


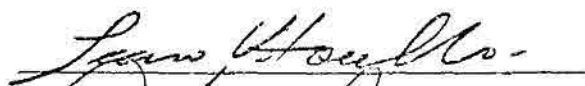


1. Publicação nº <i>INPE-2624-TDL/108</i>	2. Versão	3. Data <i>Jan., 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa  <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DRH-DSR</i>	Programa <i>FRH/SER</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>ARCO DE PONTA GROSSA      ÁPICE DE ARCO</i> <i>ARQUEAMENTO                TECTONICA DE SINÉCLISE</i> <i>EVOLUÇÃO DE ARCO        MAGNETISMO BÁSICO E ALCALINO</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:627.823.4(816.2/.5)</i>			
8. Título  <i>O ARCO DE PONTA GROSSA: UMA PROPOSTA PARA A SUA CONFIGURAÇÃO E EVOLUÇÃO A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO</i>		10. Páginas: <i>143</i>	
		11. Última página: <i>D.4</i>	
		12. Revisada por	
9. Autoria <i>Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida</i>		 <i>Amaro</i>	
		13. Autorizada por	
Assinatura responsável 		 <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
14. Resumo/Notas  <i>A análise visual de cinco cenas MSS-LANDSAT forneceu um mapa de diques fotointerpretados com o auxílio de métodos fotográficos e de computação. Desse modo, foi possível definir a zona de maior densidade de diques e os aspectos de sua heterogeneidade, bem como propor a localização do ápice do arqueamento. Aventou-se como limite sul o Alinhamento de Ivaí, ora definido preliminarmente a partir das Imagens MSS-LANDSAT, tendo-se suposto como limite norte o Alinhamento de Guapiara, já definido na literatura. Baseando-se em mapas de isópacas de várias unidades estratigráficas da Bacia do Paraná, nas propostas ora feitas, e na proposta do Alinhamento de Guapiara, procurou-se esboçar a evolução do Arco de Ponta Grossa desde o Devoniano até o Juro-Cretáceo. Na análise deste conjunto de informações pôde-se observar alguns aspectos interessantes, entre os quais o aparente sincronismo entre a atividade da Bacia do Paraná e do Arco de Ponta Grossa, e o caráter oposto entre os movimentos verticais da zona do ápice e dos Alinhamentos de Guapiara e Ivaí.</i>			
15. Observações <i>Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, aprovada em 24 de junho de 1982.</i>			

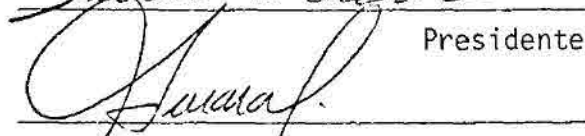


Aprovada pela Banca Examinadora  
em cumprimento a requisito exigido  
para a obtenção do Título de Mestre  
em Sensoriamento Remoto

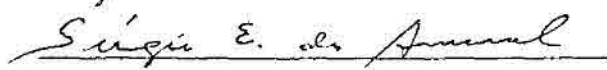
Dr. Icaro Vitorello

  
Presidente


Dr. Gilberto Amaral

  
Orientador

Dr. Sérgio Estanislau do Amaral

  
Membro da Banca  
-convidado-

Geól. Armando Márcio Coimbra, MSc.

  
Membro da Banca  
-convidado-

Geól. Liu Chan Chiang, MSc.

  
Membro da Banca

Candidato: Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida

São José dos Campos, 24 de junho de 1982





"Tomemos a evidência por juiz único da verdade e, se a evidência nos faltar, saibamos duvidar".

Giordano Bruno, que por suas opiniões às evidências foi queimado vivo no ano de 1600, em Roma.



À minha esposa Sylvia que me apoiou, auxiliou e animou no decorrer do trabalho.

Aos meus pais, que desde o início da infância possibilitaram florescer em mim o amor pela natureza e o hábito de ler, ouvir música e viajar, o que, de certo modo, permitiu a realização deste trabalho.

À minha filha Juliana, que nos últimos meses de meu trabalho na dissertação enfrentou, ainda na barriga de sua mãe, uma absoluta falta de lazer.



## AGRADECIMENTOS

Somos gratos a todos os que, direta ou indiretamente, auxiliaram no desenvolvimento e conclusão deste trabalho e, dentre estes, não poderíamos deixar de citar os nomes de André Luiz Gonzales, Celso Dal Rê Carneiro, Edgar Santoro, Fernando Flávio Marques de Almeida, Haroldo Erwin Asmus, Jorge Kazuo Yamamoto, Paulo Roberto Menezes, Raimundo Almeida Filho, Waldir Lopes Ponçano e Waldir Renato Paradella, seja por suas sugestões, seja pelas bibliografias e pelos incentivos fornecidos.

Aos membros da Banca, Armando Márcio Coimbra, Gilberto Amaral, Ícaro Vitorello, Liu Chang Chiang e Sérgio Estanislau do Amaral, somos especialmente gratos por sua leitura atenta e crítica da versão preliminar da Dissertação e pelas sugestões e observações que daí surgiram, assim como a Francisco L. J. Ferreira, o Chico Ferreira, pelas inúmeras discussões sobre o tema e por sua leitura crítica dos manuscritos.

Agradecemos também aos colegas e amigos de longa data Cláudio Riccomini, que acompanhou todo o desenvolvimento do trabalho e Álvaro Penteado Crosta, que igualmente nos acompanhou todo o tempo, até mesmo durante os trabalhos de campo, quando parecia fazer deste trabalho o seu; ao Prof. Dr. Gilberto Amaral, que orientou toda a pesquisa e a quem devemos, exclusivamente, o tratamento estatístico dos dados por computação; a Dora Ferreira, minha cunhada, pelo auxílio na datilografia, ao desenhista Mário Márcio, pelos desenhos que fez em suas horas de folga; a Sylvia A. Ribeiro de Almeida, por suas sugestões e discussões, pela datilografia quase integral, em pleno carnaval banhado de sol, e pelo auxílio na montagem final.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa concedida entre 01.02.78 e 01.03.79; à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo, pela Bolsa concedida entre 01.03.79 e 01.09.80; a FINEP - Financiadora de

Estudos e Projetos, pelo auxílio ao trabalho de campo; ao INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, pela acolhida e pelas condições que forneceu para o desenvolvimento do trabalho, expressamos a nossa gratidão.

#### ABSTRACT

A map of dikes was drawn up based on the visual analysis of MSS-LANDSAT images. It includes a wide area under the influence of the Ponta Grossa Arch both in the Paraná Basin and its basement. The analysis of this map by means of photographic methods - greatly reduced for condensation of information and computation - statistical treatment for the directions of the intrusive rocks - made it possible to define the zone of highest density of the dikes and some aspects of the longitudinal and transverse heterogeneities, as well as to localize the apex of the Arch. With regard to the border lines of the Ponta Grossa Arch we have put forward the suggestion of the Ivaí structural Alignment as the southern border, while the northern border has been taken to be the Guapiara structural Alignment as proposed in another paper. Field works were carried out for the purpose of confirming the suggested position of the apex of the flexure on Paleozoic sediments and pre-lava Mesozoic sediments. Furthermore, controversial aspects of the relative absence of dikes in certain units or lithologies and the composition of the intrusions surrounding the city of Castro (PR) were also observed. According to isopach maps for different units of the Paraná Basin and the above mentioned proposals, an outline of the evolution of the Arch from the Devonian to the Juro-Cretaceous period was built up. It was thus possible to deduce several observations such as the apparent synchronism between the activity of the Paraná Basin and the Ponta Grossa Arch, as well as the frequent inverse characteristics of the vertical movements of the latter together with the structural Alignments of Guapiara and Ivaí.





## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	<i>xiii</i>
LISTA DE TABELAS .....	<i>xvii</i>
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u> .....	1
<u>CAPÍTULO 2 - FONTES DE INFORMAÇÃO E METODOLOGIA</u> .....	9
2.1 - Fontes de informação .....	9
2.1.1 - Sensoriamento remoto .....	9
2.1.2 - Trabalho de campo .....	12
2.2 - Metodologia .....	14
2.2.1 - Análise das imagens MSS-LANDSAT .....	14
2.2.2 - Tratamento dos resultados da fotoanálise .....	17
2.2.3 - Trabalho de campo .....	19
<u>CAPÍTULO 3 - PROPOSTA DE CONFIGURAÇÃO DO ARCO DE PONTA GROSSA</u> ...	21
3.1 - Zona de maior densidade de diques .....	21
3.2 - Ápice do arqueamento .....	28
3.3 - Limites do arqueamento .....	35
3.4 - Continuidade do arco na África .....	39
<u>CAPÍTULO 4 - EVOLUÇÃO DO ARCO DE PONTA GROSSA</u> .....	41
4.1 - Origem de arqueamentos e magmatismo associado .....	41
4.1.1 - Fenômenos do manto relacionados ao arqueamento .....	41
4.1.2 - Magmatismo associado .....	44
4.2 - Evolução do arqueamento .....	45
4.3 - Magmatismo .....	84
4.3.1 - Magmatismo básico .....	84
4.3.2 - Magmatismo alcalino .....	90
<u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES</u> .....	93
5.1 - Configuração do Arco de Ponta Grossa .....	93
5.2 - Evolução do Arco de Ponta Grossa .....	94
5.3 - Avaliação geral do trabalho .....	95

	<u>Pág.</u>
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....	99
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR .....	105
APÊNDICE A - MAPA DE DIQUES	
APÊNDICE B - MAPA DE AZIMUTES MÉDIOS PONDERADOS	
APÊNDICE C - LISTAGEM DE AZIMUTES MÉDIOS PONDERADOS POR CÉLULAS DE 10 x 10 km	
APÊNDICE D - LISTA DOS RUMOS DE MERGULHO OBTIDOS EM CAMPO	

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Arco de Ponta Grossa e os principais elementos tectônicos da bacia do Paranã, modificado do relatório 14091 (IPT, 1980, p. 40) .....	3
1.2 - Localização da área .....	6
1.3 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paranã, modificação do relatório 14091 (IPT, 1980, p. 75) .....	7
2.1 - Sombreamento diferencial no "near range" e "far range" a partir de feições topograficamente idênticas .....	10
2.2 - Roteiro percorrido no trabalho de campo .....	13
2.3 - Esquema explicativo da utilização da estereoscopia solar.	15
3.1 - Redução fotográfica do mapa de diques na escala 1:10.000.000 e limites da zona de maior densidade na diques (transparência) .....	22
3.2 - Histograma circular para a porcentagem do comprimento ...	26
3.3 - Trajetória de esforços a partir de um soerguimento sinuoidal no embasamento, baseado em Sanford (1959), pág. 30 trad. Almeida, S. ....	28
3.4 - Distribuição de energia de deformação distorcional, baseado em Sanford (1959), pág. 31, trad. Almeida, S. ....	30
3.5 - Limites da zona de maior densidade de diques e o ápice do Arco de Ponta Grossa .....	31
3.6 - Rosácea de rumos de mergulho para o flanco norte .....	32
3.7 - Rosácea de rumos de mergulho para o flanco sul .....	33
3.8 - Rosácea de rumos de mergulho na porção NW .....	35
3.9 - Proposta de ápice do Arco de Ponta Grossa, zona de maior densidade do diques, limite sul do arqueamento (alinhamento de Ivaí) e limite norte (alinhamento de Guapiara, segundo a proposta original de Ferreira et alii, 1981) ...	38
4.1 - Regime de "rift" baseado em Beloussouv (1977), pág. 33, trad. Almeida, S. ....	43
4.2 - Mapa de isópacas da Formação Furnas, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, pág. 80) .....	47
4.3 - Mapa de isópacas da Formação Ponta Grossa, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, pág. 19) .....	49
4.4 - Mapa de Porcentagem de areia da Formação Ponta Grossa modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, pág 46).	50

	<u>Pág.</u>
4.5 - Mapa de isôpacas do Itararê Inferior (fâceis psamítico) Carbonífero Superior (stephaniano), modificado de Fulfaro et alii, 1980 (IPT, 1980, p. 42) .....	53
4.6 - Mapa de isôpacas do Intervalo Bioestratigráfico G, modificado de Daemon e Quadros (1970), pág. 372 .....	54
4.7 - Mapa de isôpacas do intervalo Bioestratigráfico H, modificado de Northfleet et alii (1969), pág. 330 .....	55
4.8 - Mapa de isôpacas do intervalo Bioestratigráfico H, modificado de Daemon e Quadros (1970), pág. 373 .....	56
4.9 - Mapa de isôpacas das Formações Itararê e Aquidauana, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 88) ...	57
4.10 - Mapa de isôpacas da Formação Rio Bonito, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 99).....	58
4.11 - Mapa de isôpacas da Formação Rio Bonito, modificado de Muhlmann et alii, (IPT, 1980, p. 98) .....	59
4.12 - Mapa de isôpacas da Formação Palermo, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 101) .....	61
4.13 - Mapa de isôpacas do Intervalo Bioestratigráfico I + J, modificado de Northfleet et alii (1969), pág. 334 .....	62
4.14 - Mapa de isôpacas da Formação Iratĩ, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 104) .....	63
4.15 - Mapa de isôpacas da Formação Iratĩ, modificado de Muhlmann et alii, 1974. Relatório 14091 (IPT, 1980, p. 105) .....	64
4.16 - Mapa de isôpacas da Formação Serra Alta, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 106) .....	66
4.17 - Mapa de isôpacas da Formação Serra Alta, modificado de Muhlmann et alii, 1974 (IPT, 1980, p. 107) .....	67
4.18 - Mapa de isôpacas da Formação Teresina, modificado de Muhlmann et alii, 1974 (IPT, 1980, p. 110) .....	68
4.19 - Mapa de isôpacas da Formação Estrada Nova, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 111) .....	69
4.20 - Mapa de isôpacas da Formação Rio do Rasto, modificado de Muhlmann et alii, 1974 (IPT, 1980, 113) .....	71
4.21 - Mapa de isôpacas da Formação Rio do Rasto, (MB Morro Pelado), modificado de Fulfaro et alii, 1980 (IPT, 1980, p.115)	72
4.22 - Mapa de isôpacas do Intervalo Bioestratigráfico K + L, modificado de Daemon e Quadros (1970), pág. 376 .....	73

	<u>Pág.</u>
4.23 - Mapa de isópacas das Formações Pirambônia e Rosário do Sul, modificado do Fulfaro et alii, 1980 (IPT, 1980, p. 59) ...	76
4.24 - Mapa de isópacas da Formação Botucatu, modificado de Fulfaro et alii, 1980 (IPT, 1980, p. 129) .....	77
4.25 - Mapa de isópacas da Formação Serra Geral, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 72) .....	78
4.26 - Mapa de isópacas da Formação Serra Geral, com extrapolação da zona de maior densidade de diques, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 72) .....	79
4.27 - Mapa de contorno estrutural do embasamento, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 52) .....	83
4.28 - Histograma de idades de rochas basálticas, baseado em Amaral et alii (1966), pág. 23, trad. Almeida, S. ....	90
4.29 - Histograma de idades de rochas alcalinas .....	92



## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Pares de imagens utilizadas na obtenção de estereoscopia so- lar .....	16
3.1 - Porcentagem do comprimento dos diques por classes de 5 <sup>o</sup> ..	27
C.1 - Azimutes médios ponderados por célula .....	C.1
D.1 - Flanco Norte .....	D.1
D.2 - Flanco Sul .....	D.2





## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

A Plataforma Sul-americana consolidou-se ao fim do Brasiliano e em seu interior instalaram-se, posteriormente, algumas sinéclises, entre elas a Bacia do Paranã, cujo início data talvez do Siluriano (Formação - Fm. - Vila Maria, Grupo - Gr. Caacupê), quando houve a grande transgressão marinha que afetou a região. No Devoniano, sua caracterização como sinéclise já era clara, e em provável ambiente continental fluvial sedimentaram-se os arenitos da Fm. Furnas. A continuidade da subsidência e a transgressão do mar possibilitaram a deposição da Formação Ponta Grossa em ambientes neríticos a princípio, passando a infraneríticos e voltado a neríticos. Estava aquela vasta área começando um processo de soerguimento, com a parte superior desta unidade demonstrando o caráter regressivo do mar. A continuidade do procêso passou a impossibilitar a fixação de sedimentos e uma grande fase erosiva instalou-se, perdurando desde o fim do Devoniano Superior até o Carbonífero Superior, quando o caráter da região voltou a tornar-se negativo, o que permitiu a deposição do Grupo Tubarão. Este grupo depositou-se em um clima glacial, de início em ambiente deposicional continental fluvial e lacustre para, durante o Permiano Inferior, receber a transgressão do mar e, no Permiano Médio, submeter-se a ambientes alternadamente continentais e marinhos, passando a marinhos e novamente expulsando o mar, tornando-se progressivamente mais continental até nova e generalizada transgressão ao fim do Permiano Médio. O advento do Gr. Passa Dois encontra a Bacia do Paranã tranquila, com suave abatimento, e em ambiente a princípio aquoso, em mares epicontinentais, passando a subaquoso, depositaram-se as Formações Irati e Serra Alta. A seguir, deposita-se a Formação Teresina sob influência marinha, para, em sua porção superior, o ambiente deposicional tornar-se transicional e cristalizar-se como continental fluvial com a sedimentação da Fm. Rio do Rasto, terminando o Paleozóico.

O Mesozóico começava, segundo alguns autores, com um soerguimento generalizado da Bacia do Paraná, soerguimento, entretanto, que sô se caracterizou na porção norte da bacia, onde não se fixaram sedimentos. Já no Triássico Médio, a grande estrutura voltava a se comportar em seu todo como sinéclise, fixando o espesso pacote de are nitos das formações Rosário do Sul, Pirambóia e Botucatu em ambiente continental, de início fluvial, passando a eólico nesta última unida de.

A Reativação Wealdeniana afetou fortemente a bacia, e um formidável vulcanismo de fissura originou uma sucessão de derrames de de composição predominantemente basáltica que recobriu o deserto Botu catu. Nos intervalos interderrames, persiste o ambiente continental eólico, eventualmente fluvio-lacustre, evidenciado pelas característi cas das numerosas ocorrências de sedimentos intertrapianos. Ao fim des te evento, na porção setentrional da bacia ainda se depositaram os se dimentos do Grupo Bauru, em ambiente continental e predominantemente semi-árido, encerrando, até o momento, a acumulação de sedimentos em larga escala na Bacia do Paraná.

Nesse longo período em que predominou o abatimento da quela região, formou-se um extenso depósito que abrange hoje aproxima damente 1.750.000 km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 1.150.000 km<sup>2</sup> estão situa dos em território brasileiro. A forma geral desta bacia sedimentar tem direção NNE. Além de sua história geral, baseada principalmente nas regressões e transgressões do mar e ambientes deposicionais propostos por Northfleet et alii (1969), descrita acima de forma genérica e sim plista, diversas estruturas menores, transversais ou marginais, tem de ser superposta. Estas estruturas, embora participando ora mais ora menos solidariamente com os eventos gerais de soerguimento e subsiden cia, criavam também a sua história particular (Figura 1.1).

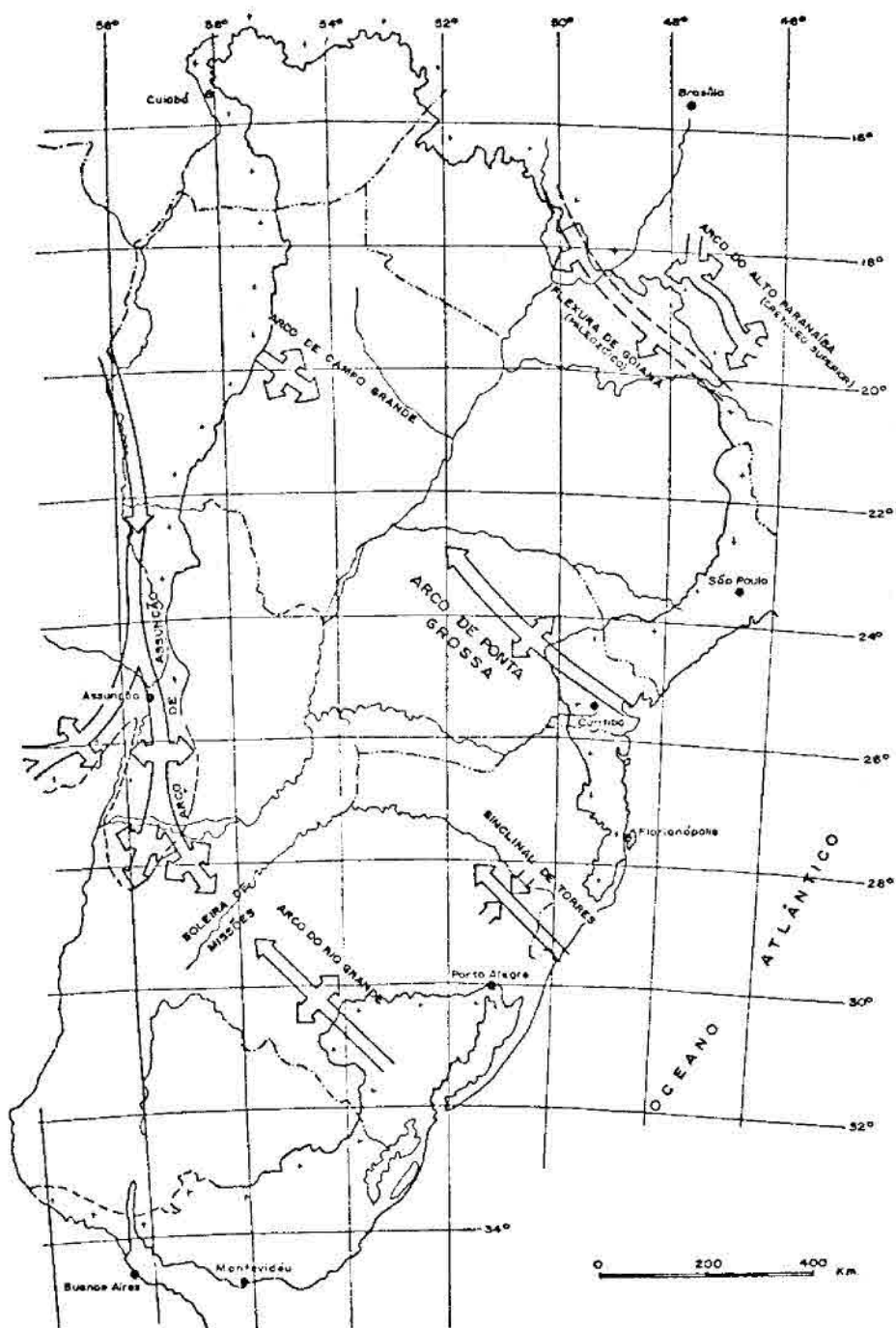


Fig. 1.1 - O Arco de Ponta Grossa e os principais elementos tectônicos da bacia do Paraná, modificado do relatório 1409T (IPT, 1980, p. 40).

Assim, uma sucessão de regiões mais ou menos intensamente abatidas formou-se, transversalmente à bacia, com direção aproximadamente N45W, discordante pois da direção do eixo maior daquela grande estrutura e também, ao menos parcialmente, do embasamento desta. Deste modo, tem-se o Arco do Rio Grande, que encontra, em sua continuidade para NW, uma das extremidades do Arco de Assunção. A seguir, em direção a NE, encontra-se o Sinclinal de Torres, uma área mais intensamente abatida, concordante em direção com o Arco do Rio Grande, do mesmo modo que com o Arco de Ponta Grossa, situado mais ao Norte, em cujo prolongamento para NW, encontra, aproximadamente, o Arco de Campo Grande. E o Arco de Ponta Grossa, por sua vez, em direção ao NE, dá lugar à Depressão de São Paulo, à qual se segue a Flexura de Goiânia (Paleozóico) e o Arco da Canastra, ou de Alto Paranaíba (Cretáceo Superior), que limitam a área atualmente recoberta pela bacia a NE.

Desta série de grandes estruturas orientadas a NW, o Arco de Ponta Grossa é certamente uma das mais expressivas, com uma movimentada história, presente quase continuamente do Devoniano até a estabilização da bacia, com a deposição do Grupo Bauru. Esta estrutura não mereceu, até os dias de hoje, um trabalho específico que objetivasse o seu conhecimento como um todo, sendo o de Vieira (1973) o que mais se aproximou de um estudo com tais características. Por outro lado, também a Bacia do Paraná está longe de ser exaustivamente conhecida em superfície e em subsuperfície, bem como seu embasamento, até mesmo aquele hoje exposto e atravessado pela feição. Recentemente intensos trabalhos começaram a ser feitos na bacia, mas os resultados, em sua maioria, ainda não são de domínio público. Em resumo, a quantidade de informações relacionadas àquele arqueamento é ainda pequena e um trabalho científico ideal que objetivasse compreender a evolução e definir a configuração do Arco de Ponta Grossa exigiria, inicialmente, a obtenção e montagem de um denso acervo de dados de superfície e subsuperfície acerca de uma área de dezenas de milhares de quilômetros quadrados, levando em conta aspectos estruturais, sedimentológicos e paleontológicos para, numa segunda fase, um elenco de especialistas tratarem tais dados e, finalmente, interpretá-los em seu conjunto.

