar, por sua vez, a validade de uma pequena separação entre os continentes no período jurássico, como a reconstrução indicada no modelo β , se observou que o teste F apresentou o resultado $F = 2.18$ que foi menor que o valor crítico 3.63. Ou seja, os dados paleomagnéticos do Jurássico, embora mais antigos que a época sugerida pela reconstrução, não são inconsistentes com aquelas posições dos continentes (Figs. 1 e 2). Outras separações que mostram um pequeno afastamento, também não são inconsistentes com estes dados paleomagnéticos, como, por exemplo, as reconstruções propostas por Rabinowitz & LaBrecque (1979) para 107 m.a. e por Sclater et al. (1977) para 95 m.a. cujos resultados do teste estatístico apresentaram respectivamente os valores de $F = 1.84$ e $F = 1.49$.

A aplicação do teste F aos polos paleomagnéticos de idade cretácica inferior produziu resultados semelhantes. Foi obtido o valor de $F = 4.10$ para a reconstrução pré-deriva do modelo α e 0.58 para a reconstrução mostrada no modelo β , quando 3.52 é o valor crítico máximo para o teste ao nível de 5% de significância ($N = 19$). Os resultados indicaram portanto que uma pequena abertura entre os continentes é perfeitamente compatível com os dados paleomagnéticos de idade cretácica inferior, enquanto que a

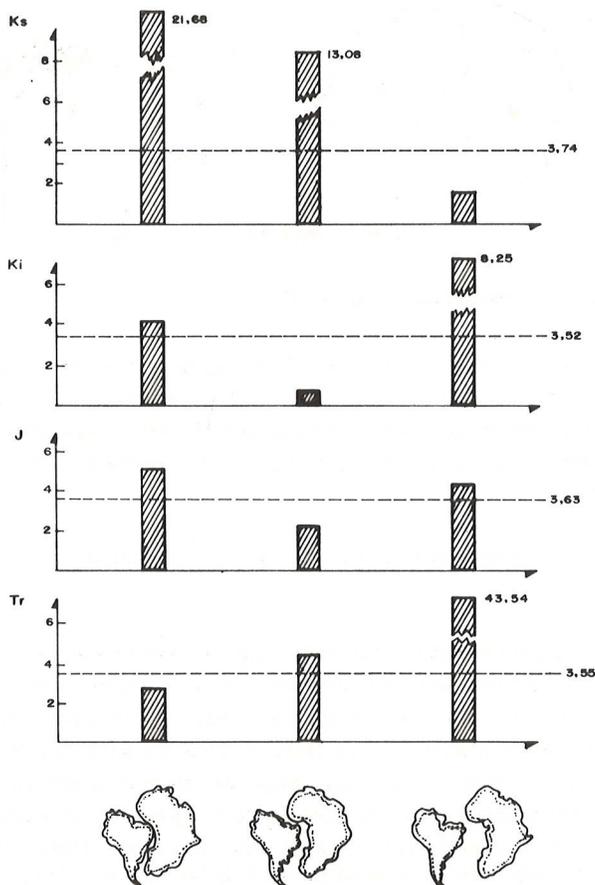


Figura 1 — Resultados da aplicação do teste F aos polos paleomagnéticos mesozóicos da América do Sul e da África.