O trabalho que ora se introduz não pretende, portanto, esclarecer definitivamente a configuração e a evolução do Arco de Ponta Grossa, mas avançar, dentro das condições existentes, no conhecimento desta feição. Esperava-se, ao fim da pesquisa, propor uma configuração esquemática do arqueamento e discutir, à luz dessa proposta, os eventos mais marcantes da história da feição, durante o tempo em que conviveu com a Bacia do Paraná. Acredita-se ter atingido este objetivo, utilizando apenas o sensoriamento remoto, as informações preexistentes que se pode consultar e, finalmente, o curto período de tempo possível para executar o trabalho de campo.

A área a que se prendeu a pesquisa é aquela coberta pelo mosaico de 5 imagens MSS-LANDSAT, que cobrem uma grande parte do Estado do Paraná e uma parcela razoável do sul do Estado de São Paulo (Figura 1.2), num total de mais de 110.000 km<sup>2</sup>. O tamanho da região abrangida pelo trabalho é compreensível pelas dimensões da feição estudada, cujos efeitos ainda se fazem sentir, embora de modo mais tênue, na região do Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo, a mais de 450 km da cidade de Paranaguá (PR), em cujas proximidades já ocorrem diques de diabásio associados ao arco.

A coluna estratigráfica que será utilizada no decorrer do trabalho (Figura 1.3) é aquela proposta no relatório 14091 (IPT, 1980), excluídas as formações dos Sistemas Terciário e Quaternário. Com relação à Formação Estrada Nova, expressamente citada no Capítulo 4 e ausente desta coluna estratigráfica, há controvérsia sobre sua existência, devendo ser considerada como a união das Formações Serra Alta e Terezina, consideradas então como membros. Já no que diz respeito aos intervalos bioestratigráficos, devido à impossibilidade de conciliar as propostas de Northfleet et alii (1969) e Daemon e Quadros (1970), deve-se recorrer, para consulta, às colunas cronoestratigráficas e bioestratigráficas adotadas por esses autores.

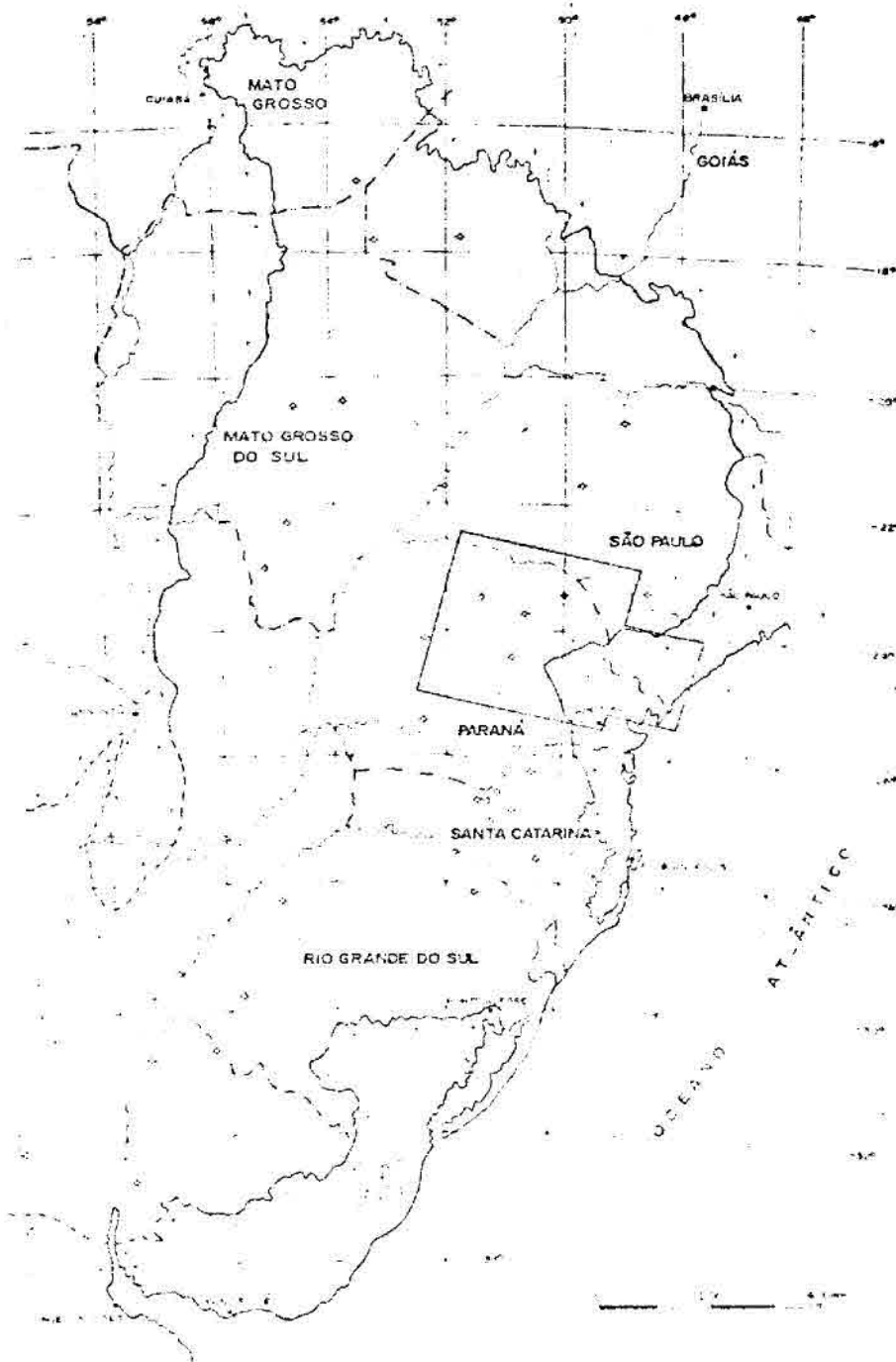


Fig. 1.2 - Localização da área.

SISTEMA	SÉRIE	GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO
Cretáceo	Superior	SALURU		
	Inferior		Serra Geral	
Jurássico	Superior	SÃO BENTO	Botucatu + Pirambóia + Rosário do Sul	Santo Maria
	Médio			
	Inferior			
Triássico	Superior			
	Médio			
	Inferior			
Permiano	Superior	PASSA DOIS	Rio do Rasto	Morro Pelado
			Teresina	Serrinha
			Serra Alta	
			Itati	
	Médio	TUBARÃO	Palermo	Assistência
			Rio Bonito	Taguaral
			Itararé	
			Aquidauana	
				Siderópolis
				Paraguçu
Superior			Triunfo	
Carbonífero	Superior			
	Inferior			
Devoniano	Superior	PARANÁ	Ponta Grossa	
	Médio			
	Inferior		Furnas	

Fig. 1.3 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná, modificação do relatório 14091 (IPT, 1980, p. 75).





## CAPÍTULO 2

### FONTES DE INFORMAÇÃO E METODOLOGIA

#### 2.1 - FONTES DE INFORMAÇÃO

As características da pesquisa executada evidenciaram, desde o início dos trabalhos, que as principais fontes de informação seriam a análise de produtos de sensoriamento remoto e da bibliografia existente, uma vez que um trabalho de campo, intensivo e extensivo a toda região afetada pelo Arco de Ponta Grossa, seria impraticável pelo tempo, verba e infra-estrutura necessários.

A consulta bibliográfica foi efetuada nas bibliotecas dos Institutos de: Pesquisas Espaciais, Geociências da Universidade de São Paulo e Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., bem como no acervo do Centro de Geocronologia da Universidade de São Paulo e em bibliotecas particulares.

##### 2.1.1 - SENSORIAMENTO REMOTO

Há uma relativa variedade de produtos de sensoriamento remoto disponíveis para a área escolhida para a pesquisa, composta de fotografias aéreas, imagens de radar de visada lateral e imagens LANDSAT. No que tange a fotografias aéreas, existem levantamentos localizados na escala 1:10.000 e levantamentos generalizados nas escalas de 1:25.000 (SACS) e 1:60.000 (USAF). As imagens de radar de visada lateral (RLV), obtidas pelo Projeto RADAMBRASIL, estão disponíveis na escala de 1:250.000. Finalmente, dispõe-se de imagens MSS-LANDSAT sem cobertura de nuvens expressiva para toda área, não acontecendo o mesmo com as imagens RBV-LANDSAT.

A não-utilização de fotografias aéreas deveu-se a uma série de motivos: dado o tamanho da feição e o enorme volume de fotos a serem analisados (cerca de 550 para a escala de 1:60.000 e de 3300 para a escala de 1:25.000), demandando um tempo inviável em sua análise. Além disso, ao alto grau de detalhe a ser obtido seria contraposta a distorção que se acumularia no decorrer do trabalho e na montagem do mosaico final, o que caracteriza a não-indicabilidade da utilização de fotografias aéreas.

Excluída a utilização de fotografias aéreas, restavam as imagens MSS-LANDSAT e as RLV, produtos que se enquadravam na linha geral da pesquisa. Uma análise preliminar destes produtos mostrou resultados semelhantes, com alta repetitividade de informações para a parcela da área usada como teste. Este fato forçou uma escolha entre as duas modalidades de imagens, para a qual se levou em conta um elenco de fatores que serão abordados a seguir.

As imagens RLV, apesar de fornecerem maior riqueza de detalhes para os diques com grande expressão topográfica, apresentam um sombreamento diferencial inerente ao sistema, como se pode observar no esquema da Figura 2.1.

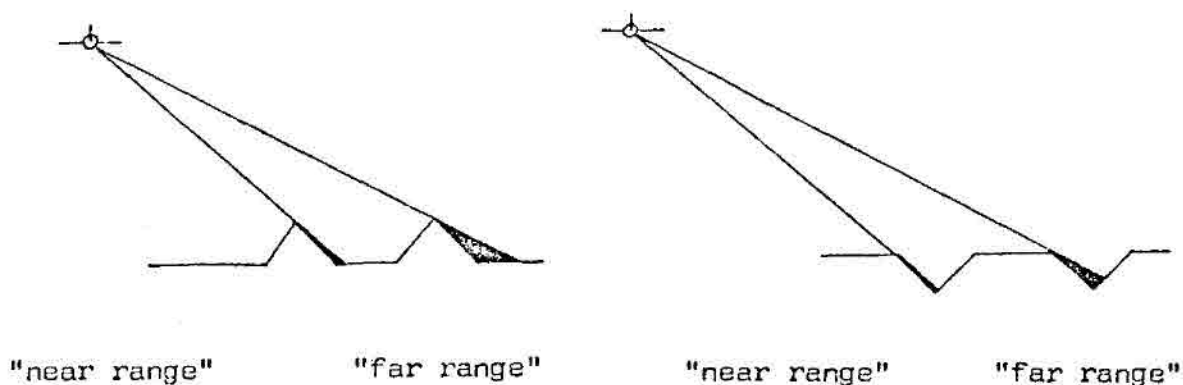


Fig. 2.1 - Sombreamento diferencial no "near range" e "far range" a partir de feições topograficamente idênticas.

O efeito do sombreamento diferencial foi julgado um ponto negativo para a escolha destas imagens, uma vez que diques com menor expressão topográfica poderiam passar despercebidos se situados no "near range". Este problema mostrou-se particularmente grave para as regiões em que aquelas intrusivas mostravam-se como baixos topográficos. Outro aspecto aventado, não-observado na área-teste, mas possível de acontecer, é o mascaramento de feições do relevo nos contatos frequentemente irregulares entre os vários "strips" dos mosaicos.

As imagens MSS-LANDSAT, por sua vez, não possuem heterogeneidade sensível de sombreamento, já que sua fonte de iluminação é o próprio Sol. Assim, a utilização de passagens com ângulos de elevação solar relativamente baixos permite salientar as feições topográficas associadas aos diques, devendo fornecer sua distribuição regional de modo mais próximo do real. Por outro lado, a melhor vocação destas imagens, se comparadas com as de RLV, para a diferenciação litológica, foi levada em conta, uma vez que poderia auxiliar a identificação de diques com pequena ou mesmo nenhuma expressão no relevo. Finalmente, a variedade de metodologias aplicáveis à análise das imagens MSS-LANDSAT, que incluem técnicas de análise visual e automática, terminaram por compor um quadro favorável à sua escolha. Esta escolha foi definitivamente feita quando se avaliou a possibilidade da análise de imagens RLV gerar áreas com maior densidade relativa de diques, unicamente por estarem associadas ao "far range" dos vários "strips", o que geraria, conseqüentemente, distorções na distribuição regional daquelas intrusivas, comprometendo irremediavelmente a sua interpretação.

Uma vez feita a escolha de imagens MSS-LANDSAT, passou-se à análise, dentro das técnicas que se mostraram mais adequadas, das cenas correspondentes às órbitas 206 (pontos 28 e 29), 192 (pontos 28 e 29) e 178 (ponto 29), que cobriam satisfatoriamente a área de interesse.

### 2.1.2 - TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo foram programados após a análise das imagens MSS-LANDSAT utilizadas para compor o Mapa de Diques presente no Apêndice A. Definiu-se, preliminarmente, a zona de maior densidade de diques, bem como sua mediana, no trecho em que atravessa os sedimentos paleozóicos e mesozóicos pré-derrame. Nesta região, dentro da disponibilidade da verba cedida pela FINEP/INPE, foram programados e executados cerca de 640 km de perfis, em estradas de terra e asfalto, com o objetivo principal de obter medidas de atitude de acamamento dos sedimentos paleozóicos e mesozóicos nas proximidades do que se supunha ser a zona de ápice do arqueamento. Também foram programadas visitas a diques mesozóicos de composição intermediária, frutos de uma diferenciação controversa, nas proximidades da cidade de Castro. O roteiro está representado na Figura 2.2.

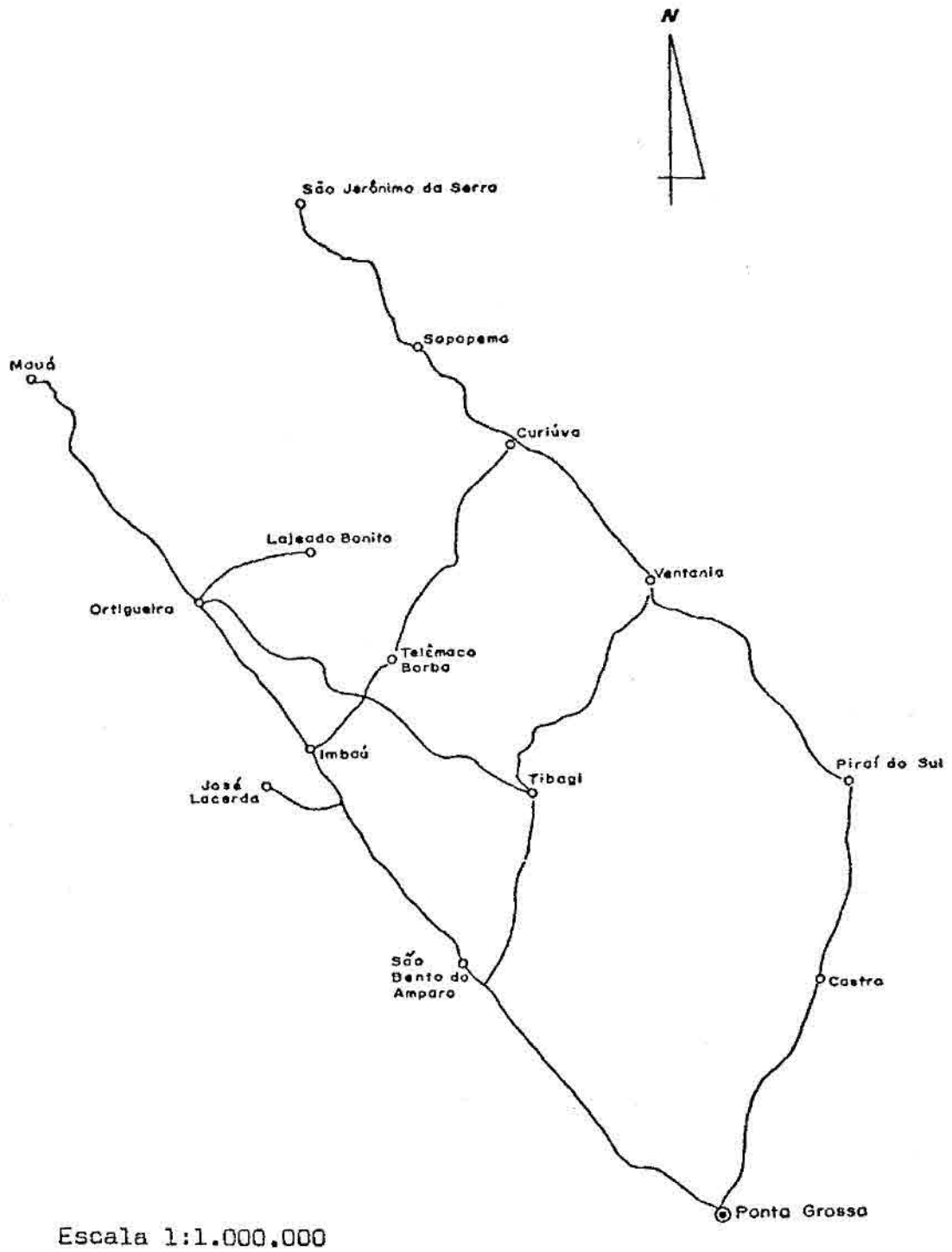


Fig. 2.2 - Roteiro percorrido no trabalho de campo.

## 2.2 - METODOLOGIA

### 2.2.1 - ANÁLISE DAS IMAGENS MSS-LANDSAT

As imagens MSS-LANDSAT admitem uma variada gama de metodologias em sua análise. De início, dois caminhos básicos surgem para o pesquisador: a análise visual de produtos fotográficos processados pelo INPE de Cachoeira Paulista e a análise de produtos, fotográficos ou não, obtidos através do tratamento supervisionado das imagens pelo Analisador Multiespectral IMAGE-100. Dado o caráter do corpo central da pesquisa e a relativa facilidade de identificação das feições a serem analisadas em conjunto, optou-se pela análise visual, onde é menor a possibilidade de introduzir distorções na geometria das imagens.

#### Análise Visual

A análise visual foi conduzida sobre cópias em papel nas escalas de 1:500.000 e 1:1.000.000. A escala de 1:500.000 foi a mais utilizada, sendo analisada nos canais 5, 6 e 7, em passagens com ângulos de inclinação solar de preferência baixos. O canal 5 foi utilizado na identificação de feições culturais (cidades e estradas), para o que foi utilizado um "overlay" específico. Este canal serviu ainda como instrumento auxiliar na identificação de diques básicos, principalmente daqueles com pequena expressão topográfica e situados em áreas com menor ocupação humana. Os canais 6 e 7 foram os que forneceram praticamente toda a informação referente aos diques. Nesta análise contou-se com o auxílio constante de lupas.

As imagens na escala 1:1.000.000, reservou-se uma função auxiliar para a identificação de diques, utilizando a técnica da estereoscopia solar ainda pouco difundida. Este efeito de estereoscopia é causado por diferenças de paralaxe entre imagens obtidas em períodos diferentes do ano, e, portanto, com diferentes azimutes e ângulos de inclinação solar. Montado o "par estereoscópico", utilizou-se um estereoscópio de espelho para a análise, segundo o esquema mostrado na Figura 2.3.

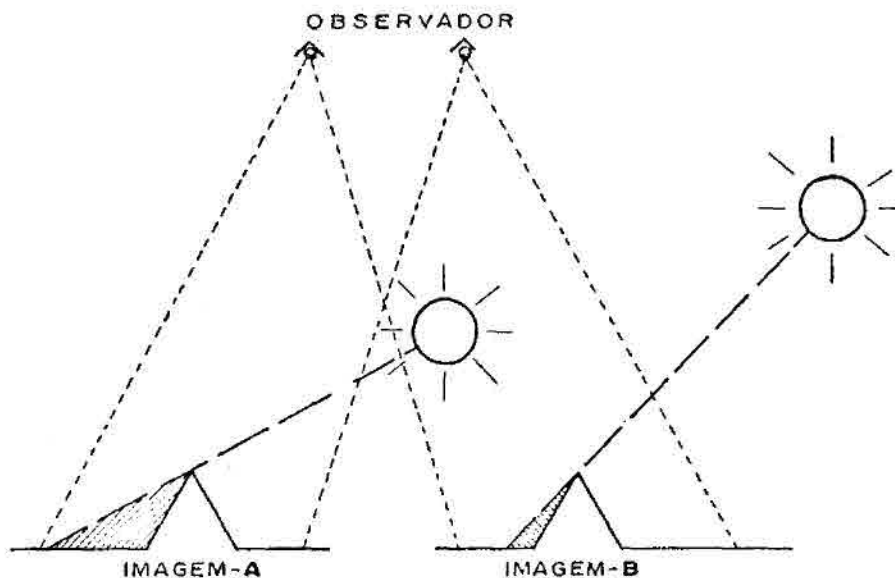


Fig. 2.3 - Esquema explicativo da utilização da este reoscopia solar.

A experiência vem demonstrando que diferenças de 5 graus no ângulo de elevação solar já são suficientes para gerar uma paralaxe observável. Para a região do Arco de Ponta Grossa, a nebulosidade é um problema constante em quase todo o ano, exceto em alguns dias de inverno, quando o frio e seco ar pós-frontal não permite a formação de nuvens. Por isto, as diferenças de ângulo de elevação solar que se pôde obter nem sempre foram significativas. Os pares de imagens utilizadas foram os constantes na Tabela 2.1.

Apesar de pequenas distorções que afetam comparações a grande distância, as alturas relativas locais foram perfeitamente discerníveis, e o método mostrou-se de grande valia para esta pesquisa, especialmente nos casos em que os diques possuíam pequena expressão no relevo.

TABELA 2.1

PARES DE IMAGENS UTILIZADAS NA OBTENÇÃO  
DE ESTEREOSCOPIA SOLAR

<u>ÓRBITA E PONTO</u>	<u>DATA</u>	<u>ÂNGULO</u>
178 / 28	30.07.75	30
178 / 28	01.07.75	24
178 / 29	31.07.73	32
178 / 29	15.06.76	21
192 / 28	12.09.77	37
192 / 28	16.07.76	32
192 / 29	12.09.77	36
192 / 29	31.07.75	30
206 / 28	01.08.75	31
206 / 28	17.06.75	26
206 / 29	01.08.75	30
206 / 29	22.06.74	27

O resultado final desta fase de análise de imagens MSS -LANDSAT foi um Mapa de Diques na escala de 1:500.000, presente no Apêndice A em redução 1:1.000.000. Para a montagem do mosaico de "overlays", do qual foi extraído o mapa, não houve problemas de maior monta, ocorrendo tão somente pequenos deslocamentos entre as grades das coordenadas.

Análise Automática

Com o propósito primário de medir a somatória das espessuras dos diques associados ao Arco de Ponta Grossa, foi feita uma tentativa de análise de fitas CCT no Analisador Multiespectral IMAGE-100. O objetivo para obter tal somatória, segundo um perfil perpendicular à direção do arqueamento, era propor um valor mínimo para o soerguimento



Juro-Cretáceo daquela feição, já que a espessura total dos diques cor responderia, grosso modo, ao acréscimo de crosta ocorrido.

Escolheu-se uma área-teste nas proximidades da cidade de Telêmaco Borba (PR), onde a densidade de diques observáveis em imagens MSS-LANDSAT é muito alta e sua composição, até onde se saiba, bastante homogênea. Experimentou-se classificar aquelas intrusivas, mas a utilização dos programas "Single Cell", "Multi Cell" e "Max Ver" mostrou-se inútil, na ocasião, provavelmente porque as características espectrais da reflectância da superfície daquelas intrusivas estão frequentemente mascaradas pela ocupação humana.

Avaliou-se ainda a possibilidade de identificar visualmente as espessuras dos diques em imagens realçadas e ampliadas pelo Analisador Multiespectral IMAGE-100, com os mesmos objetivos já descritos acima. A observação de grandes depósitos de talus nas bordas dos diques de maior possança, impedindo a avaliação das espessuras reais, levou à conclusão de que o valor que seria obtido, ao final de trabalhos custosos e demorados, seria pouco representativo. Decidiu-se, então, abandonar a proposta.

### 2.2.2 - TRATAMENTO DOS RESULTADOS DA FOTOANÁLISE

Os resultados da fotoanálise foram integrados num mapa na escala de 1:500.000 e posteriormente reduzido para 1:1.000.000 (Mapa de Diques - Apêndice A). Para a análise deste mapa, utilizaram-se dois diferentes métodos de tratamento, descritos a seguir.

#### ● Redução Fotográfica

O Mapa de Diques, em sua versão original na escala de 1:500.000, foi fotografado por uma câmara Asahi Pentax 70 mm, que produz uma distorção bastante inferior à de máquinas fotográficas de 35 mm e permite verificar, pelo visor, o tamanho com que o objeto fotografado

ficará no negativo. Com esta possibilidade, reduziu-se o mapa para a escala de 1:10.000.000, obtendo-se cópias por contato, sem introduzir novas distorções.

O objetivo de fazer uma vigorosa redução da escala é adensar a informação contida no mapa original, o que facilita sobremaneira determinadas interpretações, entre as quais a que se pretendia fazer: determinar os limites sul e norte da zona de maior densidade de diques que ocorrem na faixa central do Arco de Ponta Grossa e, a partir destes limites, propor o ápice do arqueamento. A escolha da escala 1:10.000.000 deu-se porque os mapas de isópacas existentes da Bacia do Paraná são apresentados, via de regra, nesta escala, o que permitiu a transposição imediata da interpretação para aqueles mapas, com vistas ã discussão da evolução daquele arqueamento, bem como da própria interpretação feita.

#### Tratamento Estatístico por Computação

Para tornar possível o tratamento estatístico por computação dos dados existentes no mapa de Diques (Apêndice A), fez-se necessário digitalizar manualmente as informações, uma vez que não se pôde utilizar uma mesa digitalizadora. Assim, estabeleceu-se um sistema de coordenadas paralelo ãs coordenadas geográficas e passou-se a quantificar cada dique ou, em casos de mudanças na direção de uma mesma intrusiya, cada segmento de reta do dique, através da anotação das coordenadas de suas extremidades. O resultado desta fase foi a caracterização de 2043 segmentos.

Para o tratamento estatístico, utilizou-se um programa desenvolvido pelo Prof. Dr. Gilberto Amaral, orientador deste trabalho, com o objetivo de melhor definir o padrão fornecido pelo conjunto de diques, no tocante ãs heterogeneidades de direção que ocorrem tanto longitudinal como transversalmente ao arqueamento. Dentre as diversas abordagens estatísticas possíveis, escolheram-se, para efeitos de desenvol

vimento e apresentação: histograma circular para a porcentagem do comprimento, em classes de 5 graus e azimutes médios ponderados pelo comprimento em células discretas (10 x 10 km). A razão de dar um importante peso para o comprimento das intrusivas vem da maior representatividade, na pesquisa de direções médias de fraturamento, das fraturas mais extensas sobre as menos extensas.

### 2.2.3 - TRABALHO DE CAMPO

Antes da campanha, definiu-se o roteiro a ser percorrido (Figura 2.2), tendo-se em vista, dentro da malha viária disponível, a execução de perfis longitudinais em ambos os flancos do Arco de Ponta Grossa, bem como alguns perfis transversais. Os perfis longitudinais objetivavam coletar dados que permitissem avaliar a variação, naquele sentido, dos rumos de mergulho de ambos os flancos, bem como comprovar, grosso modo, a zona de ápice proposta. Os transversais, tinham por objetivo melhor situar a linha do ápice e verificar se a ausência relativa de diques fotointerpretados sobre a Formação Ponta Grossa representava a realidade.

Dado o caráter amplamente regional da pesquisa e levando-se em conta, ainda, que a região apresenta-se relativamente tectonizada, resolveu-se analisar criticamente os afloramentos antes de tomar medidas de atitude das camadas, o fazendo apenas naqueles em que não se observavam perturbações locais. Mesmo com a utilização desta metodologia, foram tomadas muitas medidas que se mostraram claramente discordantes das tendências dominantes e que terminaram por gerar um dispersão razoável nos rumos de mergulho obtidos. Esta seleção de afloramentos, somada à sua já baixa densidade e, principalmente, à curta campanha possível de executar dentro da verba cedida, impediu a obtenção de medidas tão numerosas quanto seria desejado mas, mesmo assim, suficientes para evidenciar as principais tendências dos rumos de mergulho, o que já se sabia de antemão ser o máximo plausível de atingir.

Para representar as medidas de atitudes das camadas que se obtiveram em campo, resolveu-se desenhar rosáceas de rumos de mergulho. Deste modo, apresentar-se-ão rosáceas com a totalidade das medidas obtidas nos flancos sul e norte do Arco de Ponta Grossa, bem como uma terceira rosácea com as medidas tomadas nos trechos Ortigueira-Mauá (flanco sul) e Curiúva-São Jerônimo da Serra (flanco norte), por se situarem na porção em que o eixo do arqueamento mergulha com mais intensidade para o interior da Bacia do Paraná.

Na região de Castro, visitaram-se diversos diques de composição intermediária, encaixados em rochas metassedimentares dos Grupos Castro e Açungui e no granito Cunhaporanga, onde é notável a frequência de diques com aquela composição, quando comparada aos relativamente raros diques de diabásio.

## CAPÍTULO 3

### PROPOSTA DE CONFIGURAÇÃO DO ARCO DE PONTA GROSSA

A proposta de configuração do Arco de Ponta Grossa, que se fará aqui, possui um caráter preliminar e esquemático, uma vez que o volume de informações disponíveis, sejam as preexistentes, sejam aquelas ora apresentadas, não possuem o volume, a homogeneidade ao longo da feição e a diversidade necessários para uma definição plena. Deste modo, utilizou-se para a porção em que aflora o Pré-Cambriano unicamente o mapa de diques fotointerpretados, e para a bacia, além desse mesmo mapa, os dados das formações paleozóicas e da Formação Botucatu "sensu lato" obtidos em campo, bem como os de diversos mapas de isópacas que ajudaram a verificar a viabilidade da proposta, conforme está exposto no Capítulo 4.

Procurar-se-á, ao longo das subseções deste capítulo, de definir a zona de maior densidade de diques, a localização aproximada do ápice da feição, seus possíveis limites laterais e, finalmente, expor indícios de sua continuidade na África, extraídos de bibliografias.

#### 3.1 - ZONA DE MAIOR DENSIDADE DE DIQUES

Para chegar à proposta geral em questão, primeiramente definiu-se a zona de maior densidade de diques, faixa parcialmente coincidente com a área 2 proposta por Vieira (1973), cujos limites sul e norte podem ser visualizados no Mapa de Diques (Apêndice A), mas que são particularmente visíveis na redução fotográfica daquele mapa para a escala 1:10.000.000 (Figura 3.1). Nesta figura pode-se observar o limite sul caracterizando-se como um lineamento e o norte, ainda que não tão nítido, evidenciando sua suave flexão.

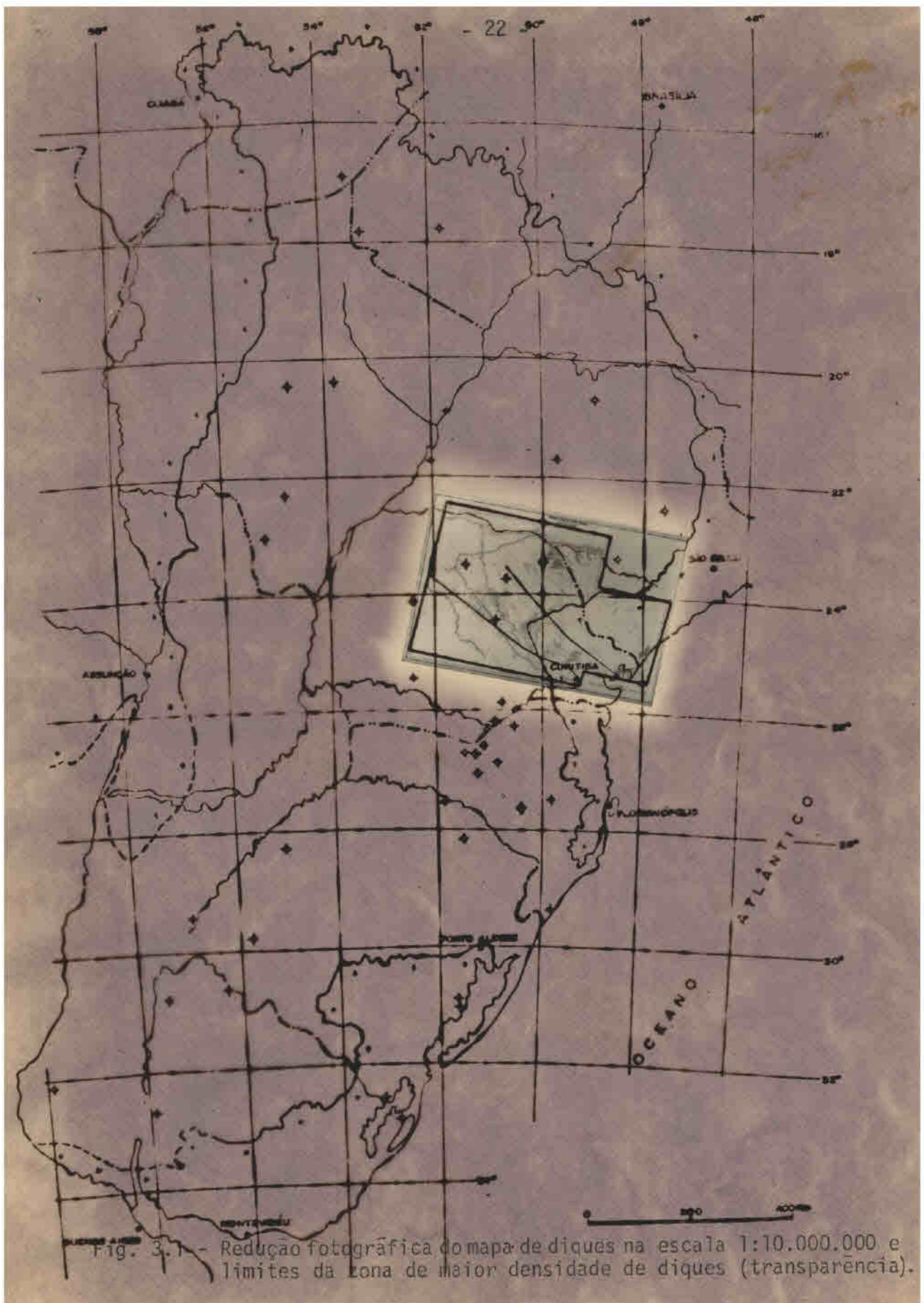


Fig. 3.1 - Redução fotográfica do mapa de diques na escala 1:10.000.000 e limites da zona de maior densidade de diques (transparência).



O limite sul apresenta-se abrupto e retilíneo desde o início oeste da área pesquisada até as proximidades da localidade de Vila Velha (PR), onde perde sua linearidade. Há uma superposição parcial desta estrutura com a Falha do Rio Alonzo, definida por Vieira (1973) como o limite sul de sua Área 2, do mesmo modo que o falhamento São Jerônimo-Curiúva, que limita ao norte aquela área de estruturação característica - tal como definida por aquele autor - coincide, grosso modo, com parte do limite norte da zona de maior densidade de diques que ora se propõe. Assim, este limite setentrional inicia-se na linha de costa, nas proximidades da cidade de Paranaguá, e persiste retilíneo até a região de Tunas (PR), com uma direção de ordem de N55W, quando passa a se infletir suavemente para NNW, configurando uma tendência contínua até o contato com os basaltos da Fm. Serra Geral, nas proximidades de São Jerônimo da Serra (PR), a partir de onde não se pode mais identificar diques de vulto.

Os diques básicos, bem como falhamentos e fraturas apresentam-se entre os limites acima definidos numa situação de esplêndido paralelismo entre si, mas apenas setorialmente. O mapa de Azimutes Médios Ponderados (Apêndice B) mostra que há uma variação de direção dos diques básicos, tanto no sentido transversal como longitudinal da zona de maior densidade daquelas intrusivas, o que também pode ser observado no próprio Mapa de Diques (Apêndice A). A variação transversal é mais notável no interior da bacia e em suas proximidades, com o azimute da direção das intrusivas aumentando frequentemente de sul para norte. Já a variação longitudinal não é tão simples, mas pode-se definir dois compartimentos com diferentes comportamentos: o primeiro situa-se no embasamento, desde a linha de costa até o granito Cunhaporanga (proximidades da cidade de Castro), quando se interrompe, e o segundo inicia-se ainda no Grupo Castro, mas caracteriza-se melhor nos sedimentos da Bacia do Paranã, onde também a tendência de abertura em leque de do enxame evidencia-se mais fortemente. A impressão de quebra na direção dos diques presentes em cada um destes compartimentos é reforçada, certamente, pela ausência de diques fotointerpretados no granito de Cunhaporanga, a qual ocorre por dificuldades na interpretação (ausência de

resistência diferencial ao intemperismo associada aos relativamente ex ten sos depósitos de aluvião), já que durante os trabalhos de campo fo ra m observadas diversas daquelas intrusivas. Por outro lado, a respon sá ve l por esta impressão de descontinuidade na direção, talvez não se ja apenas a impossibilidade de observar, no conjunto, uma mudança gra dual de direção dos diques. Neste caso, as causas são ignoradas, embo ra algumas tenham sido aventadas: uma reativação pós-magnetismo bási co de estruturas NE, que tenham originado uma rotação de um bloco em rela ção ao outro, ou ainda um mecanismo de refração das fraturas na des continuidade rocha sedimentar/embasamento. Para a primeira hipótese, esperar-se-ia uma grande expressão morfológica da estrutura respon sá ve l, o que não foi observado, uma vez que o grande falhamento NE da re gi ão, aquele de Jaguariaíva, parece não perturbar os diques mesozóicos. Já os falhamentos associados aos contatos do Grupo Castro com o Açun gui não possuem as dimensões exigidas por fenômenos de tal natureza. Para a segunda hipótese, a existência de uma linearidade do limite sul da zona de maior densidade de diques, bem como a manutenção longitudi nal da direção dos diques em suas proximidades levantam um forte argu mento contrário, o qual é reforçado pela atitude vertical a subverti cal daquelas intrusivas em plena bacia. Deixa-se, pois, em aberto as causas dessa possível mudança brusca na direção dos diques, a qual en contra evidências contrárias na região entre as cidades paranaenses de Cerro Azul, Varzeão e Piraí do Sul, situada ao NE do granito de Cunha poranga e onde os diques parecem mostrar uma inflexão contínua.

A abertura em leque do grande enxame de diques não se faz de forma homogênea: os diques ao sul do ápice do arqueamento man têm, nas formações pós-Devonianas, uma direção relativamente constante, o que não ocorre ao norte do ápice, onde os diques vão se in fl et in do pa ra NNW tão mais vigorosamente quanto mais próximos estão do limite da zona de sua maior densidade. As causas para estes fatos possivelmente estão associadas à forma de soerguimento do Arco de Ponta Grossa no Ju ro-Cretáceo, bem como às direções de fraqueza geradas pelos movimentos oscilatórios que sofreu a feição em sua história anterior, direções de fraqueza que certamente foram, em maior ou menor grau, aproveitadas quando houve a formação das geóclasses que vieram a ser preenchidas por



magma predominantemente básicos. Uma outra possível causa, talvez mais concreta, é uma progressiva diminuição do mergulho (para SW) das intrusivas ao norte do ápice do arqueamento em direção ao limite setentrional da zona de maior densidade, o que é previsto por Sanford (1959) na Figura 3.3. Esta diminuição do mergulho, aliada à topografia e estratigrafia que sobem para o interior da bacia, forneceria uma direção aparente progressivamente mais próxima ao norte, o que explicaria a variação transversal de direção acima referida e também, parcialmente, da forma em leque apresentada hoje pelo grande enxame de diques associado à região central do Arco de Ponta Grossa.

Foi feito ainda um histograma circular, de cinco em cinco graus, com os dados de direção da totalidade dos diques (Apêndice A), ponderados pelo comprimento daquelas intrusivas. A Tabela 3.1 contém os valores obtidos pelo computador, e sua representação gráfica está no histograma circular da Figura 3.2. A tabela mostra a existência de pequenos valores para o quadrante NE, não-representáveis no histograma circular, o qual mostra uma distribuição quase gaussiana, com a moda principal entre N40W e N45W, e a secundária entre N55W e N60W. O fato de existir um intervalo considerável para as maiores frequências de direção, analisado conjuntamente com o Mapa de diques (Apêndice A) e o Mapa de Azimutes Médios Ponderados (Apêndice B), foi interpretado como um reforço para a observação de uma inflexão nas direções médias dos diques ao longo do eixo do arqueamento. Assim, a moda principal deve possuir maior contribuição dos diques no interior da bacia, enquanto a moda secundária associar-se-ia mais diretamente àquelas presentes no embasamento cristalino. A moda de terceira ordem, N50W e N55W, associar-se-ia à transição entre aquelas duas direções preferenciais.

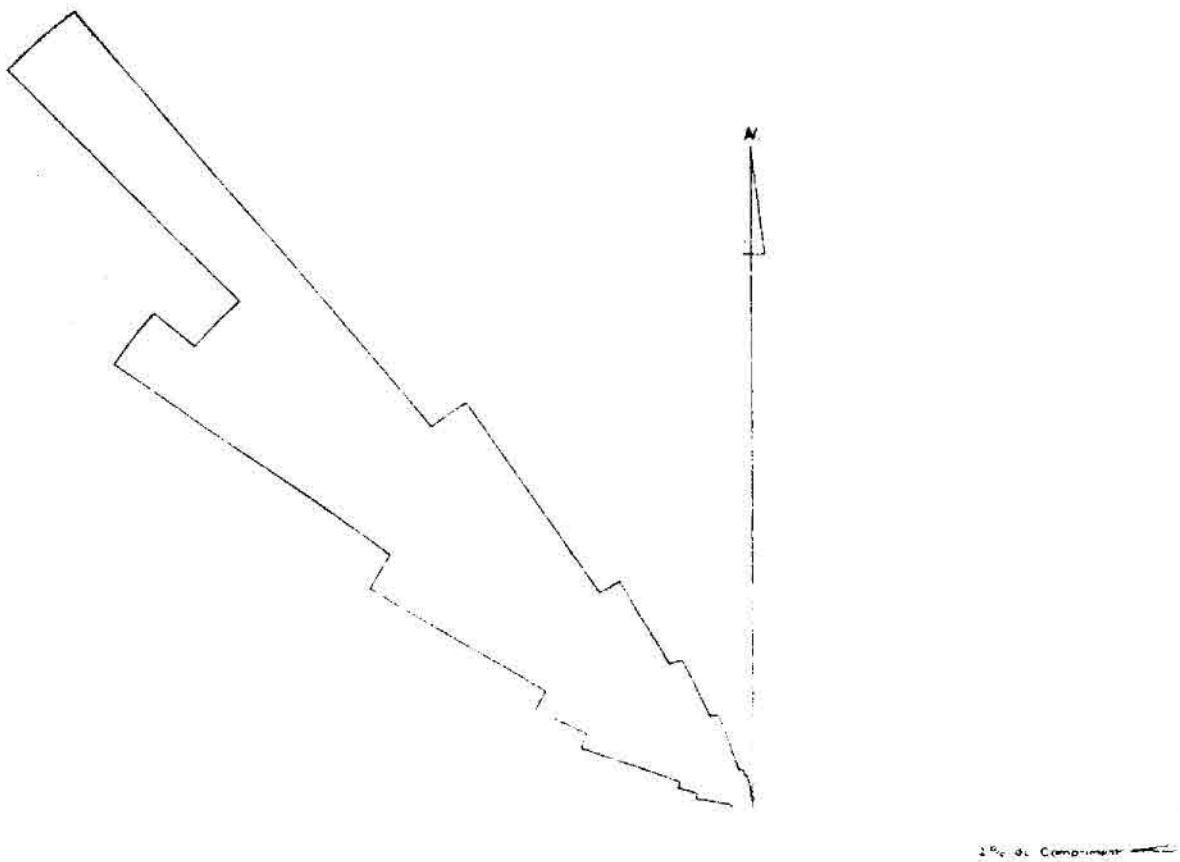


Fig. 3.2 - Histograma circular para a porcentagem do comprimento.

TABELA 3.1

PORCENTAGEM DO COMPRIMENTO DOS DIQUES POR CLASSES DE 5°

LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PORCENTAGEM DE COMPRIMENTO
0	5	0,07
5	10	0,04
10	15	0,00
15	20	0,00
20	25	0,00
25	30	0,00
30	35	0,00
35	40	0,00
40	45	0,00
45	50	0,07
50	55	0,00
55	60	0,05
60	65	0,00
65	70	0,00
70	75	0,02
75	80	0,05
80	85	0,00
85	90	0,00
90	95	0,30
95	100	0,38
100	105	1,24
105	110	1,59
110	115	3,76
115	120	4,98
120	125	9,31
125	130	16,55
130	135	15,36
135	140	22,25
140	145	10,62
145	150	5,62
150	155	3,46
155	160	2,08
160	165	0,81
165	170	0,66
170	175	0,24
175	180	0,50

### 3.2 - ÁPICE DO ARQUEAMENTO

A região que se definiu como "zona de maior densidade de diques" foi a que sofreu com mais rigor os efeitos do arqueamento, por si situar nas proximidades do seu ápice e, portanto, de seu máximo arqueamento. Vieira (1973) já definia a Área 2 como contendo a parte central do Arco de Ponta Grossa, com o que, intuitivamente, deve-se concordar. A existência de bibliografias referentes a modelos comparáveis ao arqueamento em questão permitiu criar suporte técnico a esta última afirmação, bem como a proposta de ápice de flexura que se fará a seguir. Assim, a análise do trabalho de Sanford (1959), que realizou estudos analíticos e experimentais de estruturas geológicas simples, permitiu avançar na compreensão da estrutura da região afetada pelo Arco de Ponta Grossa. A Figura 3.3 representa as trajetórias de esforços tensionais e de compressão, obtidos analiticamente a partir de um modelo de soerguimento/subsidência expresso na parte inferior da figura, em que o ponto F coincide com o ápice do soerguimento, e o ponto L/2 com a inflexão entre a área soerguida e a abatida.

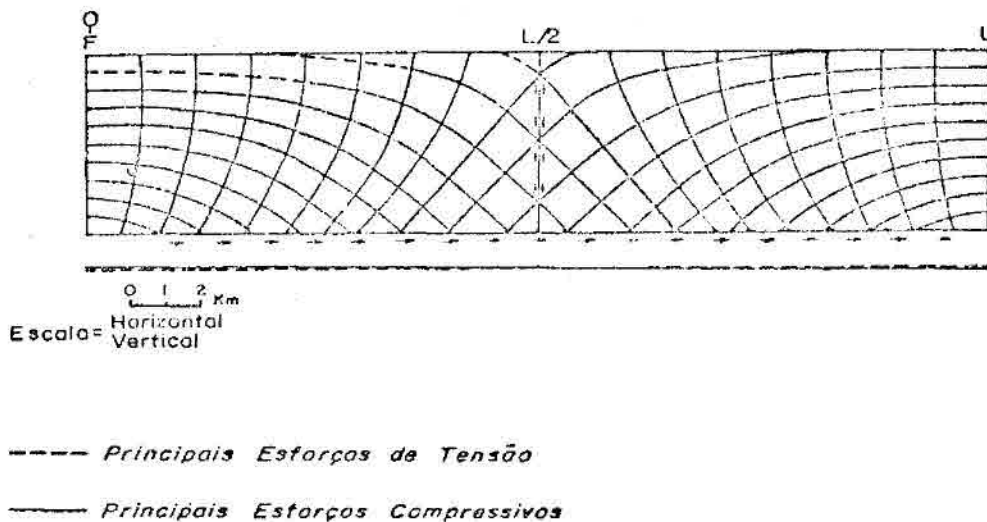


Fig. 3.3 - Trajetória de esforços a partir de um soerguimento sinusoidal no embasamento, baseado em Sanford (1959), pág. 30 trad. Almeida, S.

A observação da Figura 3.3 mostra que a área de máximo é mais profundo esforço tensional está centrada sobre o ápice da flexura, o que faz daquela região a primeira a se fraturar. Jaeger (1959) já afirmava que o tipo de fratura, sob as condições do ponto F da figura, é vertical, o que também se pode inferir a partir da horizontalidade dos esforços tensionais e da verticalidade daqueles compressivos nas proximidades da crista da dobra. Por outro lado, em meio ao flanco, entre F e L/2, não só as trajetórias dos esforços tensionais não se apresentam mais horizontais e tão profundas, como as trajetórias dos esforços compressivos também não mais mantêm sua verticalidade: as fraturas que aí se formarão serão menos numerosas (menor intensidade dos esforços tensionais) e menos profundas, e ainda tenderão a perder a sua verticalidade e a apresentar a tendência de transformar-se em falhas normais, com mergulho para o eixo da flexura. Ainda Sanford (1959), realizando ensaios experimentais como o mesmo modelo, observou a seguinte sequência de formação de fraturas com o aumento progressivo do deslocamento vertical:

- 1) Fraturas de tensão verticais na crista da dobra.
- 2) Falhas normais nas proximidades da zona da crista e na própria.
- 3) Falhas normais adicionais, interceptando a superfície em distâncias progressivamente maiores da crista da dobra.

A Figura 3.4 representa a distribuição da energia de de formação "distorcional" para um modelo de soerguimento idêntico ao da Figura 3.3, também obtido analiticamente.

Pode-se observar na Figura 3.4 a existência de dois núcleos de maior energia: um no ápice da antiforma e outro no da sinforma (pontos F e L, respectivamente). Tanto Sanford (1959) como Price (1966) afirmam que nas proximidades do ponto F ocorre fraturamento, por só aí haver esforços de tensão, aos quais as rochas possuem menor resistência ao fraturamento do que quando submetidas a esforços de compressão, tendo citado aqueles autores o critério de fraturamento de Mohr para explicar este fato.