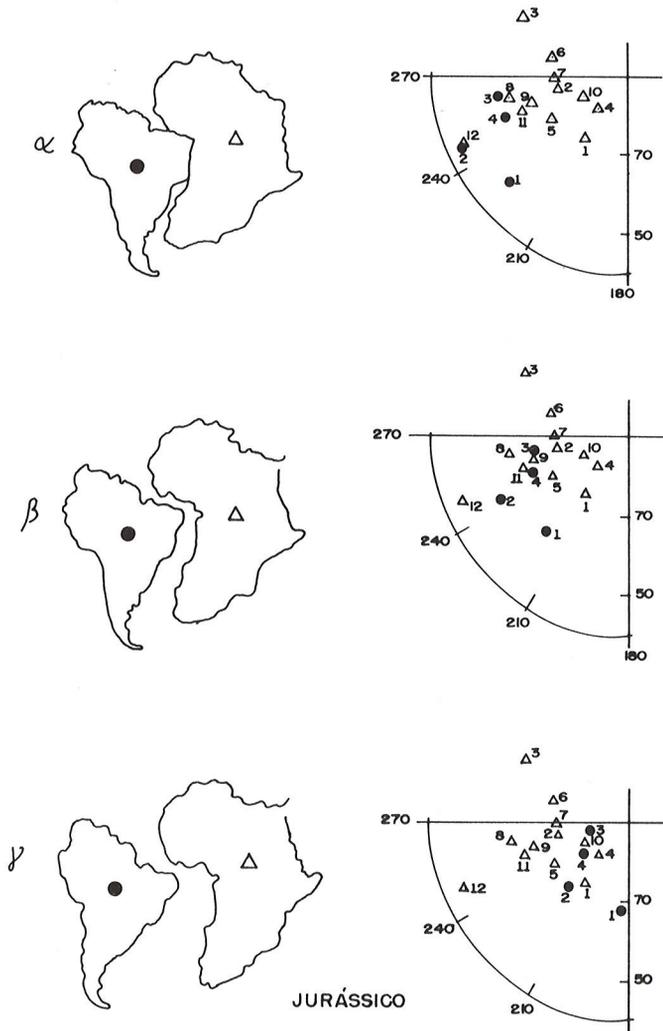


Figura 2 — Comparação entre os polos paleomagnéticos da América do Sul e da África, para o Jurássico, segundo a reconstrução pré-deriva de Martin et al (1981) modelo α ; reconstrução estimada para 110 m.a. atrás proposta por Slater et al (1977), modelo β ; reconstrução estimada para 80 m. a. por Franchetau (1973), modelo γ .

posição pré-deriva estudada não satisfaz aos dados (Figs. 1 e 3).

A utilização das outras reconstruções pré-deriva confirmou a probabilidade pequena de os continentes terem formado um só bloco no Cretáceo Inferior na maneira dos vários modelos discutidos. Os cálculos indicaram os valores de $F = 5.98, 5.31$ e 5.87 respectivamente para as reconstruções de Bullard et al. (1965), Rabinowitz & LaBrecque (1979) e Rickard & Belbin (1980), todos eles superiores ao valor crítico de 3.52 ao nível de 5% de significância.

A aplicação de um teste F aos dados paleomagnéticos do Cretáceo Superior indicou, tanto para a configuração pré-deriva do modelo α , quanto para a configuração indicada no modelo β valores superiores ao valor crítico de 3.74 ($N = 14$) dentro do nível de 5% de significância (respectivamente $F = 21.68$ e $F = 13.08$ (Figs. 1 e 4).

O estudo de uma situação em que o afastamento América do Sul-África é maior, conforme a configuração do modelo γ apresentou os seguintes resultados: $F = 4.06$ para o Jurássico, $F = 8.25$ para o Cretáceo Inferior, e $F = 1.57$