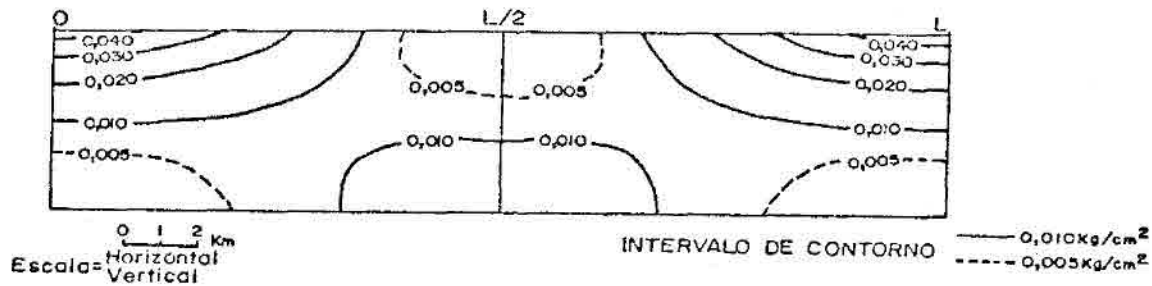


Fig. 3.4 - Distribuição da energia de deformação distorcional, baseada em Sanford (1959), pág. 31, trad. Almeida, S.

Sanford (1959) demonstra analiticamente que a variável que realmente possui significado na execução da Figura 3.3 é a relação  $H/L$ , ou seja, espessura do pacote sedimentar sobre a largura total da área soerguida, não tendo as demais variáveis influências notáveis, o modelo utilizado para as Figuras 3.3 e 3.4 possui uma relação  $H/L=1/5$ . Na análise aqui feita, pensa-se em termos do Arco de Ponta Grossa como um todo, sendo a largura do soerguimento a distância entre os Alinhamentos de Guapiara e de Ivaí (aproximadamente 200 km) e a espessura do pacote, aquela da crosta na região (provavelmente entre 30 e 50 km). Trata-se, portanto, de uma adaptação do modelo em termos de litologia, mantendo-se no entanto, aproximadamente a relação  $H/L$ .

Em resumo, o fraturamento sobre o ápice do arqueamento será mais intenso que nos flancos, paralelo entre si e vertical. Já nas porções dos flancos mais afastadas de seu ápice, haverá mergulhos progressivamente menores, além de uma diminuição da densidade do fraturamento. Estas informações reforçam a proposta para o ápice do Arco de Ponta Grossa, já que, definida a zona de maior densidade de diques, poder-se-ia considerar esta faixa como contendo a linha de crista de flexura. Obtidos os limites desta faixa a partir da redução fotográfica 1:10.000.000 do Mapa de Diques (Figura 3.1), traçou-se a mediana entre as duas curvas. É esta mediana que se propõe ser o ápice do arqueamento, levando-se em conta as incorreções inerentes à escala do trabalho (Figura 3.5).

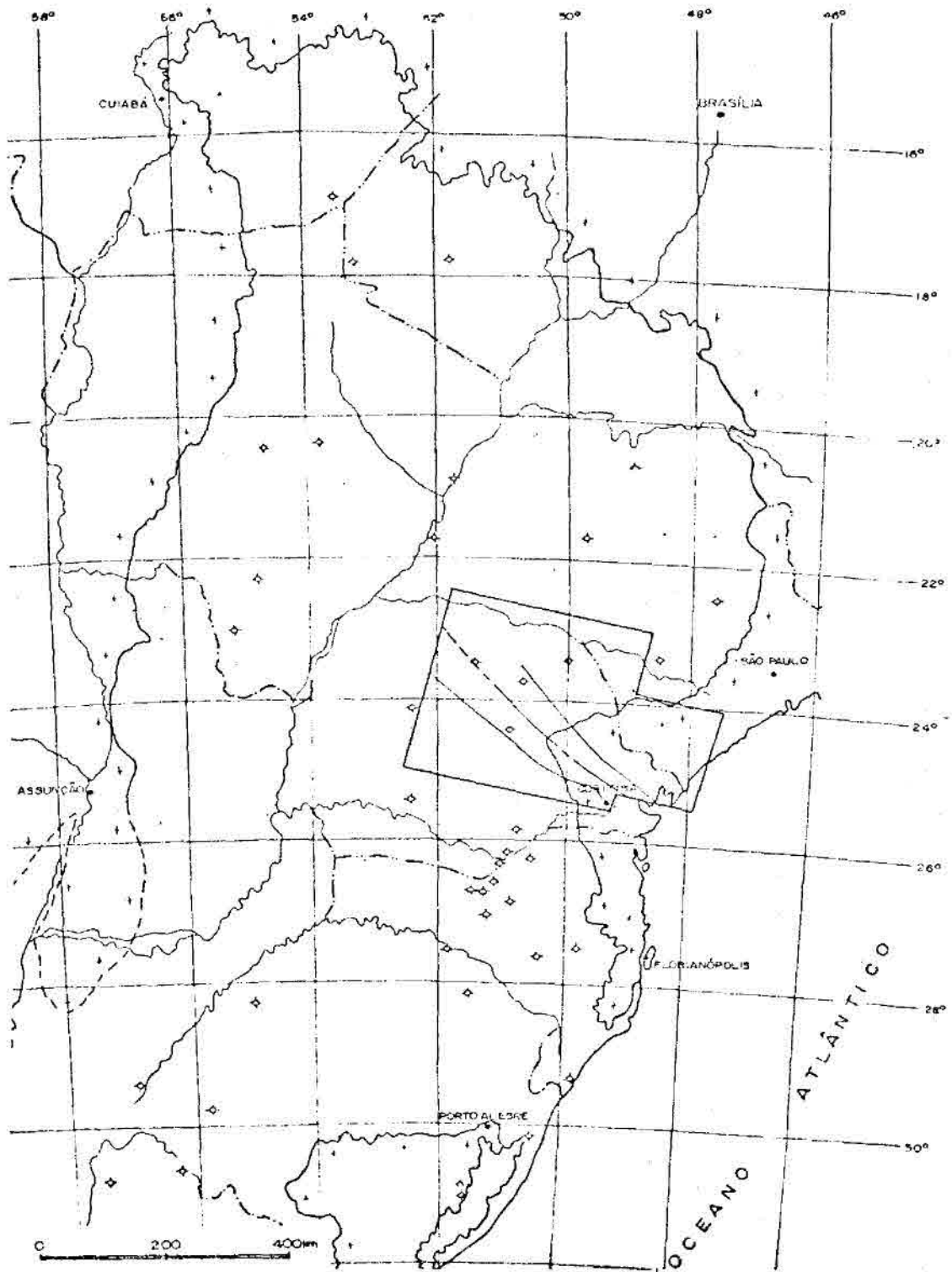


Fig. 3.5 - Limites da zona de maior densidade de diques e o ápice do Arco de Ponta Grossa.

Julgou-se de ampla importância a obtenção de informações adicionais para aumentar a consistência da proposta. Assim, resolveu-se realizar uma campanha na região, com o objetivo de tomar medidas de atitude do acamamento dos sedimentos de um outro lado da linha de âpice da proposta. Os trabalhos de campo, já descritos anteriormente em seu aspecto metodológico, tiveram lugar sobre os sedimentos da zona de maior densidade de diques, segundo o roteiro exposto na Figura 2.2. A apresentação de rosáceas com os rumos de mergulho anotados para os flancos norte e sul da feição, ou seja, a NE e SW, respectivamente, do eixo aqui proposto, reforçaram a interpretação feita, já que essas rosáceas (Figura 3.6 e 3.7) mostram a tendência dominante de mergulhos NE para o flanco norte e SW para o flanco sul. Por outro lado, acredita-se que a grande dispersão das medidas presente naqueles gráficos seja devida, basicamente, ao tectonismo que afetou a região, cortada que está por numerosas falhas e intrusões de diabásio, perturbando com grande frequência os mergulhos dos planos de acamamento dos sedimentos.

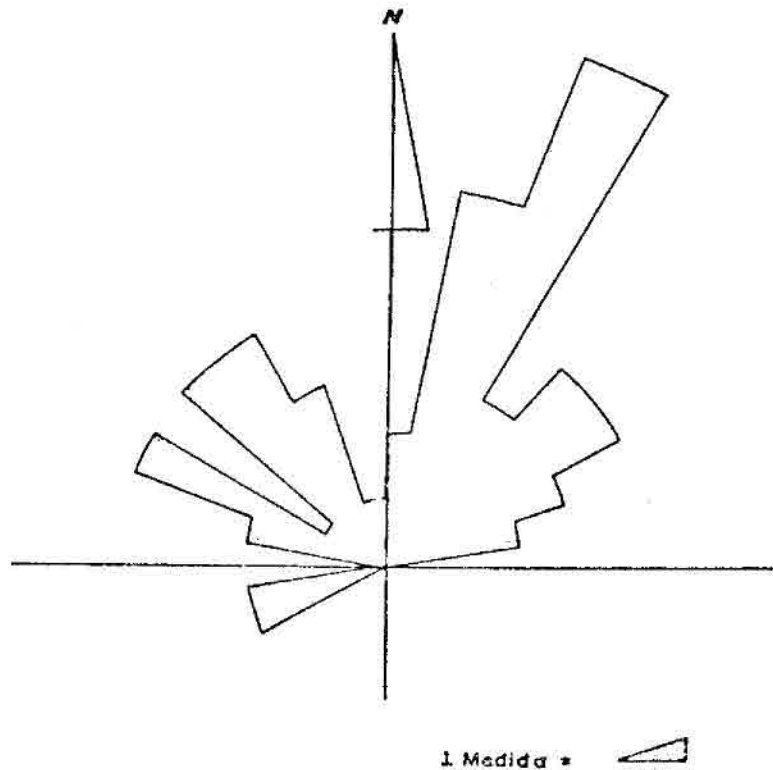


Fig. 3.6 - Rosácea de rumos de mergulho para o flanco norte.



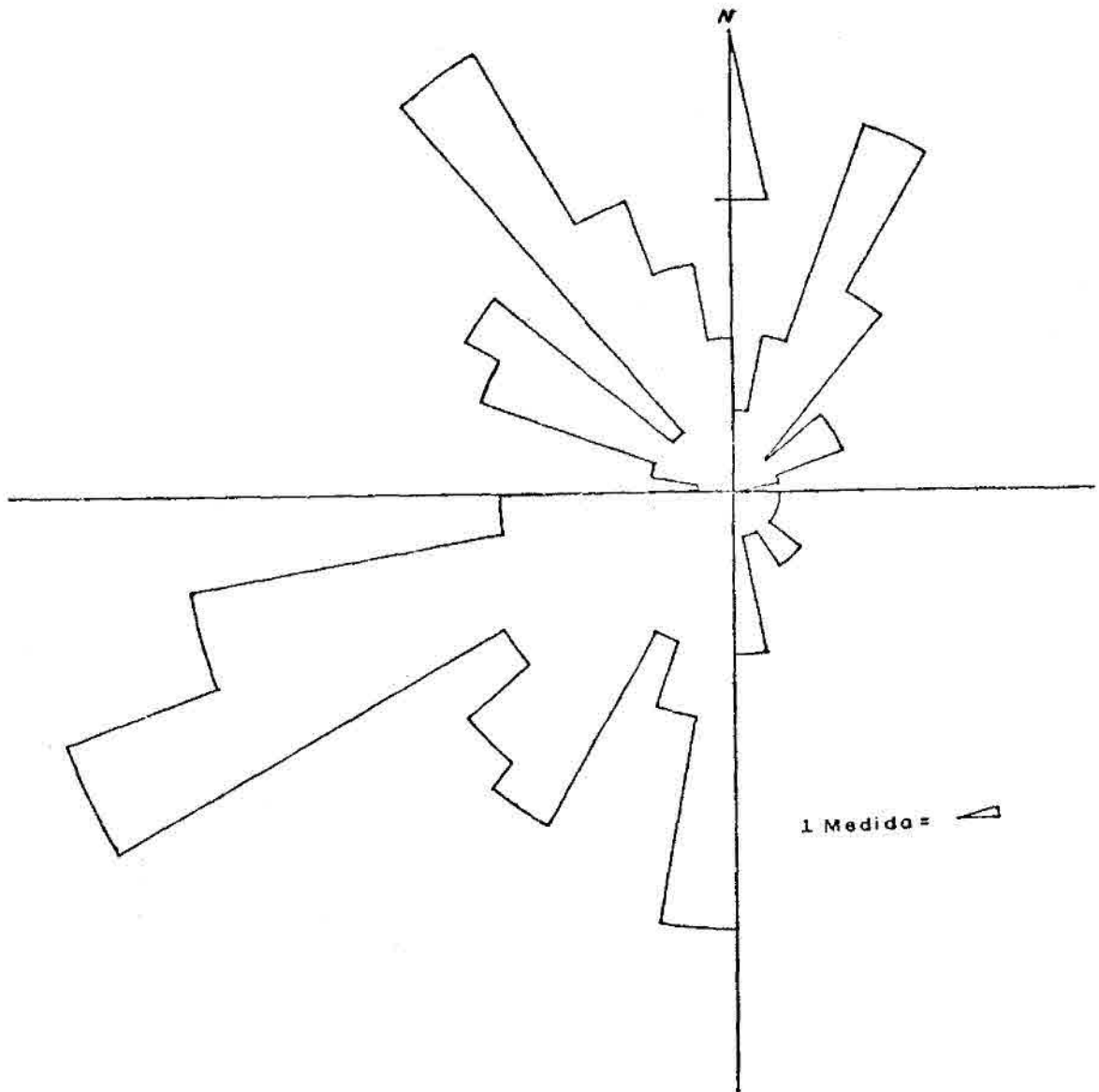


Fig. 3.7 - Rosãcea de rumos de mergulho para o flanco sul.

A análise dos dados de campo também possibilitaram ou tras conclusões quanto ao provável posicionamento espacial do eixo do arqueamento. Assim, os rumos de mergulho dos flancos de uma flexura si métrica e com eixo horizontal devem ser perpendiculares à direção de linha charneira e simetricamente opostos flanco a flanco. Isto não é observado, uma vez que, para a direção do eixo da ordem N40W, dever-se-ia encontrar as modas principais em S50W para o flanco sul e N50E pa ra o flanco norte, e as encontradas foram, respectivamente, S60 - 70W e

N20 - 30 E. Estes valores podem ser explicados, em parte, pelo mergulho primário dos planos de acamamento para o interior da bacia, mas acredita-se que a causa principal seja um mergulho do eixo do arqueamento para NW, já que o deslocamento daquelas modas deu-se simetricamente à direção N45W. Este mergulho do eixo do arqueamento já é há muito citado em bibliografias, além de ser evidenciado, através de vários mapas de isôpacas, um soerguimento progressivamente menos vigoroso para o interior da bacia. Por outro lado, as medidas de atitude tomadas na porção NW da área percorrida mostram uma importante tendência do rumo NW para os mergulhos, como se pode observar na Figura 3.8, onde a rosácea mostra os rumos de mergulho tomados entre Mauã e Ortigueira (flanco sul) e São Jerônimo da Serra e Curiúva (flanco norte). Este fato foi interpretado como uma evidência de um soerguimento menos importante do Arco - grosso modo ao norte da cidade de Telêmaco Borba. Diga-se de passagem que os afloramentos visitados entre as localidades de Sapopema e São Jerônimo da Serra foram os que mais claramente indicaram esta situação. Estes rumos NW poderiam ser interpretados como uma evidência de fechamento da flexura na região, mas não se optou por esta interpretação por que as evidências de continuidade do arqueamento para NW são numerosas. Pode-se citar como evidências o enxame de diques de diabásio nas proximidades da cidade de Maringá (Apêndice A) e outras, citadas na bibliografia consultada, como a ocorrência de lineamentos NW, paralelos ao eixo do Arco de Ponta Grossa, na região de Mirante do Paranapanema e Marabá Paulista, e o Alinhamento do vale do Rio Taquaruçu, já no território do Estado do Mato Grosso do Sul - no relatório IPT 12385 (IPT, 1979) localidades que estão nas proximidades da extrapolação para NW do ápice aqui proposto.

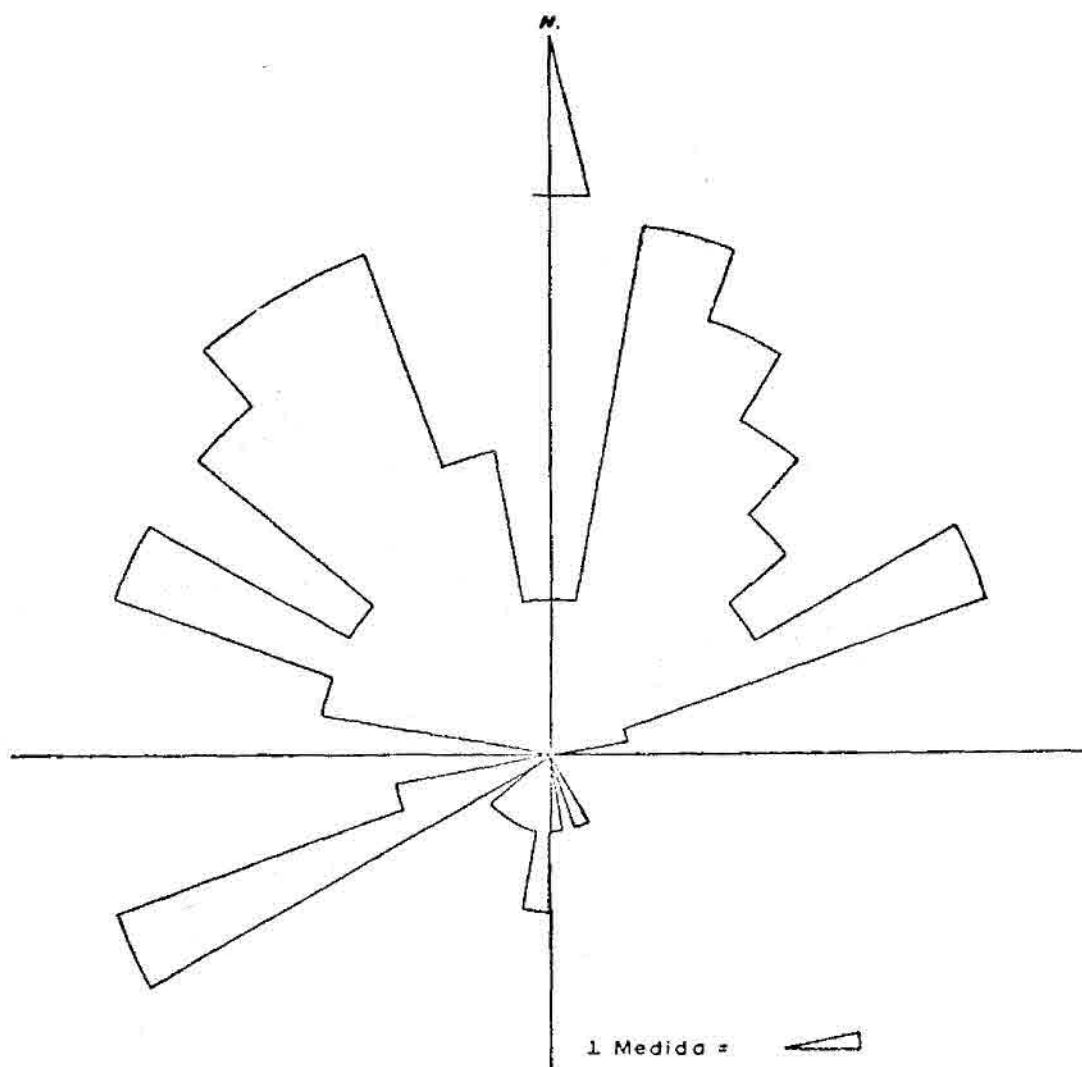


Fig. 3.8 - Rosãcea de rumos de mergulho na porção NW.

### 3.3 - LIMITES DO ARQUEAMENTO

No que diz respeito aos limites do Arco de Ponta Grossa, a primeira dificuldade surge na própria definição de limite de arqueamento, principalmente quando este foi polifásico e com posicionamentos variáveis no decorrer do tempo. Concluiu-se que estes limites devem representar, ao mesmo tempo, o fim aproximado da área soerguida e da região cujo arcabouço estrutural foi fortemente influenciado pela feição. Em outras palavras, tais limites devem representar o fim da região afetada pelo tectonismo peculiar àquele arqueamento.

A zona de maior densidade de diques possui limites razoavelmente claros, mas a feição não se resume, aparentemente, àquela faixa, uma vez que não só há persistência de diques básicos para o sul e, principalmente, para o norte, como também a observação de mapas isópacos indica que o arqueamento afetou uma área maior. Os limites da feição, portanto, situar-se-iam a SW da falha do Rio Alonzo e a NE da falha de São Jerônimo-Curiúva.

Fulfaro (1974) definiu o Alinhamento do Paranapanema, de orientação WNW, como situado ao fim do flanco norte do Arco de Ponta Grossa, englobando o enxame de diques da região de Fartura, e afirmou ainda ter este alinhamento uma forte presença na região, datando, no mínimo, do Cambrio-Ordoviciano, com reflexos na evolução da Bacia e mesmo na estruturação do embasamento. Por outro lado, o Alinhamento de Guapiara, proposto por Ferreira et alii (1981) com base na análise de volumosos dados de aeromagnetometria, foi considerado bem mais consistente, já que as direções propostas por Fulfaro (1974) não se mostraram claras, ao contrário do que ocorre com o Alinhamento de Guapiara, cuja direção coincide com as direções daquela região da Bacia do Paraná e também com a direção dos diques mesozóicos presentes em sua porção que atravessa o Pré-Cambriano, o que foi confirmado com a análise de imagens MSS-LANDSAT. Este alinhamento é uma feição de notável persistência, estendendo-se desde o litoral até, pelo menos, a divisa dos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, e configura a ocorrência mais setentrional de um enxame de diques associado ao Arco de Ponta Grossa. Vieira (1973) já alertava sobre a ausência de uma direção preferencial para as raras fraturas existentes na Bacia do Paraná, ao norte da Falha da Serra da Fratura, que é englobada pelo alinhamento em questão. A hipótese de o Alinhamento de Guapiara ser o limite norte do Arco de Ponta Grossa é ainda reforçada quando se analisa os mapas de isópacas da bacia, como será visto no próximo capítulo.

Com relação ao limite sul do Arco de Ponta Grossa, as in formações são todavia escassas, mas, apesar disto, algumas evidências foram observadas. Vieira (1973), ao definir a região a SW da falha do Rio Alonzo como pobre em diques de diabásio e caracterizando-se por fa lamentos e fraturamentos com direção SE-NW, não cita um pequeno enxa me de diques associado a falamentos de relativa importância, situado a cerca de 30 km a SW do limite da zona de maior densidade de diques, na região da cidade de Ivaí. Estes diques, apresentando um bom paralelis mo entre si e com aqueles mais próximos, nas imediações do eixo do ar queamento, configuram um campo com um comprimento mínimo de 90 km e largura em torno de 20 km, com direção média da ordem de N50W a N53W. Este campo de diques não mostrou continuidade detetável nas imagens MSS-LANDSAT para NW e SE, mas neste último rumo há algumas evidências fo ra da área pesquisada, no Pré-Cambriano do Estado de Santa Catarina. A este conjunto de diques e falamentos resolveu-se dar, aqui, a denomi nação informal de Alinhamento de Ivaí, por cruzar aquela cidade para naense e o rio homônimo. A observação de imagens MSS-LANDSAT, ao sul da área da pesquisa, não mostrou qualquer campo de diques mais meridio nal; assim, o Alinhamento do Ivaí configuraria o limite sul da formação manifesta de geoclases preenchidas por diabásio indubitavelmente asso ciadas ao arqueamento de Ponta Grossa e, portanto, o limite sul daque la flexura. A observação dos mapas de isópacas da Bacia do Paraná, por sua vez, mostra frequentemente o aparente condicionamento da sedimenta ção por este alinhamento, como verificar-se-á ao longo do próximo capí tulo.

O comportamento dos Alinhamentos de Guapiara e Ivaí, quan do comparados àquele da região central do Arco de Ponta Grossa, mostra -se frequentemente inverso no que diz respeito aos movimentos verticais, conforme observações feitas em vários mapas de isópacas. Esta postura possivelmente reflete efeitos secundários e marginais das atividades subcrustais que geraram os movimentos oscilatórios do arqueamento.

A Figura 3.9 mostra as propostas de zona de maior densida de de diques, de ápice da feição e do alinhamento de Ivaí, bem como o Alinhamento de Guapiara, proposto por Ferreira et alii (1981).