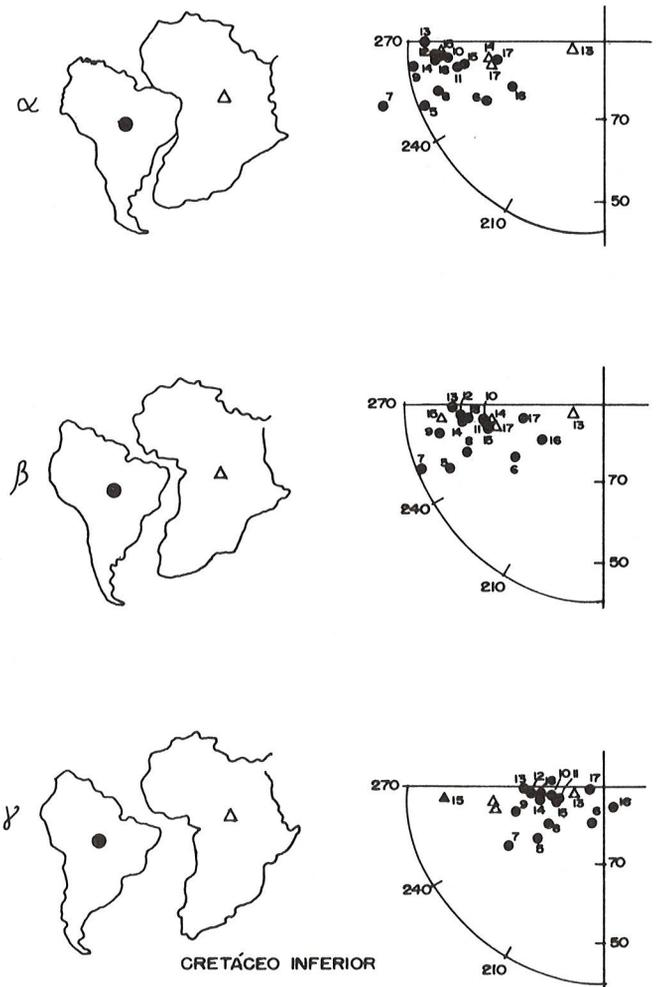


Figura 3 — Idem a Figura 2, para o Cretáceo Inferior.

para o Cretáceo Superior. O último valor é inferior ao respectivo valor crítico, enquanto que os resultados para os paleopolos do Jurássico e do Cretáceo Inferior nesta última configuração, são superiores aos correspondentes valores críticos.

O gráfico da Fig. 1 e as Figs. 3, 4 e 5 ilustram a discussão acima.

Como os resultados para o Jurássico indicaram a existência de uma pequena separação entre os continentes foi aplicado um teste F aos dados do Triássico de modo a se definir melhor a época de abertura do Oceano Atlântico Sul. As reconstruções utilizadas foram as mesmas empregadas nos casos anteriores. Os polos paleomagnéticos utilizados nos cálculos estão relacionados por Guerreiro (1983). Os polos médios estão indicados nas Tabelas 1, 2 e 3. O resultado obtido para a reconstrução pré-deriva do modelo α foi $F = 2.82$, menor do que o valor crítico de 3.55 ao nível de 5% de significância ($N = 18$), indicando ser esta situação compatível com aquele período. Para a reconstrução que admite uma pequena separação entre os continentes modelo

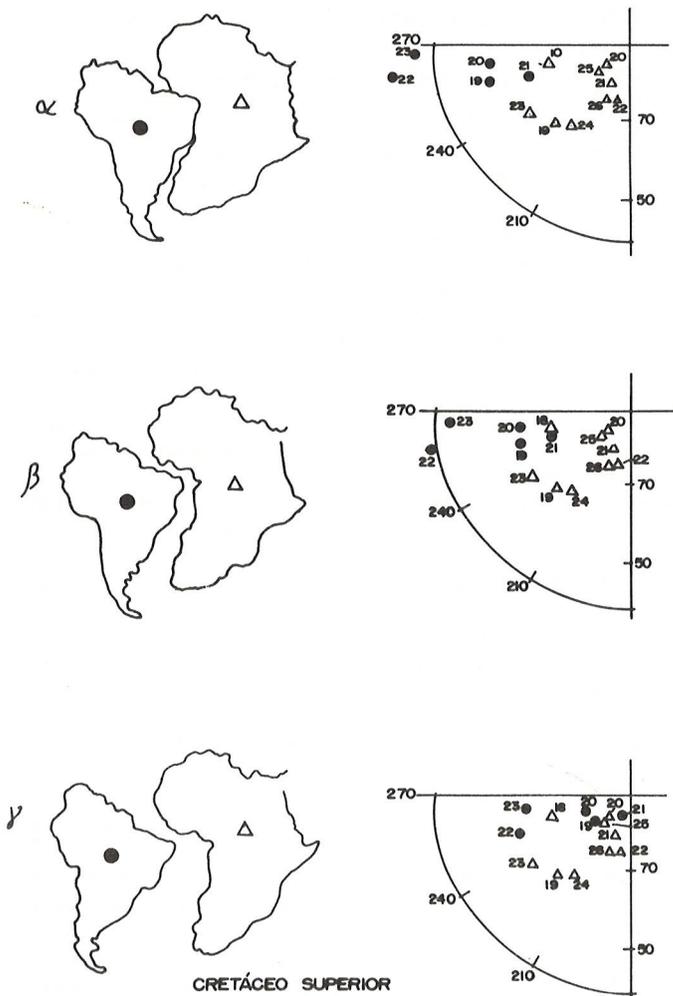


Figura 4 — Idem a Figura 2, para o Cretáceo Médio-Superior.

β , o valor obtido para o teste ($F = 4.50$) foi superior ao valor crítico indicando inconsistência da mesma com os dados paleomagnéticos do Triássico.

CONCLUSÃO

Para a discussão final dos resultados, no que diz respeito à deriva da América do Sul da África, partiu-se da premissa que a superfície da Terra é formada por um mosaico de placas de um modo tal que as mesmas se movimentam como unidades rígidas e sofrem deformações apenas nos seus limites com as outras placas vizinhas. Este é um conceito básico da teoria da tectônica de placas e evidências deste fato podem ser encontradas nos trabalhos de Heezen (1962), Ewing & Ewing (1967), Morgan (1968) e Gorini (1977) entre outros.

O conceito de movimentos de blocos continentais rígidos justifica porque polos paleomagnéticos de mesma idade e de um mesmo continente, determinados para regiões

tão afastadas entre si, apresentam posições tão próximas (Tabelas 1 e 2).

Analisando os resultados obtidos pelos testes estatísticos segundo o conceito de deslocamento de placas rígidas, concluiu-se que a América do Sul e a África formavam um só bloco no Triássico.

A comparação entre polos paleomagnéticos do Jurássico e Cretáceo Inferior dos dois continentes, conforme as posições pré-deriva discutidas, indicou uma diferença significativa entre eles. Usando, entretanto, a reconstrução do modelo β , que apresenta uma pequena separação entre as posições dos continentes, a consistência entre as posições daqueles paleopolos apresentou melhores resultados. Conseqüentemente os testes com os dados paleomagnéticos destes períodos indicaram que a América do Sul e a África não estavam localizadas segundo as configurações pré-deriva estudadas, mas que as respectivas linhas costeiras no Atlântico Sul estavam separadas algumas centenas de quilômetros a mais, num modo semelhante à reconstrução apresentada no modelo β (mas não necessariamente esta configuração particular).

Admitindo a validade das reconstruções utilizadas e de deslocamentos de blocos continentais rígidos, esse separação entre os continentes pode ser devida a uma ruptura inicial ocorrida no Jurássico, que se manteve, então, aproximadamente estacionária durante o Cretáceo Inferior.

Os polos paleomagnéticos sul americanos e africanos do Cretáceo Superior diferiram significativamente nas reconstruções dos modelos α e β apresentando resultados consistentes apenas ao se utilizar a reconstrução do modelo γ , que propõe uma maior separação entre América do Sul e África. Estes resultados são compatíveis com um afastamento rápido e significativo entre os continentes durante o Cretáceo Superior.

É interessante observar-se ainda, que os resultados não mudaram qualitativamente com o aumento do número de polos paleomagnéticos usados (Guerreiro, 1983 e este trabalho).

Os resultados aqui obtidos confirmam o trabalho de Schult & Guerreiro (1979) e são apoiados por evidências geofísicas independentes, destacando-se entre estas o artigo de Emery et al. (1975). Esses autores estudaram a região a sudeste da cadeia de Walvis até o extremo sul do continente africano e, correlacionando as anomalias magnéticas com escala de polaridade para o Jurássico Superior, determinaram que a separação ocorreu há cerca de 165 m.a. atrás.