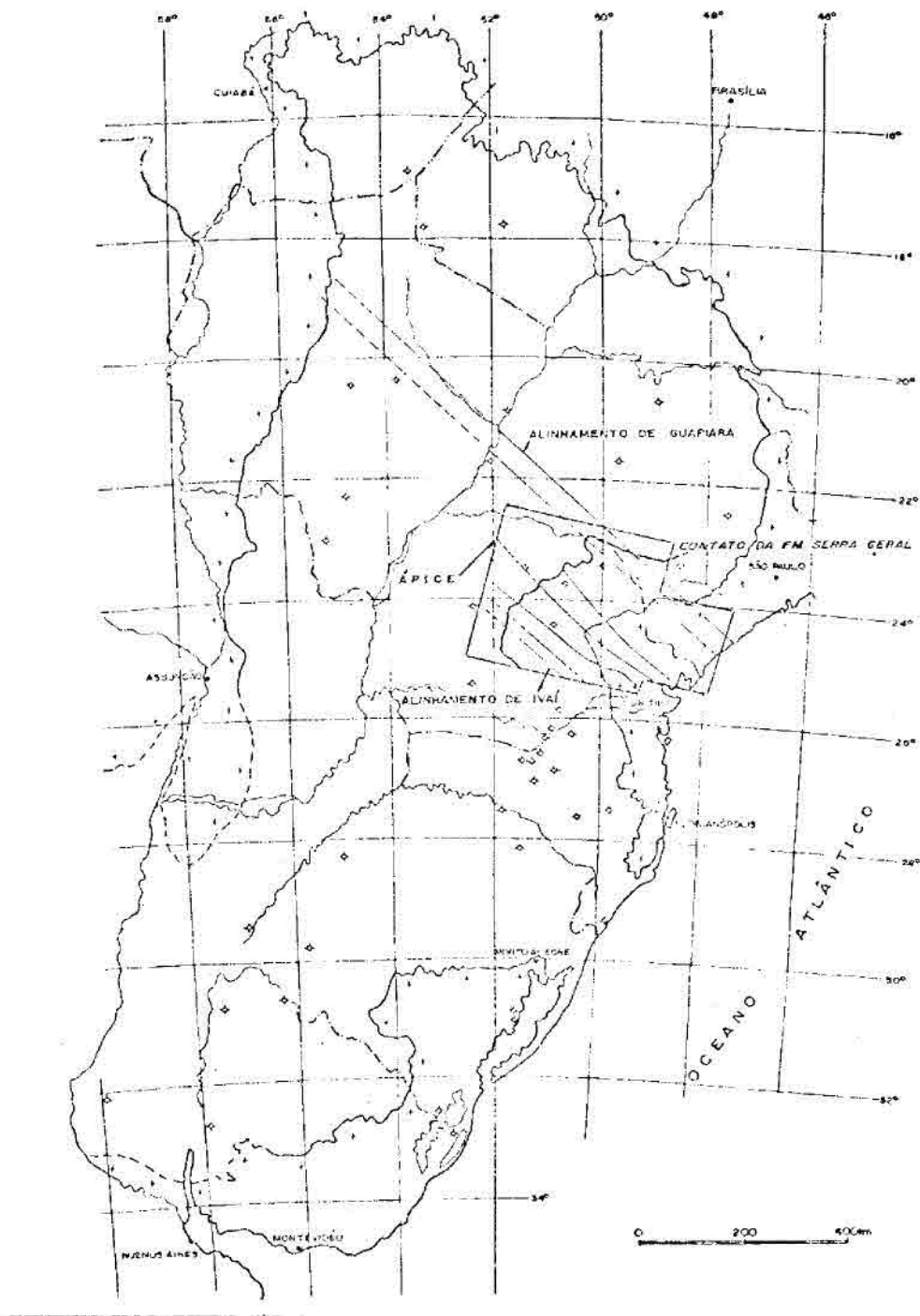


Fig. 3.9 - Propostas de ápice do Arco de Ponta Grossa, zona de maior densidade de diques, limite sul do arqueamento (alinhamento de Ivaí) e limite norte (Alinhamento de Guapiara, segundo a proposta original de Ferreira et alii, 1981).

Com respeito à região situada entre o limite norte da zona de maior densidade de diques e o Alinhamento de Guapiara, relacionável à Área 3 de Vieira (1973), pode-se afirmar que esta região possui características estruturais peculiares, quando comparadas às demais áreas diretamente influenciadas pelo Arco de Ponta Grossa. A presença de diques básicos é frequente, porém suas direções, ainda que predominantemente dentro do quadrante NW, são bastante variadas, conforme pode-se observar no mapa de Diques (Apêndice A) e no Mapa de Azimutes Médios Ponderados (Apêndice B). Vieira (1973), além de expor a questão da orientação dos diques básicos, caracterizava a região por apresentar "horsts" alongados segundo a direção NE-SW e falhamentos sem direção preferencial. Excluindo os diques, que certamente ocuparam fraturamentos de tensão associados ao arqueamento, o restante da estruturação regional apresenta-se duvidosamente relacionada ao arco, e tais características tectono-estruturais são talvez as responsáveis pelo anômalo comportamento daquela parcela do enxame de diques tido como associado ao Arco de Ponta Grossa. As causas dessa tão peculiar estruturação não são sequer aqui aventadas, por fugirem ao escopo central do trabalho.

#### 3.4 - CONTINUIDADE DO ARCO NA ÁFRICA

Como a gênese do Arco de Ponta Grossa, e de eventos a ele associados, é em grande parte situada em tempos anteriores ou contemporâneos à cisão do continente Gondwânico, alguns autores realizaram trabalhos enfocando a correlação entre esta área e a correspondente na África. Assim, Asmus (1978) propõe um relacionamento entre as ocorrências alcalinas do Sul do Brasil com as da República Popular de Angola, o que encontra respaldo em Torquato e Amaral (1973), os quais obtiveram idades K/Ar, através de datações geocronológicas por eles executadas e outras disponíveis na literatura, com grande similaridade entre rochas idênticas do Brasil e da África. Estes autores obtiveram idades geocronológicas para o apogeu das intrusões de diabásio de Moçâmedes semelhantes às dos basaltos da Bacia do Paranã. Foi aventada a conexão entre os Arcos de Moçâmedes e Ponta Grossa, a qual se verificaria

se as áreas de erosão originadas pelos dois arcos fossem correlacionadas; supondo-se que esta hipótese fosse verdadeira, poder-se-ia, então, correlacionar os basaltos da Formação Serra Geral com os da Formação Novo Redondo e com os diques de diabásio de Moçâmedes (Torquato, 1976).



## CAPÍTULO 4

### EVOLUÇÃO DO ARCO DE PONTA GROSSA

A evolução do Arco de Ponta Grossa foi complexa não só em relação aos movimentos oscilatórios que sofreu no decorrer do tempo geológico, como também no tocante ao magmatismo básico e alcalino tido como associado ao arqueamento. Estes dois diferentes efeitos de eventos subcrustais não estão dissociados entre si, mas compõem manifestações suficientemente distintas para que possam ser analisados em separado. Na pesquisa que deu origem à dissertação de mestrado, o objetivo principal sempre foi esclarecer aspectos da configuração da feição enquanto estrutura positiva; aqui também, ao focar a evolução, ater-se-a principalmente aos movimentos verticais. Por outro lado, dada a importância do arqueamento no magmatismo da região, julgou-se importante dedicar algumas páginas, de caráter quase que exclusivamente bibliográfico, a este assunto.

No sentido de melhor esclarecer os aspectos evolutivos apresentados a seguir, começar-se-á este capítulo com um breve texto, extraído da bibliografia, sobre algumas idéias acerca da origem de arqueamentos e magmatismo associado. Não se tem a intenção de aprofundar este tema, mas tão somente apresentar algumas propostas de pesquisadores da escolas européia e da tectônica de placas relacionadas ao assunto.

#### 4.1 - ORIGEM DE ARQUEAMENTOS E MAGMATISMO ASSOCIADO

##### 4.1.1 - FENÔMENOS DO MANTO RELACIONADOS AO ARQUEAMENTO

Belousov (1966) propõe a existência de movimentos no manto superior semelhantes a correntes de convecção, os quais originam-se por ter a camada mais superior do manto uma densidade mais alta que a imediatamente abaixo, o que resulta numa situação de estabilidade precária, que se romperia sob um pequena provocação, quando então o mate

rial mais leve subiria sob a forma de colunas ou domos por entre o material mais denso. Esta massa ascendente, denominada astenólito, teria composição basáltico-peridotítica e, com a mudança das condições de temperatura e pressão, sofreria uma de-emulsificação, formando astenólitos menores e independentes, de composição basáltica, que continuariam em ascensão mesmo através da litosfera, principalmente na presença de falhas profundas que, canalizando a magma, acelerariam sua subida. Com a saída do magma basáltico, o magma original tornar-se-ia mais básico e mais denso que antes, iniciando então um movimento descendente, sob a forma de um "antiastenólito". Esta grande massa ao afundar faria com que o material superposto a ela também afundasse, mas forçaria a ascensão de zonas intermediárias estreitas, as quais teriam sofrido subsidência prévia. Ainda segundo este autor, na região soerguida ocorreriam fraturas e haveria vulcanismo básico e formação de "rifts".

Belousov (1977) afirma que fenômenos de diapirismo desenvolvidos sob condições de regimes endógenos excitados, no limite astenosfera/substrato, podem ser considerados como uma causa direta das movimentações verticais na crosta terrestre. Resultados destes processos na superfície não dependem tão somente da astenosfera, mas também na litosfera (Belousov, 1966 e 1977). Belousov (1977) afirma que, se a litosfera for inteira e monolítica, o diapirismo astenosférico seria capaz de formar somente uma elevação em forma de cúpula, a qual, devido à expansão e ao conseqüente fraturamento, formaria o arcabouço estrutural para um regime de "rift".

O Arco de Ponta Grossa apresenta características semelhantes às das regiões com regime de "rift", já que ao arqueamento positivo acompanhou um intenso fraturamento paralelo entre si, por onde extravasou magma basáltico. Caso o soerguimento persistisse as fraturas poderiam evoluir para falhas, propiciando a formação de "rifts" conforme Bailey (Sorensen, 1974).

Pela Figura 4.1 ve-se que Belousov (1977) propõe um afinamento crustal sob a região arqueada, com o material da astenosfera introduzindo-se na crosta mais profunda e formando uma mistura com o seu material, possivelmente por fusão.

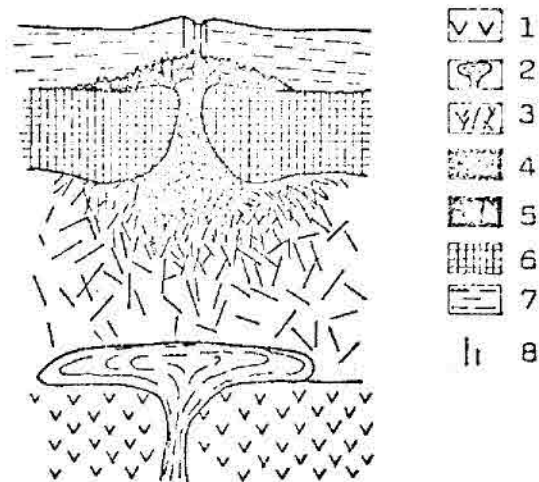


Fig. 4.1 - Regime de "rift", baseado em Belousov (1977), pág. 33, trad. Almeida, S.

- 1 - Camada de Golitsyn do manto superior.
- 2 - Material aquecido ascendendo do manto inferior.
- 3 - Astenosfera (a densidade de linhas negras indica o grau de fusão parcial).
- 4 - Material fundido básico e ultrabásico da astenosfera.
- 5 - Mistura crosta/manto.
- 6 - Parte inferior da litosfera.
- 7 - Crosta continental.
- 8 - Falhas profundas.

Artyshkov (1973) propõe a geração de zonas do manto superior formadas por material de densidade inferior ao magma vizinho e subjacente, com conseqüente ascensão deste material e geração de soerguimentos crustais.

Morgan (1971) propõe a existência de pontos quentes no manto, originados por correntes de convecção no manto profundo, mas levanta dúvidas acerca de teorias que supõem a existência de correntes sublitosféricas no manto, propondo uma ascensão de material localizada a partir de um ponto quente no interior do manto, a qual gera magmatismo básico e soerguimento crustal. Este autor e Burke et alii (1973) citam como uma das evidências continentais de pontos quentes, o derrame basáltico da Bacia do Paraná.

Segundo Burke et alii (1973), a primeira evidência da presença de um ponto quente em crostas continentais é expressa por intrusivas alcalinas, relativamente localizadas e algumas vezes acompanhadas de extensos derrames basálticos. Esses autores deixam claro, ainda, que usam o termo "ponto quente" sem implicações genéticas.

Anderson (1975) propõe a existência de "plumas" químicas do manto, as quais não seriam senão plumas térmicas de origem química. Este autor defende a tese de que tais plumas originariam inchaços na base ou através da astenosfera, os quais contribuiriam para um soerguimento crustal e conseqüente fraturamento, que seria acompanhado de magmatismo. Este mesmo autor propõe que sobre um ponto quente subastenosférico ocorreriam uma expansão termal, um incremento da fusão parcial e uma ascensão astenosférica. Harris (Sorensen 1974) segue a mesma linha e propõe que tanto o vulcanismo básico como o soerguimento de arcos sejam reflexos de um estado térmico do manto subjacente.

#### 4.1.2 - MAGMATISMO ASSOCIADO

Em termos gerais, o magmatismo associado a arqueamentos pode ser dividido em dois tipos: o básico e o alcalino. Este magmatismo seria originado a partir de uma regeneração da atividade tectônica em regiões plataformais, iniciando-se com magmas toleítico-basálticos e seguindo-se as intrusões alcalinas (Sorensen, 1974). Este autor cita que, por vezes, ocorrem carbonatitos em alcalinas associadas a arcos.

O mecanismo adotado por Bailey (1974) para explicar o magmatismo associado basáltico-alcálico iniciar-se-ia com o vulcanismo basáltico, ocasionado pelo aquecimento de uma região do manto; com o passar do tempo, este ciclo de aquecimento afetaria a camada mais superior do manto e as profundezas da crosta, onde ocorreria uma fusão mais tardia, com produtos fonolíticos. Fenômenos semelhantes gerariam outras rochas alcalinas como traquinitos. O mesmo autor afirma que, por ocasião de um arqueamento, haveria alívio de pressão na região subjacente, o qual possibilitaria um fluxo de voláteis desde a proximidade do manto até a crosta com conseqüente aumento de temperatura e abaixamento do ponto de fusão, e geração de magmas alcalinos.

Williams et alii (1970) afirma que os basaltos pobres em olivina ou sem ela, os basaltos tefeíticos, predominam entre as lavas formadoras de grandes derrames e "sills"; este magma, por diferenciação calco-alcálica forneceria andesito, dacito ou riolito. Sua origem estaria ligada a magmas primários de olivina-basalto, contaminados por material da base da crosta silíca. Estes autores concluem que magmas basálticos portadores de olivina fornecem comumente, por diferenciação alcalina, traquinitos e fonolitos, e afirmam ainda que muitas vezes estas duas variedades de magma basáltico - pobres ou não em olivina-ocorrem associadas.

#### 4.2 - EVOLUÇÃO DO ARQUEAMENTO

O esboço da evolução dos movimentos verticais sofridos pelo Arco de Ponta Grossa, exposto a seguir, foi obtido a partir da análise de mapas de isôpacas da Bacia do Paraná, com eventual apoio de mapas de porcentagem de areia e, finalmente, de informações bibliográficas. Frequentemente far-se-á menção aos Alinhamentos de Guapiara, definido por Ferreira et alii (1981), e de Ivaí, ora proposto preliminarmente, por estarem possivelmente relacionados com os limites setentrional e meridional, respectivamente, daquele arqueamento.

Os mapas de isópacas utilizados foram aqueles de Northfleet et alii (1969), Daemon e Quadros (1970), Muhlmann et alii (1974) e Fulfaro et alii (1980) e os de porcentagem de areia, de Northfleet et alii (1969). Em sua maior parte, estes mapas foram redenhados a partir do relatório nº 14097 (IPT, 1980), por uma questão de uniformização de desenho e escala.

A evolução Pré-Devoniana do Arco de Ponta Grossa, dentro da metodologia aqui utilizada, não poderá ser feita por inexistência de informações. Por outro lado, dado o fato de que desde o início da deposição de sedimentos em larga escala na Bacia do Paraná esta feição vem se portando tectonicamente ativa, não se pode descartar a possibilidade de sua presença em tempos Pré-Devonianos. Barbosa (1966) propõe que desde o início do Paleozóico já ocorriam movimentos na região, reforçando, portanto, esta idéia.

No Devoniano Inferior depositou-se a Formação Furnas, e seu mapa de isópacas (Figura 4.2) mostra uma razoável diminuição da espessura dos sedimentos na região central do Arco de Ponta Grossa, o qual estaria se apresentando menos negativo. A configuração das isolinhas mostra um ajuste perfeito com o ápice proposto para o arqueamento, evidenciando, desde o tempo Furnas, a tendência que viria a ser patenteada no Juro-Cretáceo pelo enxame de diques básicos. O Alinhamento de Guapiana faz o limite norte do soerguimento, bem como, parcialmente, do depocentro desta formação, enquanto o Alinhamento de Ivaí limita meridionalmente o soerguimento, sendo seu prolongamento paralelo ao depocentro até o cruzamento do rio Paraná.

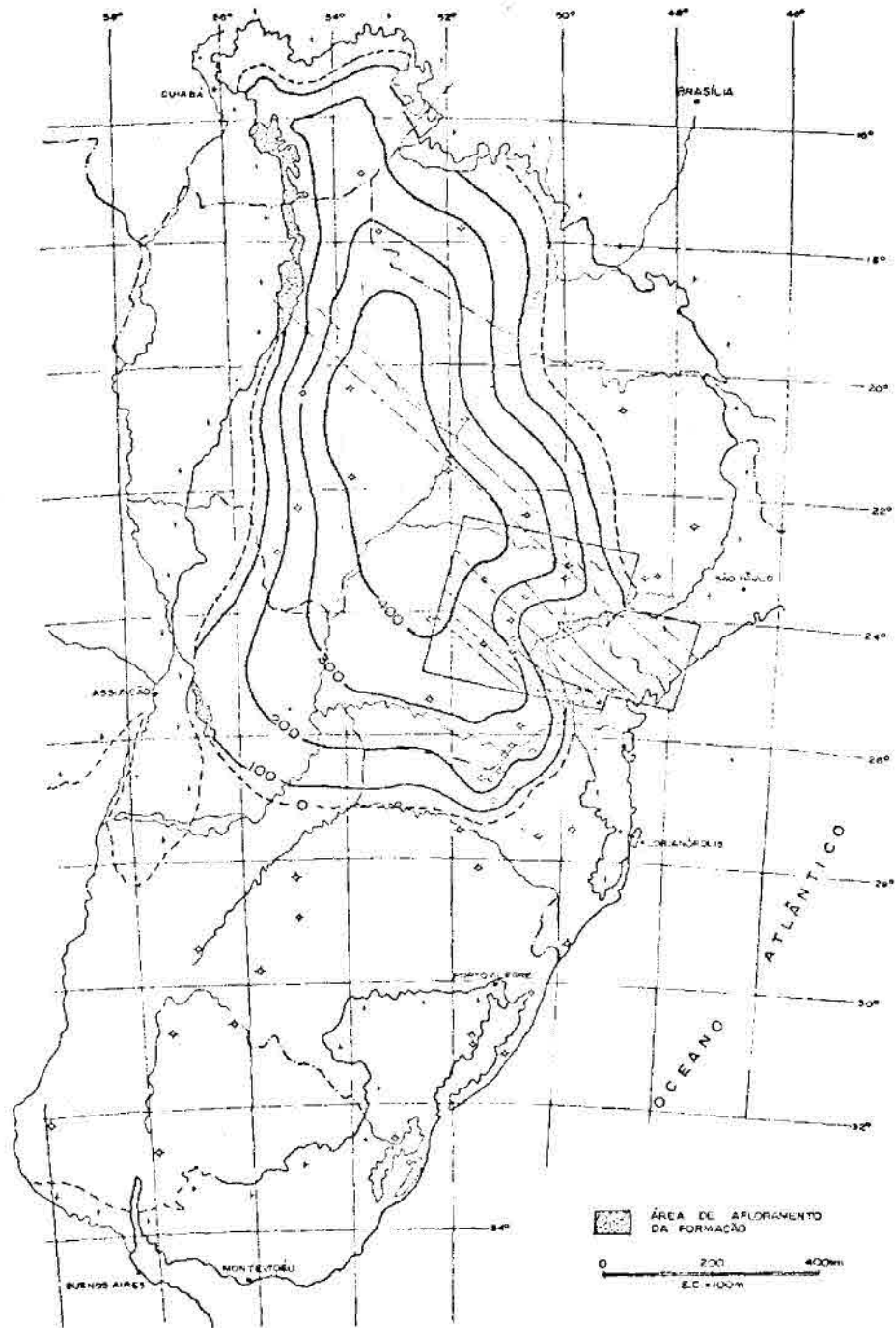


Fig. 4.2 - Mapa de isôpacas da Formação Furnas, modificado de North fleet et alii, 1969 (IPT, 1980, pág. 80).



Já no tempo Ponta Grossa, os movimentos oscilatórios da sinéclise promoveram uma inversão em quase toda a região abrangida pelo Arco de Ponta Grossa e hoje recoberta por sedimentos desta formação. A observação de seu mapa de isópacas (Figura 4.3) mostra o ápice do arqueamento passando sobre uma suave inflexão das isolinhas, as quais evidenciam um alto nas proximidades do limite atual daqueles sedimentos, mas se posicionando, a seguir, ao longo do principal depocentro da Bacia Ponta Grossa. É interessante observar que, aparentemente, o Arco de Ponta Grossa controlou vigorosamente a deposição da Formação Ponta Grossa, comportando-se como um baixo. No mapa de porcentagem de areia (Figura 4.4), observa-se, conforme o esperado, uma região de maior energia no centro do Estado do Paraná, aproximadamente sob o traçado do ápice do arqueamento ora proposto, o que evidencia a mais violenta subsidência da área no Devoniano Médio e Superior. Northfleet et alii (1969) citam mesmo, como evidência de movimentação penecontemporânea da feição, a presença de lentes arenosas e conglomeráticas no folhelho Ponta Grossa, nas proximidades da cidade homônima. Com relação aos Alinhamentos de Guapiara e de Ivaí, estes delimitam aproximadamente o depocentro desta formação, especialmente o primeiro, enquanto o de Ivaí, embora corte algumas isolinhas, não deixa de evidenciar sua importante direção estrutural, que se apresenta praticamente paralela às isópacas da porção sul do depocentro em questão. Em relação ao mapa de porcentagem de areia, o Alinhamento de Guapiara coincide aproximadamente com a borda da bacia, aparentemente bastante soerguida, como mostra o forte aumento de energia em sua direção.

Depois da deposição da Formação Ponta Grossa, houve um soerguimento epirogenético de toda a região Sul, gerando um grande hiato deposicional na Bacia do Paraná que se prolongou até o Carbonífero Superior. Deste período erosivo não se dispõe de informações, dentro da metodologia utilizada, para a montagem da história do Arco de Ponta Grossa.



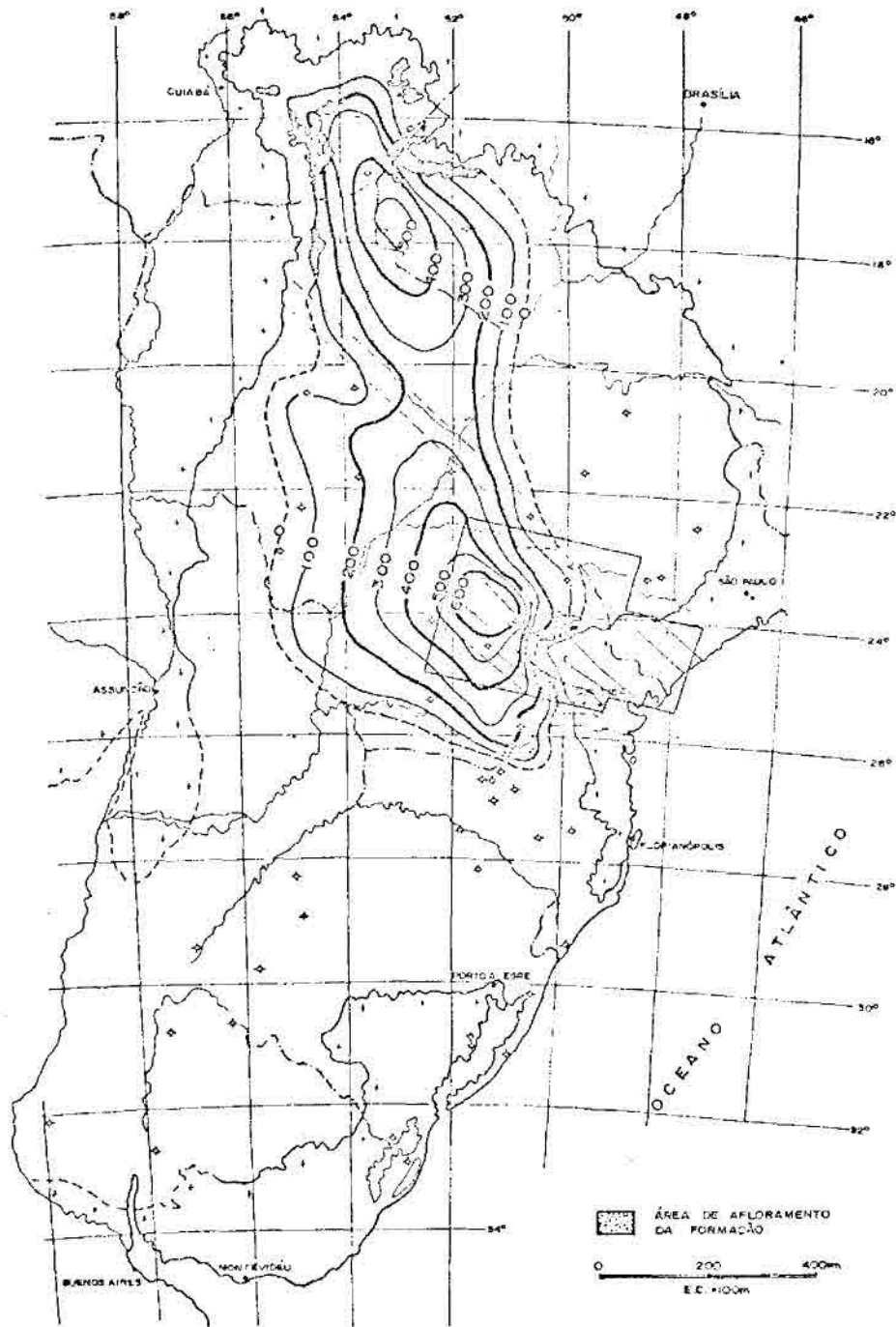


Fig. 4.3 - Mapa de isôpacas da Formação Ponta Grossa, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, pág. 19).