AGRADECIMENTOS

Os autores são imensamente gratos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), à Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP) e a Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) pelo suporte financeiro para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BARDON, C.; ROSSER, A.; HAMZEH, R.; ROLLEY, J. P. B. WESTPHAL, H. — 1973 — Etude paléomagnétique de formations volcaniques de Crétacé inférieur dans l'Atlas de Beni Mellal (Maroc), C.n. habd. Séanc. Acad. Sci. Paris, Serie D. 277: 2141-2144.
- BRIDEN, J. C. — 1967 — A new paleomagnetic result from Lower Cretaceous of East-Central Africa. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 12: 375-380.
- BRIDEN, J. C.; HEWTHORN, D. I. & REX, D. C. — 1971 — Paleomagnetic and radiometric evidence for the age of the Freetown igneous complex, Sierra Leone. *Earth Planet. Sci. Lett.* 12:385-391.
- BROCK, A. — 1968 — Drifting and rifting: a comment on the Tertiary rotation of Africa. *Nature*, 219:599-600.
- BULLARD, E.; EVERETT, J. E. & SMITH, A. G. — 1965 — The fit of the continents around the Atlantic. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A*, 258:41-75.
- CREER, K. M. — 1962 — Palaeomagnetism of the Serra Geral Formation. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 7:1-22.
- DALRYMPLE, G. B.; GROMMÉ, C. S. & WHITE, R. W. — 1975 — Potassium argon age and palaeomagnetism of diabase dikes in Liberia: initiation of Central Atlantic rifting. *Geol. Soc. Am. Bull.* 86:399-411.
- DALY, L. & POZZI — 1976 — Résultats paléomagnétiques du Permian Inferieur et du Trias marocain; comparisom avec les donn'és Africaines et Sud Américaines. *Earth. Planet. Sci. Lett.* 29:71-80.
- EMERY, K. O.; UCHUPI, E.; BOWIN, C. O.; PHILLIPS, J. & SIMPSON, E. S. W. — 1975 — Continental margin off Western Africa: Cape St. Francis (South Africa) to Walvis Ridge (South — West Africa).
- EWING, J. & EWING, M. — 1967 — Sediment distribution on the mid-ocean ridges with respect to spreading of the sea floor. *Science* 156:1590.
- FRANCHETEAU, J. — 1973 — Plate tectonics model of opening of the Atlantic Ocean south of the Azores. In: Tarling, D. H.; Runcorn, S. K. Ed. *Implications of continental drift to the Earth Sciences*. London, Academic Press, v.1, p. 197-202.
- FUNNEL, B. M. & SMITH, A. G. — 1968 — Opening of the Atlantic Ocean. *Nature* 219:1328-1333.
- GIDSKEHAUG, A.; CREER, K. M. & MITCHELL, J. G. — 1975 — Palaeomagnetism and K-Ar ages of the South-West African Basalts and their bearing on the time of initial rifting of the South Atlantic Ocean. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 42:1-20.
- GORINI, M. A. — 1977 — The tectonic fabric of the Equatorial Atlantic and adjoining continental margins: Gulf of Guinea to Northeastern Brazil. *Dissertação de doutorado*. Columbia, Faculdade de Ciências Pura da Universidade de Columbia, 208 p.
- GOUGH, D. I.; BROCK, A.; JONES, D. L. & OPDYKE, N. D. — 1964 — The palaeomagnetism of the Ring Complex at Marangudzi and the Mateke Hills. *J. Geophys. Res.*, 69:2499-2507.
- GOUGH, D. I.; OPDYKE, N. O. — 1963 — The palaeomagnetism of the Lupata alkaline volcanics. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 7:457-468.
- GUERREIRO, S. D. C. — 1983 — Paleomagnetismo de rochas vulcânicas do Nordeste do Brasil e a época de abertura do Oceano Atlântico Sul. *Tese de doutorado*. Universidade Federal do Pará, 149 p.
- GUERREIRO, S. D. C. & GUERREIRO, M. H. S. — 1983 — Estudos paleomagnéticos de rochas vulcânicas de idade Jurássico — Cretáceo da região de Monte Alegre — Alenquer, Pará. In: *Reunião Anual da SBPC*, 35 Resumos, Belém, Jul. p. 554.
- GUERREIRO, S. D. C. & SCHULT, A. — 1983 — Paleomagnetismo de um enxame de diques toleríticos de idade meso-cenozoica localizados no Rio Grande do Norte. *Rev. Bras. Geof.* 1:89-98.