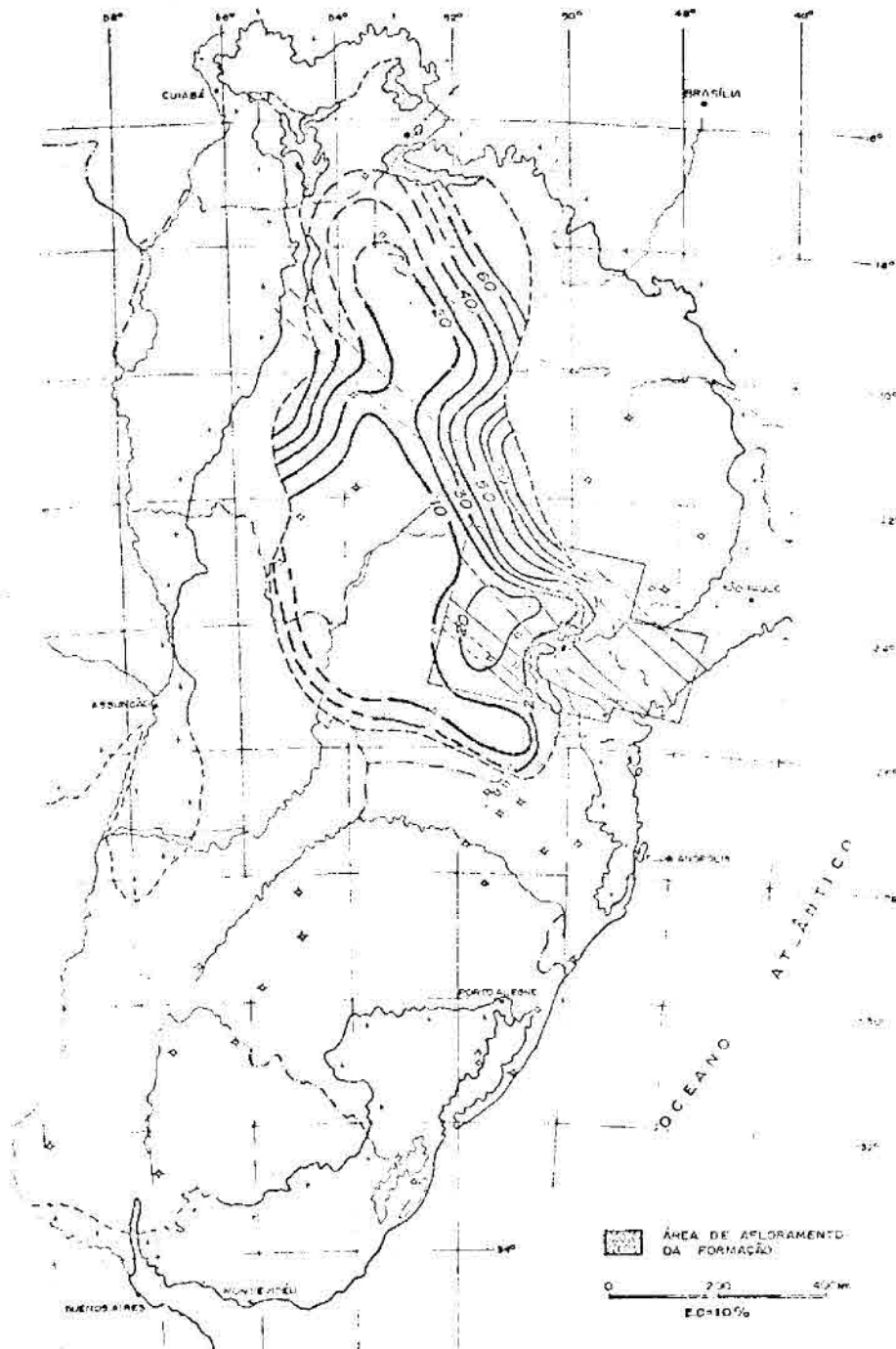


Fig. 4.4 - Mapa de Porcentagem de areia da Formação Ponta Grossa modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, pág.46).

Durante o Carbonífero Superior, voltando a Bacia do Paraná a se abater, iniciou-se a deposição da Formação Itararé. O mapa de isópacas do Itararé Inferior, Carbonífero Superior (Stephaniano) Figura 4.5 - não mostra atividade sensível do Arco de Ponta Grossa dentro da configuração que hoje se concebe para a feição, mas numa situação de razoável paralelismo, encontram-se as isópacas flexionadas a cerca de 100 km ao sul, indicando uma região de menor subsidência. O Alinhamento de Guapiara, neste mapa, apenas limita, grosso modo, uma zona de maior subsidência no Estado de São Paulo, enquanto o de Ivaí coincide aproximadamente com o eixo de soerguimento, limitando também o sul de uma zona mais subsidente na região de Londrina. Por outro lado, se na borda leste da bacia o Alinhamento de Ivaí condicionou de modo tão energético a sedimentação, seus prováveis efeitos são perceptíveis até o depocentro deste pacote sedimentar.

Daemon e Quadros (1970) apresentam um mapa de isópacas do Intervalo Bioestratigráfico G (Stephaniano C a Sakmariano) - Figura 4.6 - onde a situação é bastante semelhante, sendo digno de nota o perfeito ajuste das inflexões das isópacas com o Alinhamento de Ivaí, bem como seu prolongamento para o norte, ajuste que também ocorre no mapa isópaco do mesmo intervalo proposto por Northfleet et alii (1969). Estes autores propõem ainda um mapa de isópacas para o Intervalo Bioestratigráfico H (Sakmariano e Artinskiano), que consideram como abrangendo todo o Permiano Inferior, que mostra claramente a instalação de um notável alto, coincidente com o ápice do arqueamento proposto, onde no Intervalo G havia um baixo (Figura 4.7). Ainda para este mapa, o Alinhamento de Ivaí comporta-se como limite meridional da feição, enquanto o de Guapiara limita o depocentro destas camadas, em pleno Estado de São Paulo. Também Daemon e Quadros (1970) apresentam um mapa de isópacas deste intervalo bioestratigráfico (Figura 4.8), que se apresenta bastante semelhante aquele mas que não demonstra com tanta clareza, porém, o controle da sedimentação pelos Alinhamentos de Ivaí e Guapiara. Este soerguimento, bem situado no tempo, foi vigoroso ao ponto de pro

vocar um hiato deposicional na Formação Itararê, com a discordância erosiva comprovada por palinologia (Daemon e Quadros, 1970). Northfleet et alii (1969) e Ramos (1970) propõem que a atividade do arqueamento, a esse tempo, colaborou na formação do arcabouço estrutural que orientou a intrusão do enxame de diques básicos mesozóicos.

A observação do mapa de isópacas das Formações Itararê e Aquidauana (Figura 4.9), que engloba os mapas anteriores, mostra o claro caráter subnegativo do Arco de Ponta Grossa, com tal tendência se prolongando até além da região do Pontal do Paranapanema. Em relação ao Stephaniano (Figura 4.5), este alto migrou consideravelmente para o Norte, atingindo aproximadamente a posição que viria a ser ocupada pela zona mais densa do enxame de diques Juro-Cretáceos associados ao arqueamento, embora se flexionando mais para NNW do que a extrapolação para NW do ápice ora proposto permita supor. Por sua vez, os Alinhamentos de Ivaí e Guapiara limitam grosso modo o soerguimento exposto na Figura 4.9. Já o mapa de porcentagem de areia das formações Itararê e Aquidauana, de Northfleet et alii (1969), embora demonstre um aumento de energia no centro do Estado do Paraná, não sugere, através de suas isolinhas, uma relação clara com as direções estruturais do Arco de Ponta Grossa.

No início do Permiano Médio, deposita-se a Formação Rio Bonito, para a qual apresentam-se aqui dois diferentes mapas isópacos. O primeiro, de Northfleet et alii (1969) - Figura 4.10 - não indica se não fraca e dubiamente a presença do Arco de Ponta Grossa como um alto e, mesmo assim, deslocado para o sul, coincidindo com o prolongamento do Alinhamento de Ivaí, o qual corta as isópacas de 150 e 200 metros, de acordo com uma convexidade no embasamento de formação, inexistindo, porém, para o sul. Já o Alinhamento de Guapiara aparentemente condiciona o limite norte do depocentro principal da formação, bem como o limite sul do depocentro secundário no Estado de São Paulo. Já o mapa isópacos de Muhlmann et alii (1974), fruto de uma reinterpretação dos perfis dos poços, mostra com clareza o Arco de Ponta Grossa se comportando como um baixo na região central do Estado do Paraná (Figura 4.11). Com

respeito aos Alinhamentos de Ivaí e Guapiara, não existem evidências de sua presença neste mapa.

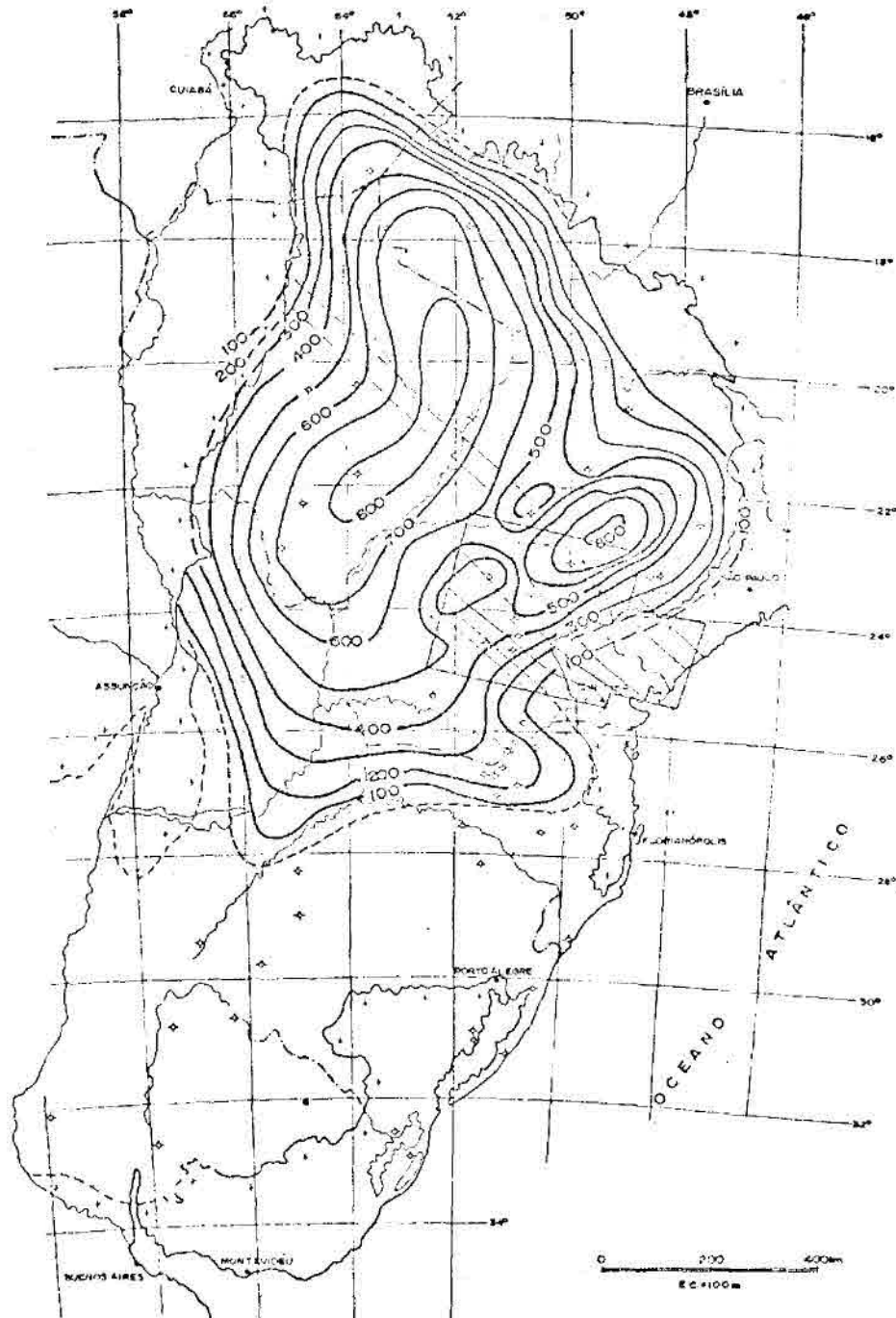


Fig. 4.5 - Mapa de isôpacas do Itararê Inferior (fácies psamítico) - Carbonífero Superior (stephaniano), modificado de Fulfaro et alii, 1980 (IPT, 1980, p. 42).

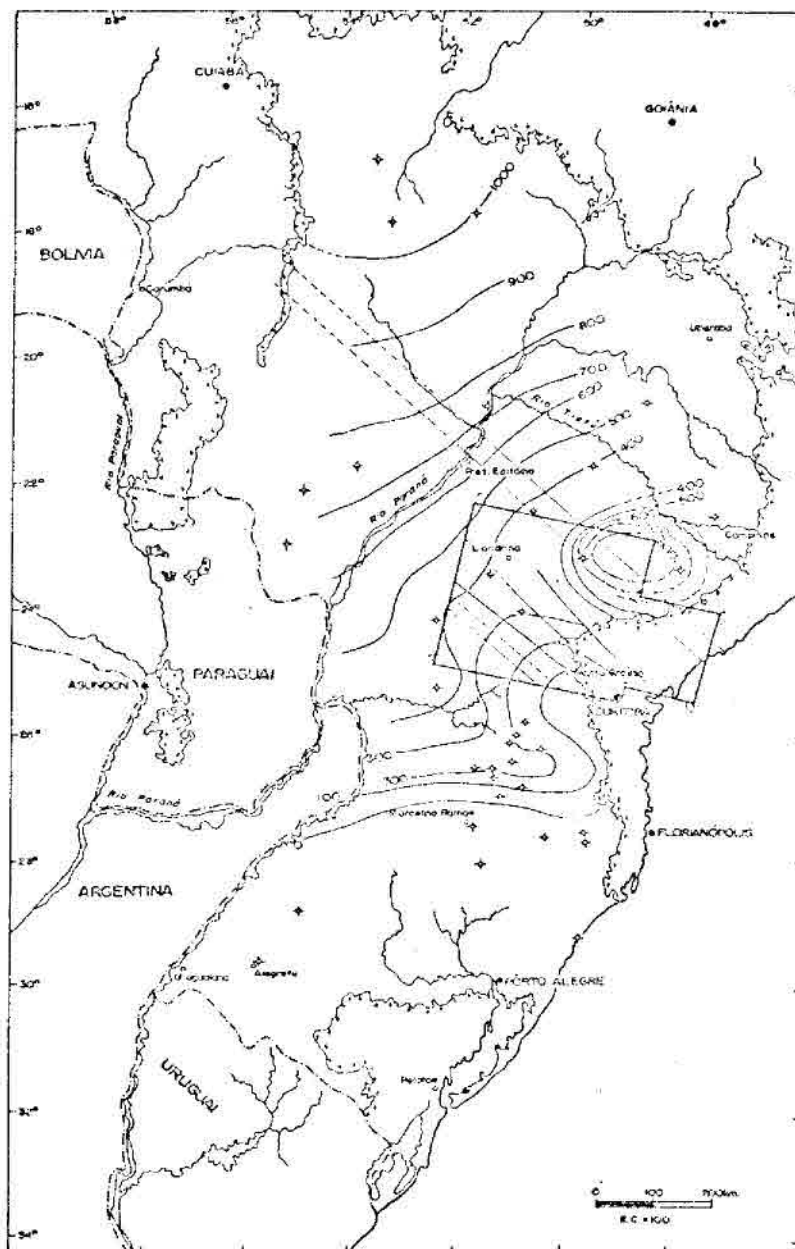


Fig. 4.6 - Mapa de isópachas do Intervalo Bioestratigráfico G, modificado de Daemon e Quadros (1970), pág. 372.

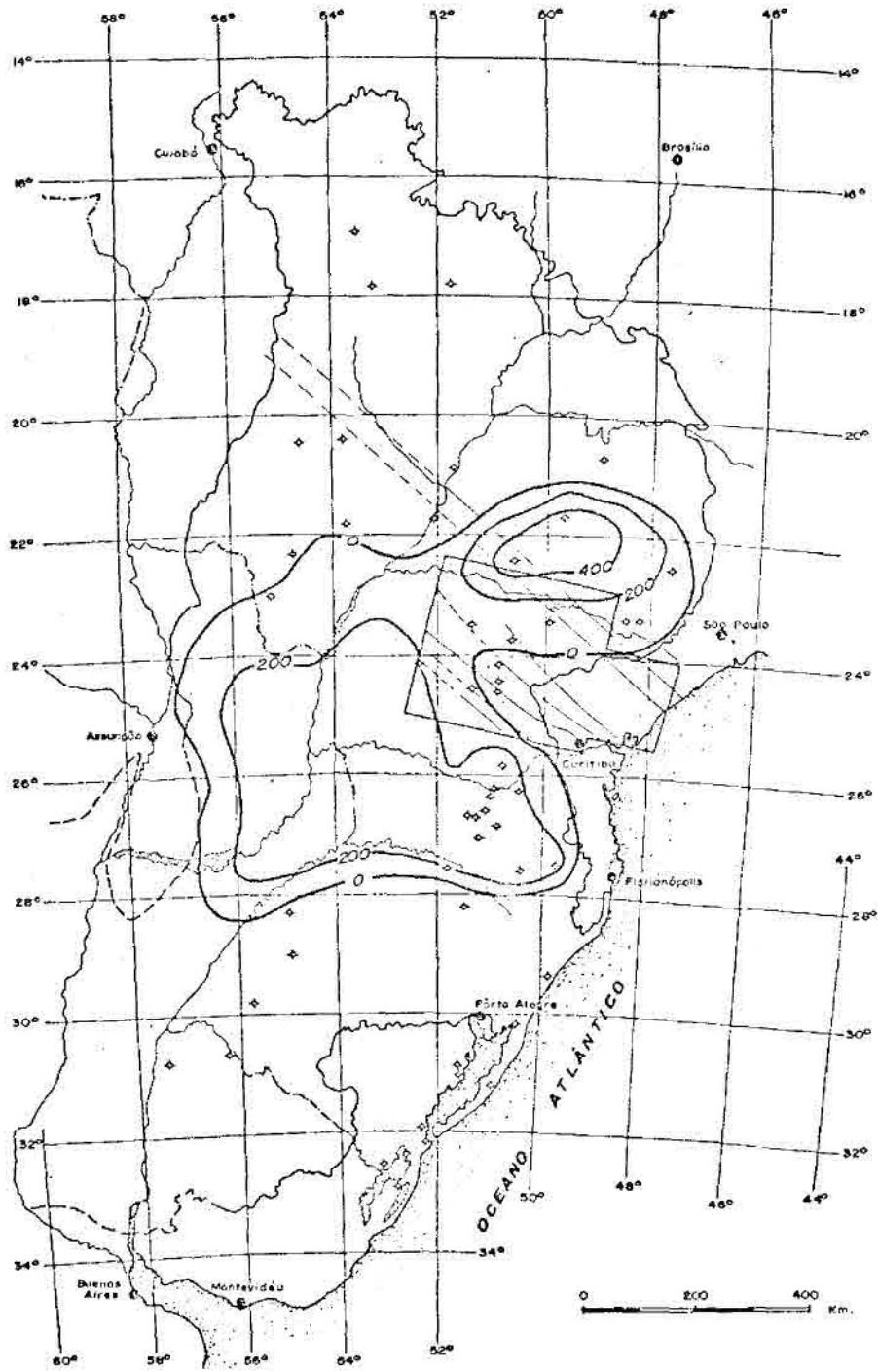


Fig. 4.7 - Mapa de isopacas do Intervalo Biostratigráfico H, modificado de Northfleet et alii (1969), pág.330.

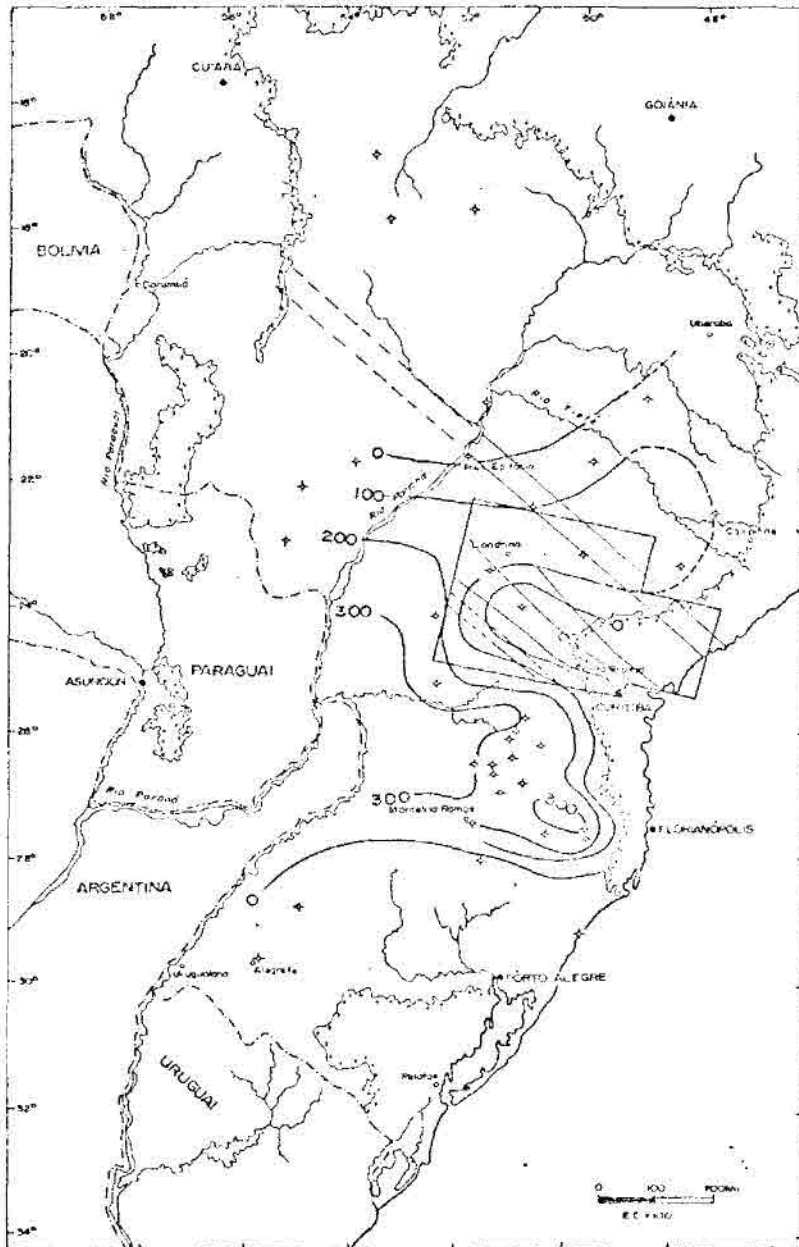


Fig. 4.8 - Mapa de isópachas do Intervalo Bioestratigráfico H, modificado de Daemon e Quadros (1970), pág. 373.