- HAILWOOD, E. A. — 1975 — The palaeomagnetism of Triassic and Cretaceous rocks from Morocco. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 41: 219-235.
- HARGRAVES, R. B. & ONSTOTT, T. C. — 1980 — Paleomagnetic results from some Southern African kimberlites, and their tectonics significance. I. *Geophys. Res.*, 85:3587-3596.
- HEEZEN, B. C. — 1962 — The deep-sea floor. In Runcorn, S. K. *Continental drift*. New York Academic Press p. 235-288.
- LARSON, R. L. & LADD, J. W. — 1973 — Evidence for the opening of the South Atlantic in the Early Cretaceous. *Nature*. 246:209-212.
- LE PICHON, X. & HAYES, D. E. — 1971 — Marginal offsets, fracture zones and the early opening of the South Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 73:3661-3697.
- LINARES, E. & VALENCIO, D. A. — 1975 — Palaeomagnetism and K-Ar ages of some trachybasaltic dikes from Rio de los Molinos, Province of Cordoba, Argentina. *J. Geophys. Res.*, 80: 3315-3321.
- MacDONALD, W. D. & OPDYKE, N. D. — 1974 — Triassic paleomagnetism of Northern South America. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. 58:208-215.
- MARTIN, A. K.; HATNADY, C. J. H. & GOODLAD, S. W. — 1981 — A revised fit of South America and South Central África. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 54:293-305.
- McELHINNY, M. W. & BROCK, A. — 1975 — A new palaeomagnetic result from East Africa and estimates of the Mesozoic palaeoradius. *Earth Planet. Sci. Lett.* 27:321-328.
- McELHINNY, M. W. & JONES, D. C. — 1965 — Palaeomagnetic measurements of some Karroo dolerites from Rhodesia. *Nature*. 206:921-922.
- MORGAN, W. J. — 1968 — Rises, trenches, great fault and crustal blocks. *J. Geophys. Res.*, 73:1959-1982.
- OPDYKE, N. D. & MacDONALD, W. D. — 1973 — Palaeomagnetism of Late Cretaceous Poços de Caldas alkaline complex, Southern Brazil. *Earth planet. Sci. Lett.*, 18:37-44.
- PACCA, I. G. & ERNESTO, M. — 1982 — Utilização da variação paleosecular e de reversões do campo geomagnético para medidas de tempo decorrido entre eventos magmáticos sucessivos. *Anais do XXXII Congresso Bras. Geol. Salvador*. v.4:1621-1628.
- PACCA, I. G. & HODO, F. Y. — 1976 — Paleomagnetism of Mesozoic Serra Geral basaltic lava flows in Southern Brazil. In: *Ann. Acad. Bras. Ciências*, 48:207-214 (suplemento).
- PALMER, H. C.; HAYATSU, A. & MacDONALD, W. D. — 1980 — Palaeomagnetic and K — Ar studies of a 6 km thick Cretaceous section from the Chilean Andes. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 62: 133-153.
- RABINOWITZ, P. & LaBRECQUE, J. — 1979 — The Mesozoic South Atlantic Ocean and evolution of its continental margins. *J. Geophys. Res.*, 84 (B 11):5973-6002.
- RAJA, P. K. S. & VISE, J. B. — 1973 — Palaeomagnetism of Tororo Ring Complex, SE Uganda. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19:438-442.
- RICKARD, M. J.; BELBIN, L. — 1980 — A new continental assembly for Pangaea. *Tectonophysics*, 63:1-12.
- SCHULT, A. & GUERREIRO, S. D. C. — 1979 — Paleomagnetism of Mesozoic igneous rocks from the Maranhão Basin, Brazil, and the time of opening of the South Atlantic. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 42:427-436.
- SCHULT, A. & GUERREIRO, S. D. C. — 1980 — Palaeomagnetism of Upper Cretaceous volcanic rocks from Cabo de Santo Agostinho, Brazil. *Earth Planet. Sci. Lett.* 50:311-315.
- SCHULT, A. HUSSAIN, A. G. & SOFFEL, H. C. — 1981 — Palaeomagnetism of Upper Cretaceous volcanic and Nubian sandstones of Wadi Natash, SE Egypt and implications for the polar wander path for Africa in the Mesozoic. *J. Geophys. Res.* 50:16-22.
- SCHULT, A.; SOFFEL, M. C. & GOUDA HUSSEIN, A. — 1978 — Palaeomagnetism of Cretaceous Nubian sandstone Egypt, *J. Geophys.*, 44:333-340.
- SCLATER, J. G.; HELLINGER, S. & TAPSCOTT, C. — 1977 — The paleobathymetry of the Atlantic Ocean from the Jurassic to the present. *Jour. Geology*, 85 (5):509-552.