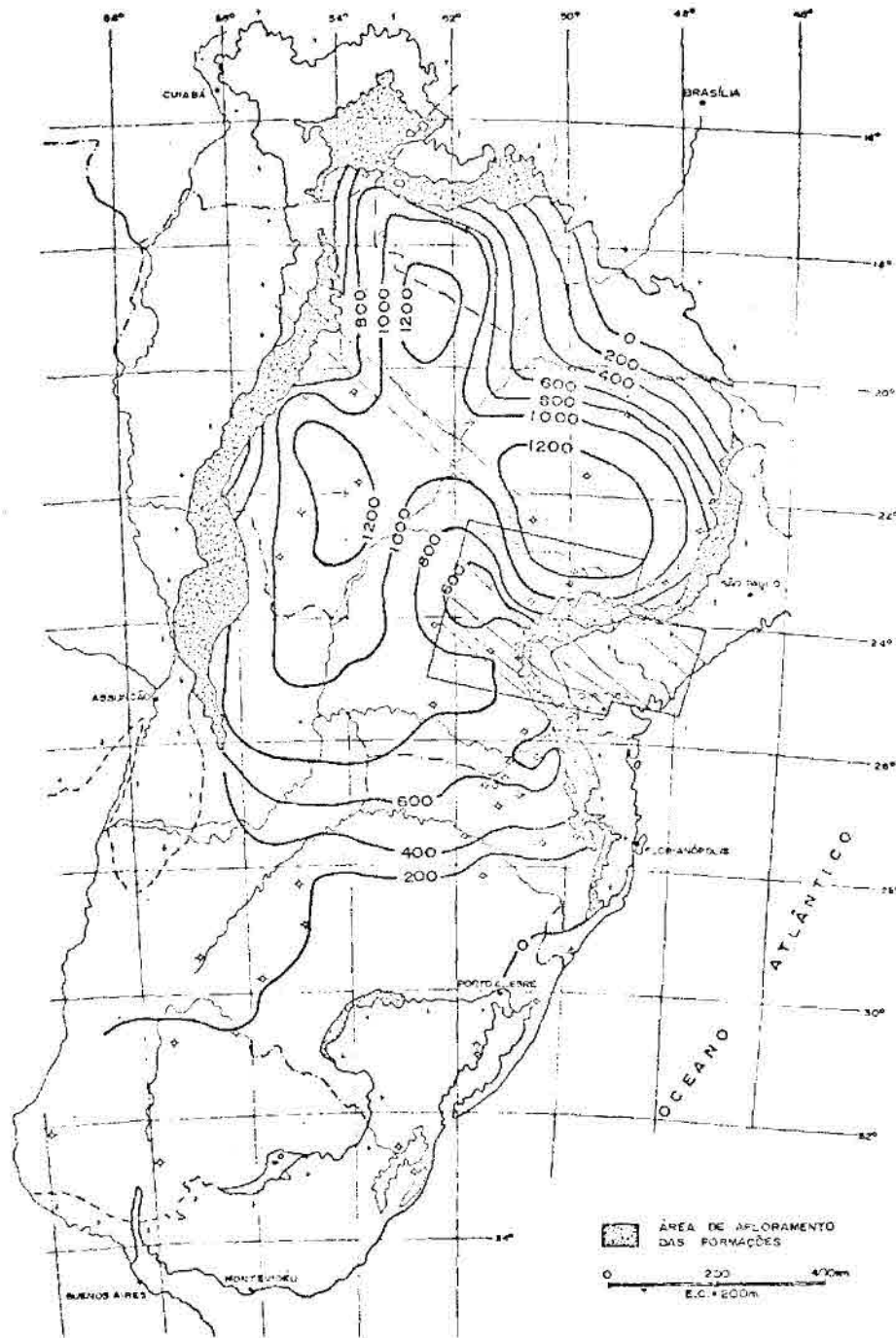


Fig. 4.9 - Mapa de Isopacas das Formações Itararé e Aquidauana, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 88).

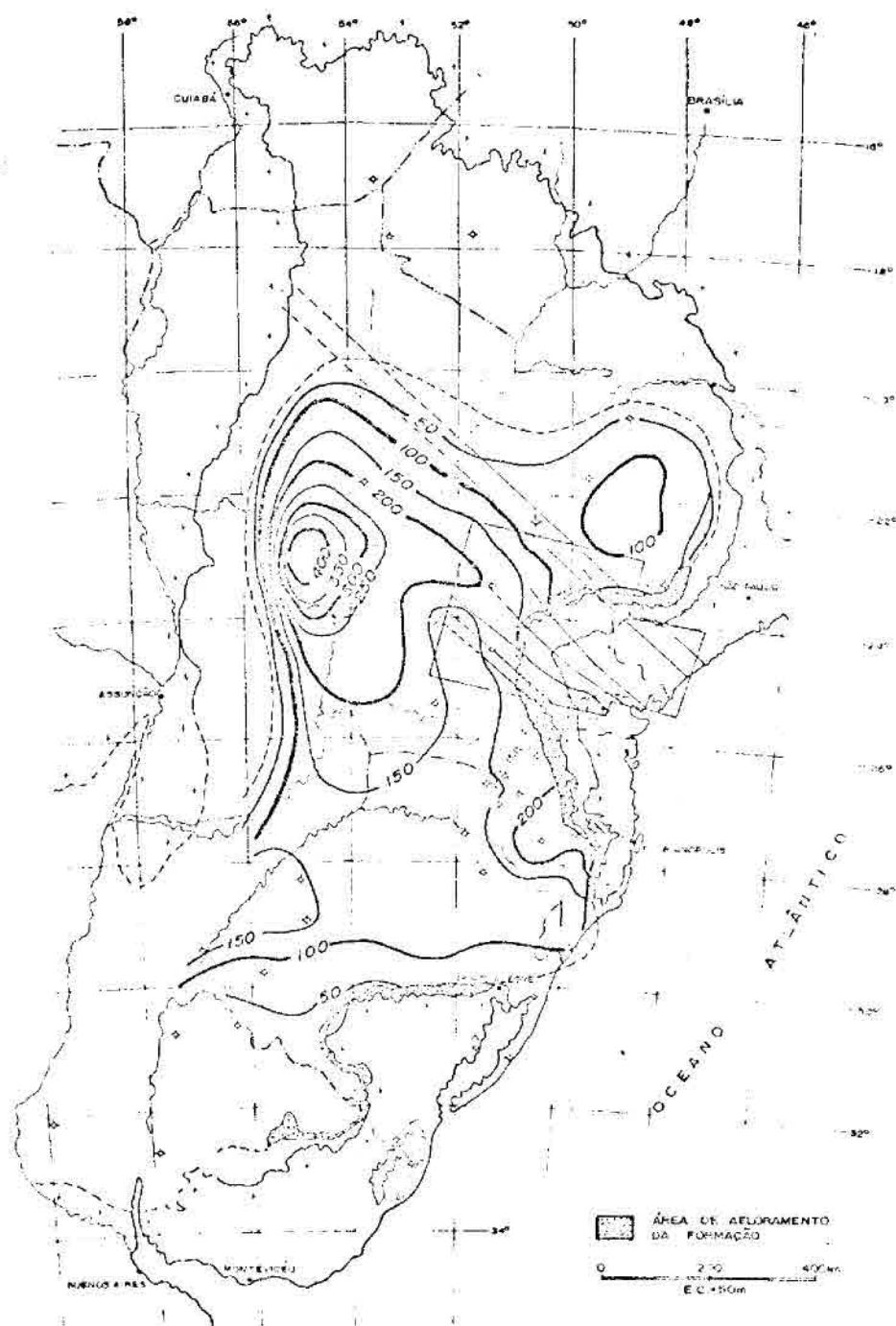


Fig. 4.10 - Mapa de isôpacas da Formação Rio Bonito, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p.99).

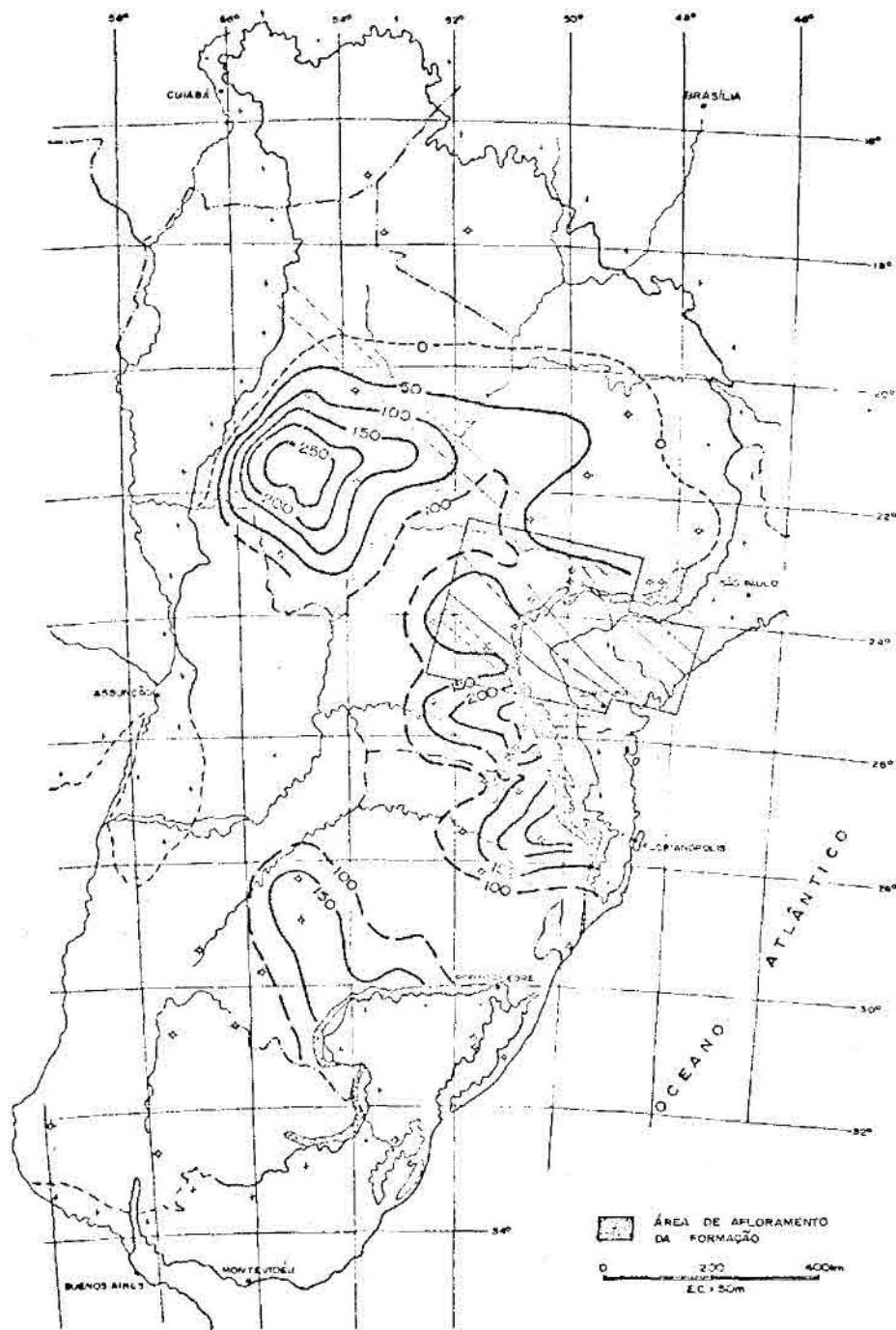


Fig. 4.11 - Mapa de isôpacas da Formação Rio Bonito, modificado de Muhlmann et alii, (IPT, 1980, p. 98).

Após a sedimentação da Formação Rio Bonito, deposita-se a Formação Palermo, cujo mapa de isópacas (Figura 4.12) não evidencia atividade tectônica na região do Arco de Ponta Grossa, atualmente recoberta por aqueles sedimentos. Com o fim da deposição da Formação Palermo, encerra-se o Permiano Médio, correspondente ao Andar Kunguriano e às zonas bioestratigráficas I + J segundo Northfleet et alii (1969). Estes autores apresentam um mapa isópaco deste pacote sedimentar (Figura 4.13) que mostra uma área soerguida com razoável coincidência com o Alinhamento de Ivaí, bem como indicação de um tênue soerguimento que definiria o ápice do arqueamento do Alinhamento de Guapiara, enquanto sob a linha que definiria o ápice do arqueamento de Ponta Grossa no Mesozóico, bem como em suas proximidades, crescem as espessuras de sedimentos, sugerido que a feição, mantida aproximadamente a mesma configuração do Permiano Inferior, portou-se de modo inverso, mais negativamente que as regiões vizinhas.

A deposição da Formação Iratí encontra a Bacia do Paraná em sua fase mais tranquila, de maior estabilidade, como comprovam os sedimentos finos em um pouco espesso pacote sedimentar, com distribuição por quase toda a bacia, provavelmente depositados em um único lago, já que os mergulhos das camadas desta unidade se dão sempre para o interior da bacia (Amaral, 1971). Também o Arco de Ponta Grossa, a esse tempo, provavelmente se manteve inativo, embora o mapa de isópacas da Formação Iratí de Northfleet et alii (1969) - Figura 4.14 - mostre uma suave convexidade do embasamento, numa linha aproximadamente coincidente com o Alinhamento de Ivaí, na região central do Estado do Paraná. Já o mapa de isópacas desta mesma unidade, fruto da reinterpretação dos perfis dos poços feita por Muhlmann et alii (1974) - Figura 4.15 - não evidencia qualquer atividade daquele arqueamento. Por outro lado, Amaral (1971) ao restringir a presença do *Stereosternum Triaxidum* ao Estado de São Paulo e o *Mesosaurus brasiliensis* à porção sul da bacia Iratí, sugerindo ter sido o arco uma barreira ecológica.

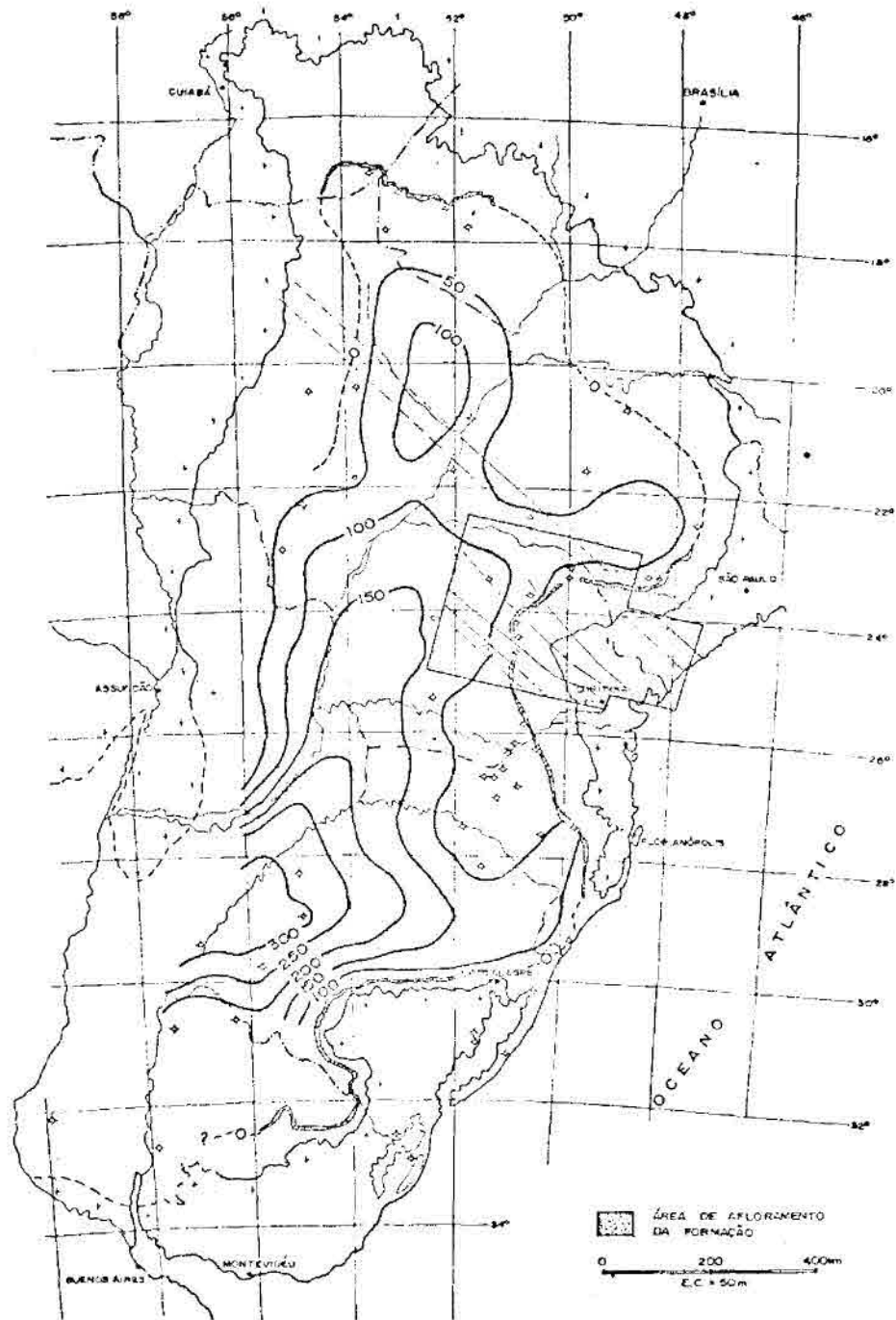


Fig. 4.12 - Mapa de isôpacas da Formação Palermo, modificado de North fleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 101).

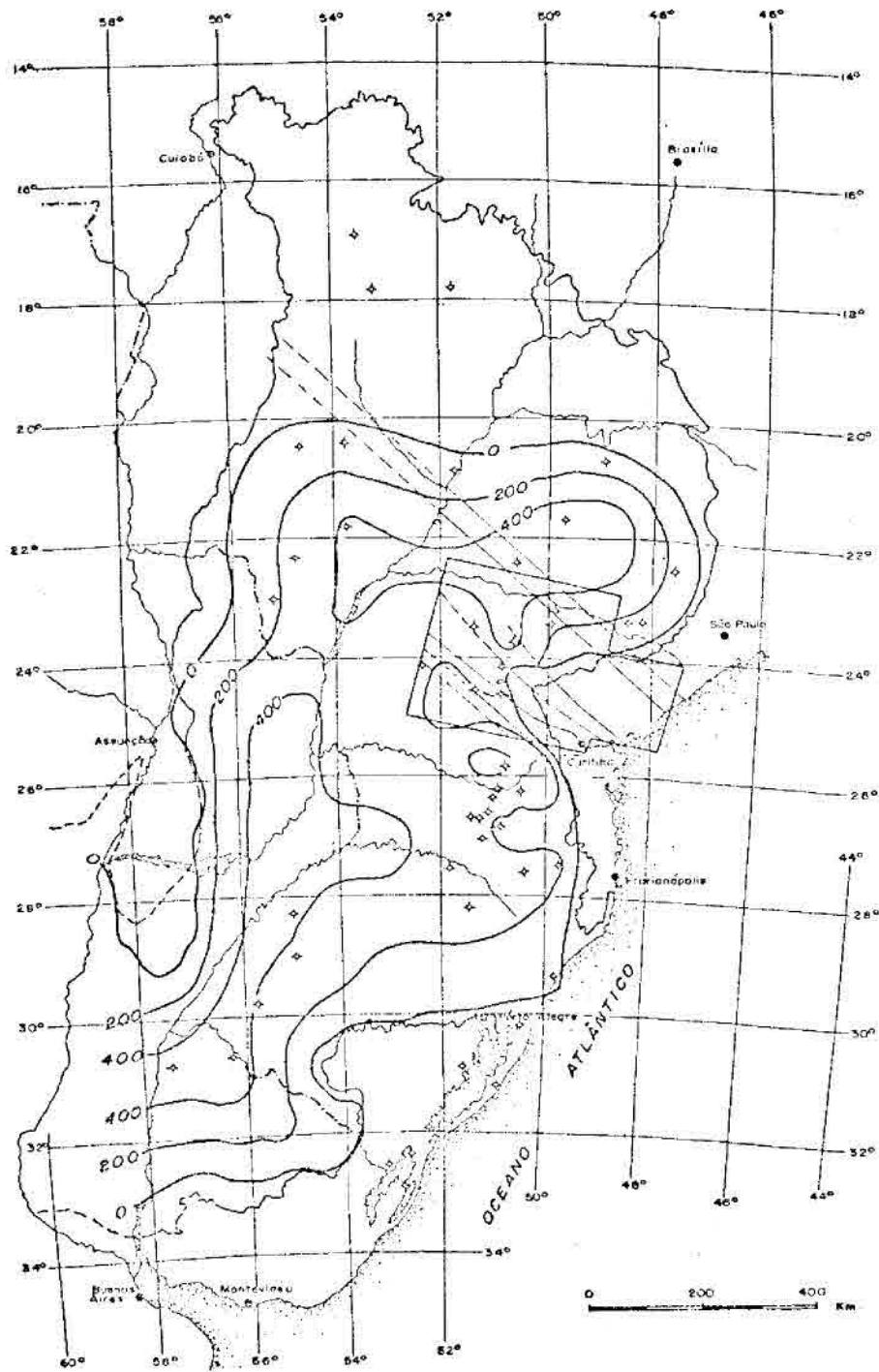


Fig. 4.13 - Mapa de isôpacas do Intervalo Bioestratigráfico I + J, modificado de Northfleet et alii (1969), pág. 334.

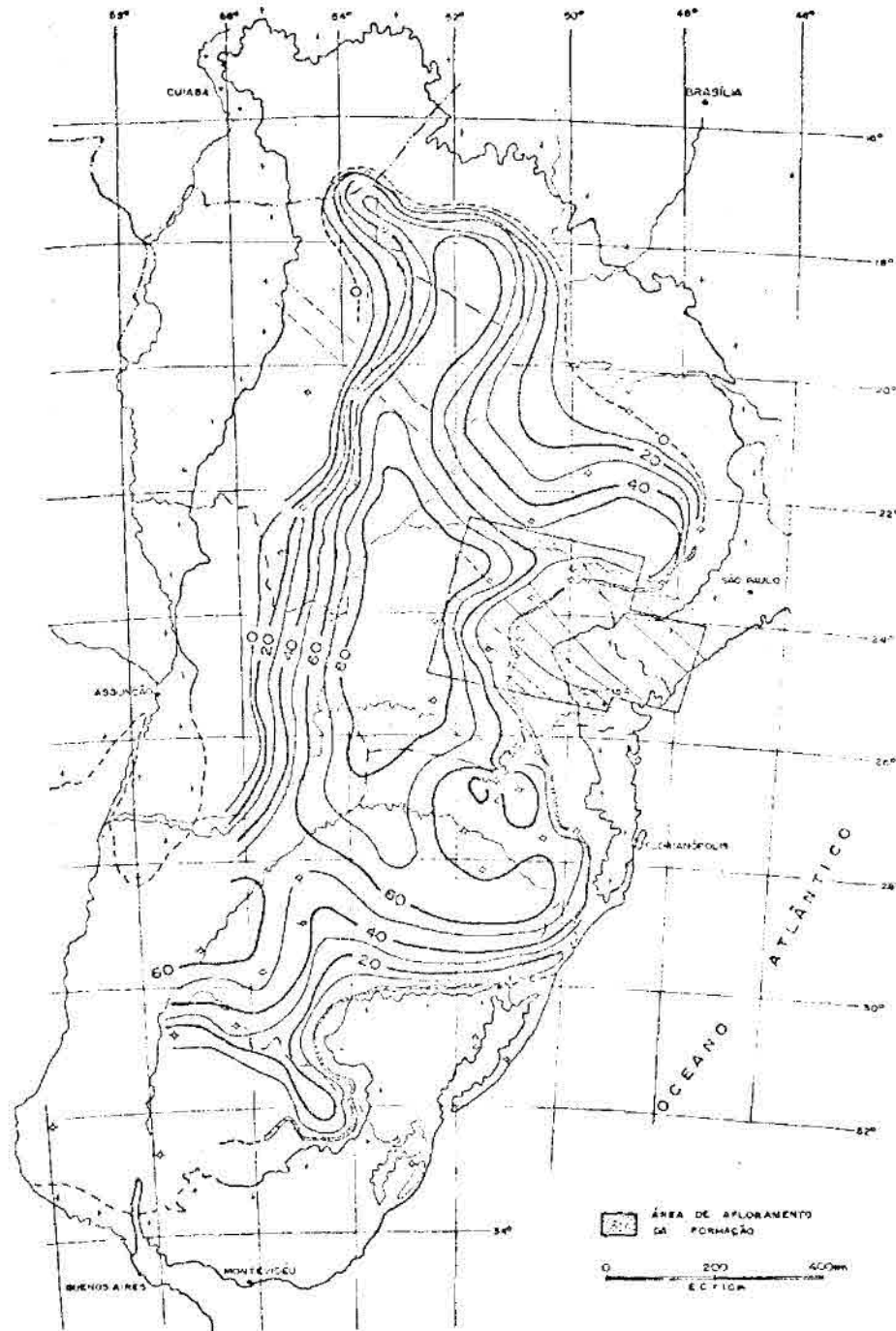


Fig. 4.14 - Mapa de isôpacas da Formação Irati, modificado de North fleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 104).