- SHAZLY, E. M. & KRS, M. — 1973 — Palaeogeography and paleomagnetism of the Nubian Sandstone, Eastern Desert of Egypt, *Geol. Rdsch.*, 62:212.
- VALENCIO, D. A. & MENDIA, J. E.; GIUDICI, A. & GASCON, J. O. — 1977 — Palaeomagnetism of the Cretaceous Pirgua Subgroup (Argentina) and the age of the opening of the South Atlantic. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 51:47-58.
- VALENCIO, D. A. & VILAS, J. F. — 1969 — Age of the separation of South America and Africa. *Nature* 223:1353-1354.
- VALENCIO, D. A. & VILAS, J. F. — 1970 — Paleomagnetism of some Middle Jurassic lavas from south-east Argentina. *Nature* 225:262-264.
- VALENCIO, D. A. & VILAS, J. F. — 1976 — Sequence of the continental movements occurred prior to and after the formation of the South Atlantic, *Ann. Acad. Bras. Ciênc.* 48:377-386 (suplemento).
- VALENCIO, D. A.; VILAS, J. F.; PACCA, I. G. — 1983 — The significance of the palaeomagnetism of Jurassic-Cretaceous rocks from South America: pre-drift movements, hairpins and magnetostratigraphy. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 73:135-151.
- VAN ZIJL, J. S. V.; GRAHAM, K. W. T. & HALES, A. L. — 1962 a — The palaeomagnetism of the Stormberg lavas of South Africa Part. I *Geophys. J. R. astro. Soc.* 7:23-39.
- VAN ZIJL, J. S. V., GRAHAM, K. W. T. & HALES, A. L. — 1962 b — The palaeomagnetism of the Stormberg lavas of South Africa. *Geophys. J. R. astr. Soc. Part. II*, 7:169-182.
- VILAS, J. F. — 1974 — Palaeomagnetism of some igneous rocks of the Middle Jurassic Chon — Aike formation from Estancia La Reconquista, Province of Santa Cruz, Argentina. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 39:511-522.
- VILAS, J. F. — 1976 — Paleomagnetism of the Lower Cretaceous Sierra de los Condores Group. Cordoba Province, Argentina. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 46:295-305.
- VILAS, J. F. & VALENCIO, D. A. — 1978 — Paleomagnetism and K-Ar dating of the Carboniferous Andacollo Series (Argentina) and the age of the hydrothermal coverprinting. *Earth planet. Sci. Lett.* 40:101-106.
- WATSON, G. S. — 1956 — Analysis of dispersion on a sphere. *Mon. Not. R. Astron. Soc., Geophys. Suppl.*, 7 (4) : 153-159.
- WEGENER, A. — 1915 — Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunschweig, Germany, Friedrich Vieweg & Sohns.
- WESTPHAL, M.; MONTIGNY, J. P.; THUIZAT, R.; BARDON, C.; BOSSERT, A.; HAMZEH, R. Z. & ROLLEY, J. P. — 1979 — Paleomagnetism et datation du volcanisme Permian, Triassique et Cretace du Maroc. *Canadian Journal of the Earth Sciences* 16:2150-2164.

Versão original recebida em Set./84;

Versão final, em Nov./85.