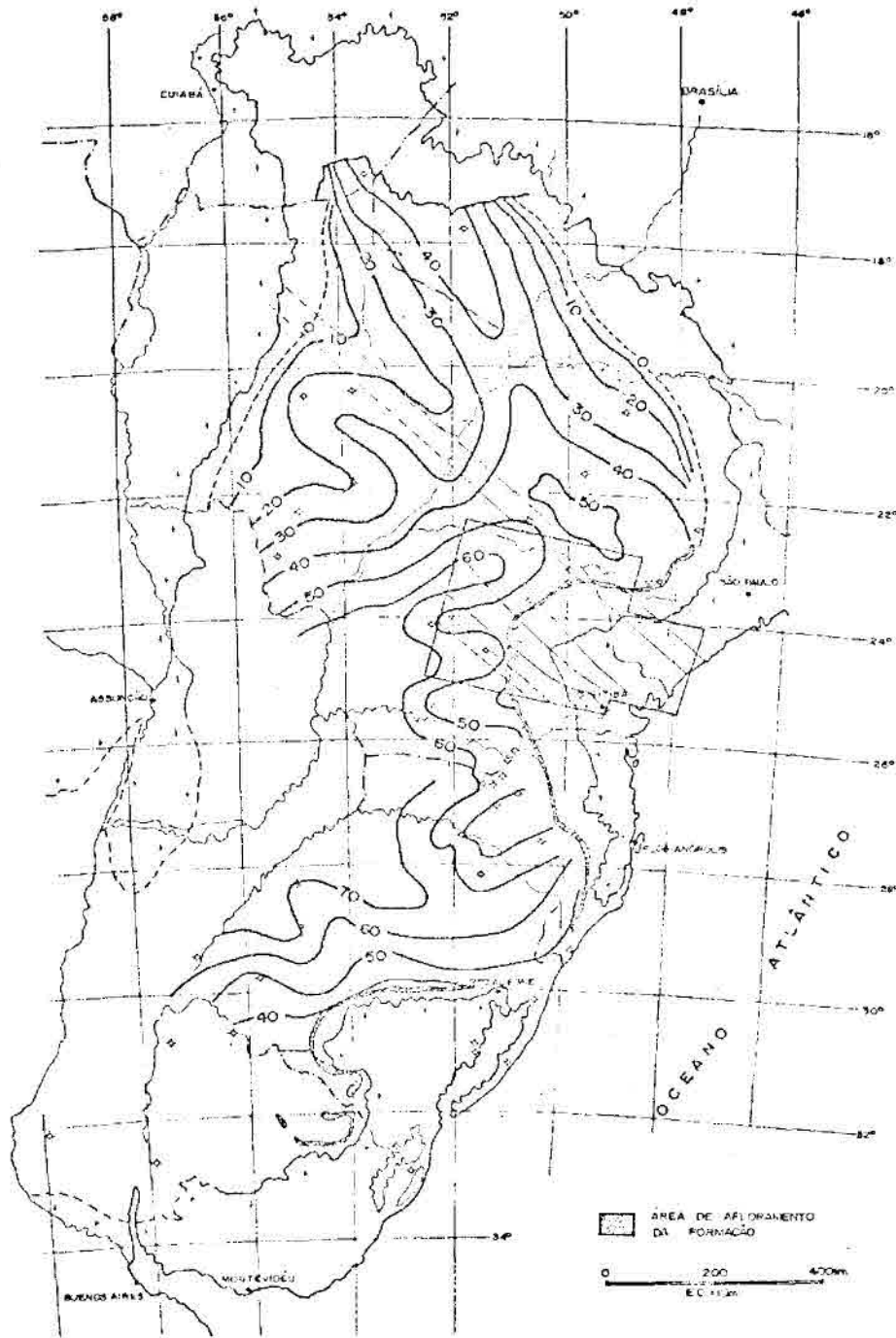


Fig. 4.15 - Mapa de isôpacas da Formação Irati, modificado de Muhlmann et alii, 1974. Relatório 14091 (IPT, 1980, p. 105).



A análise do mapa de isópacas da Formação Serra Alta, conforme definida por Northfleet et alii (1969) não mostra qualquer influência do Arco de Ponta Grossa na sedimentação, seja na versão de Northfleet et alii (1969) - Figura 4.16 - seja na de Muhlmann et alii (1974) - Figura 4.17 - que são bastante semelhantes. Do mesmo modo, o mapa isópaco da Formação Teresina, conforme definido por Muhlmann et alii (1974), não mostra atividade do arqueamento, ao menos dentro do padrão mais frequente utilizado pela feição. A Figura 4.18 mostra este mapa, onde se pode observar uma importante área soerguida ao sul do atual arqueamento, com uma direção estimável em WNW, para a qual não há informação de sua possível continuidade para ESE por ter a erosão feito regredir o contato destes sedimentos para W. Com relação à Formação Teresina, o Alinhamento de Ivaí apenas cruza a área soerguida, enquanto o de Guapiara não se evidencia.

A Formação Estrada Nova, conforme definida por Northfleet et alii (1969), mostra em seu mapa de isópacas - Figura 4.19 - uma suave concavidade do embasamento relativamente concordante com o atual ápice do Arco de Ponta Grossa. Northfleet et alii (1969) já citavam um aumento da porcentagem de areia nos sedimentos do flanco norte da feição, sugerindo com isso alguma atividade do arqueamento. Com respeito aos Alinhamentos de Ivaí e Guapiara, ambos manifestam-se, ainda que debilmente, como zonas de caráter inverso ao da zona central do Arco de Ponta Grossa, ou seja, como suaves soerguimentos.

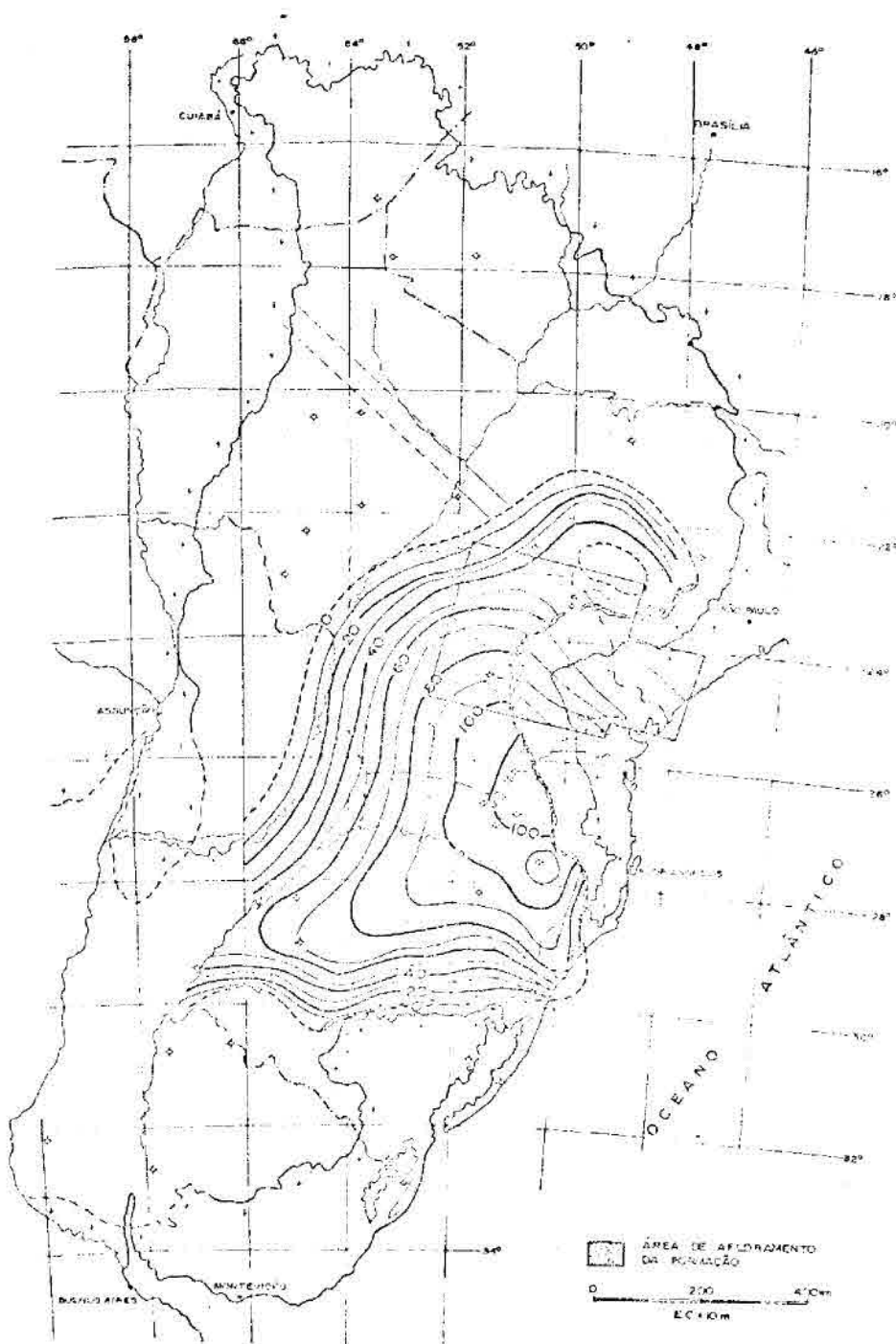


Fig. 4.16 - Mapa de isôpacas da Formação Serra Alta, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 106).

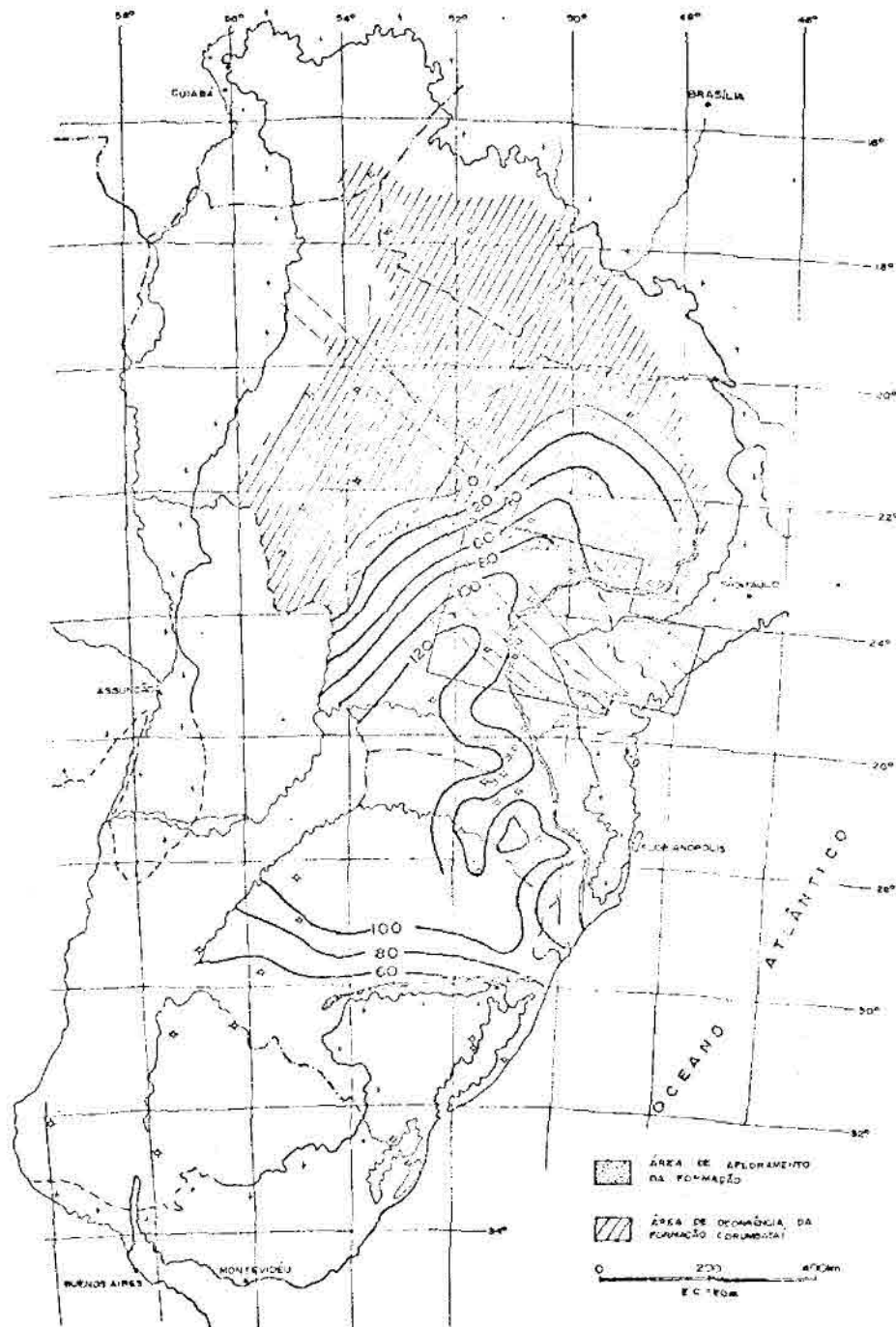


Fig. 4.17 - Mapa de isôpacas da Formação Serra Alta, modificado de Muhlmann et alii, 1974 (IPT, 1980, p. 107).

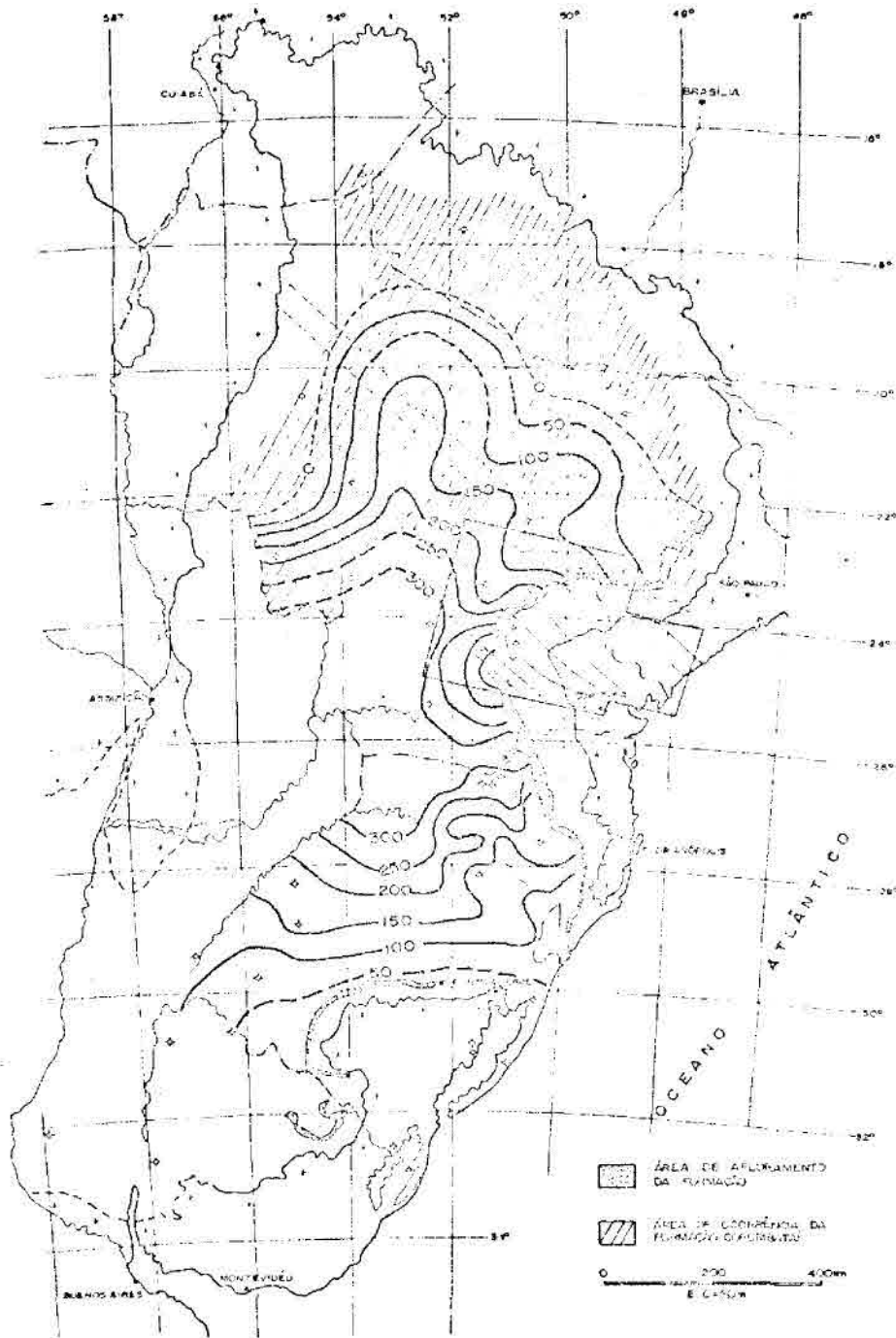


Fig. 4.18 - Mapa de isôpacas da Formação Teresina, modificado de Muhlmann et alii, 1974 (IPT, 1980, p. 110).

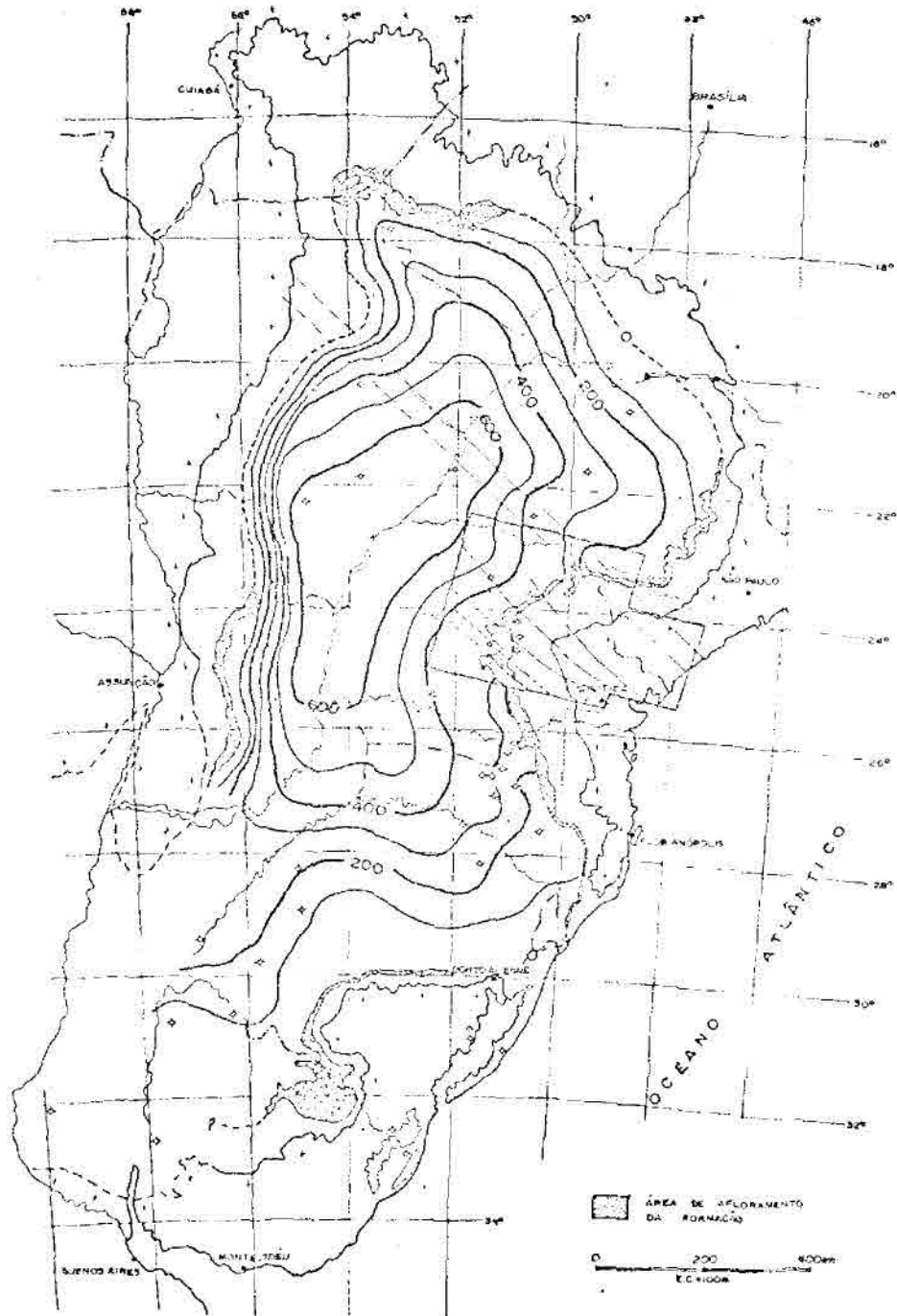


Fig. 4.19 - Mapa de isôpacas da Formação Estrada Nova, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 111).

Encerrando o Permiano, a deposição da Formação Rio do Rasto, conforme definida por Muhlmann et alii (1974), se faz em período de inatividade do Arco de Ponta Grossa, uma vez que não surgem evidências em contrário na Figura 4.20, que mostra o mapa isópaco deste pacote sedimentar. A observação do mapa de isópacos do Membro Morro Pelado, proposto por Fulfaro et alii (1980) - Figura 4.21 - mostra a total ausência do arqueamento naquele tempo. Entretanto, o mapa de isópacos do Intervalo Bioestratigráfico K + L, Andar Kazaniano e Série Permiano Superior, conforme Daemon e Quadros (1970) - Figura 4.22 - mostra uma vigorosa subnegatividade da região central do Arco de Ponta Grossa, relativamente coincidente com o ápice proposto para o Mesozóico até a isópaca de 300 metros, com o limite sul claramente feito pelo Alinhamento de Ivaí. Por outro lado, o mapa isópaco do mesmo intervalo bioestratigráfico proposto por Northfleet et alii (1969), que na realidade não representa o mesmo pacote sedimentar que o anterior, mas sim todo o Permiano Superior, não evidencia qualquer controle importante da sedimentação pelo arqueamento de Ponta Grossa, ou pelos alinhamentos que o ladeiam.

O fim do Paleozóico coincide, para muitos autores, com um soerguimento epirogenético generalizado, o que impossibilitou a fixação de novos sedimentos na Bacia do Paraná. Por outro lado, na porção sul da bacia não se observam evidências nítidas de discordâncias entre as Formações Estrada Nova, Rio do Rasto e Pirambóia, enquanto no Estado de São Paulo ocorre uma brecha basal (regolito fóssil) entre as Formações Corumbataí (correlacionável a Fm Estrada Nova) e Pirambóia, o que demonstra uma discordância entre as duas unidades. Disto, depreende-se que há uma continuidade de deposição da Formação Rio do Rasto na passagem para o Triássico, dando lugar à Formação Pirambóia concordantemente. Como a Formação Rio do Rasto, vinda do sul, persiste aproximadamente até a região ocupada pelo Alinhamento de Guapiara, a área realmente soerguida ao fim do Permiano seria limitada ao sul por aquele alinhamento, sugerindo uma forma de controle por aquela feição ou mesmo pelo Arco de Ponta Grossa.

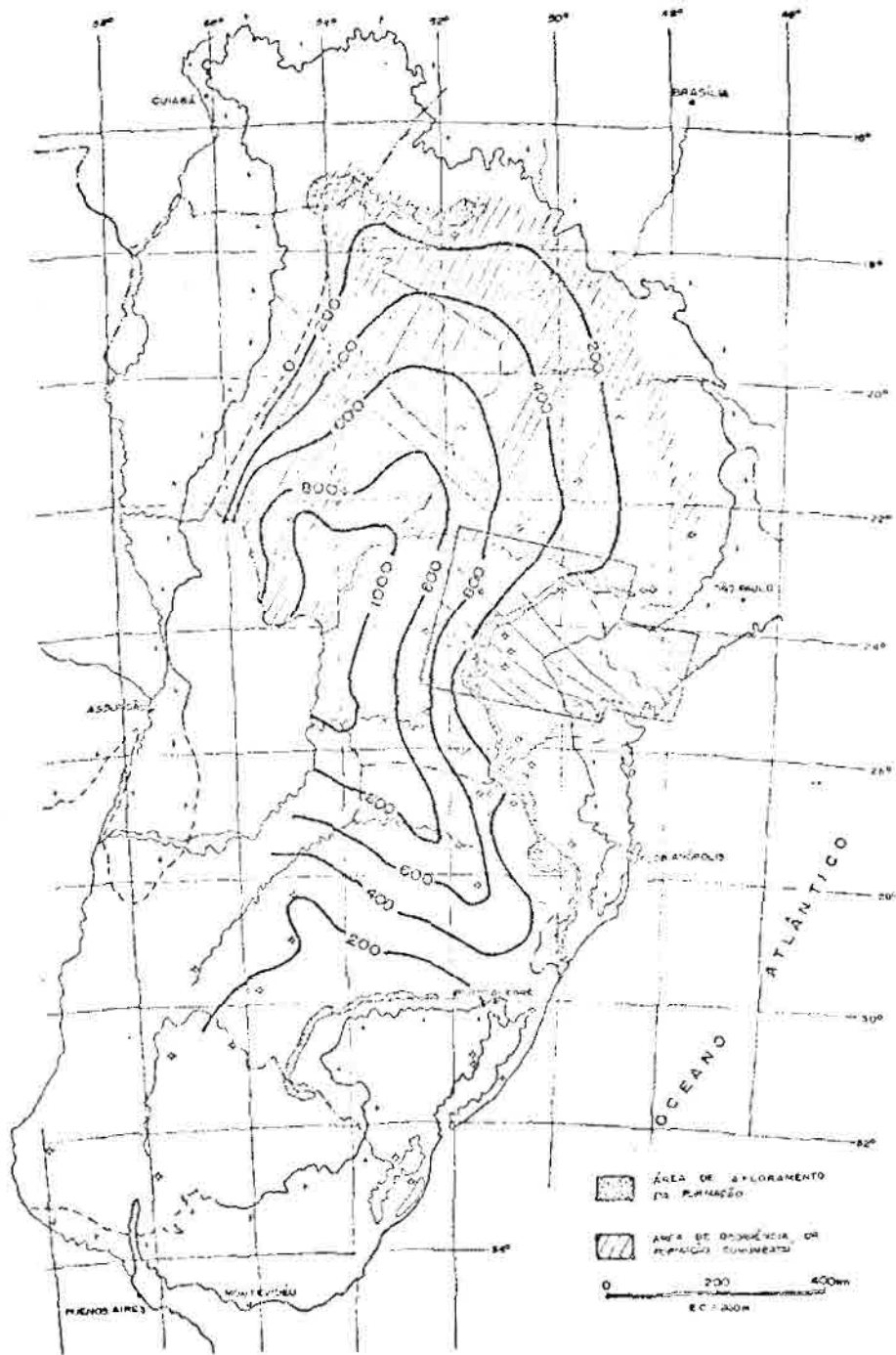


Fig. 4.20 - Mapa de isôpacas da Formação Rio do Rasto, modificado de Muhlmann et alii, 1974 (IPT, 1980, p. 113).

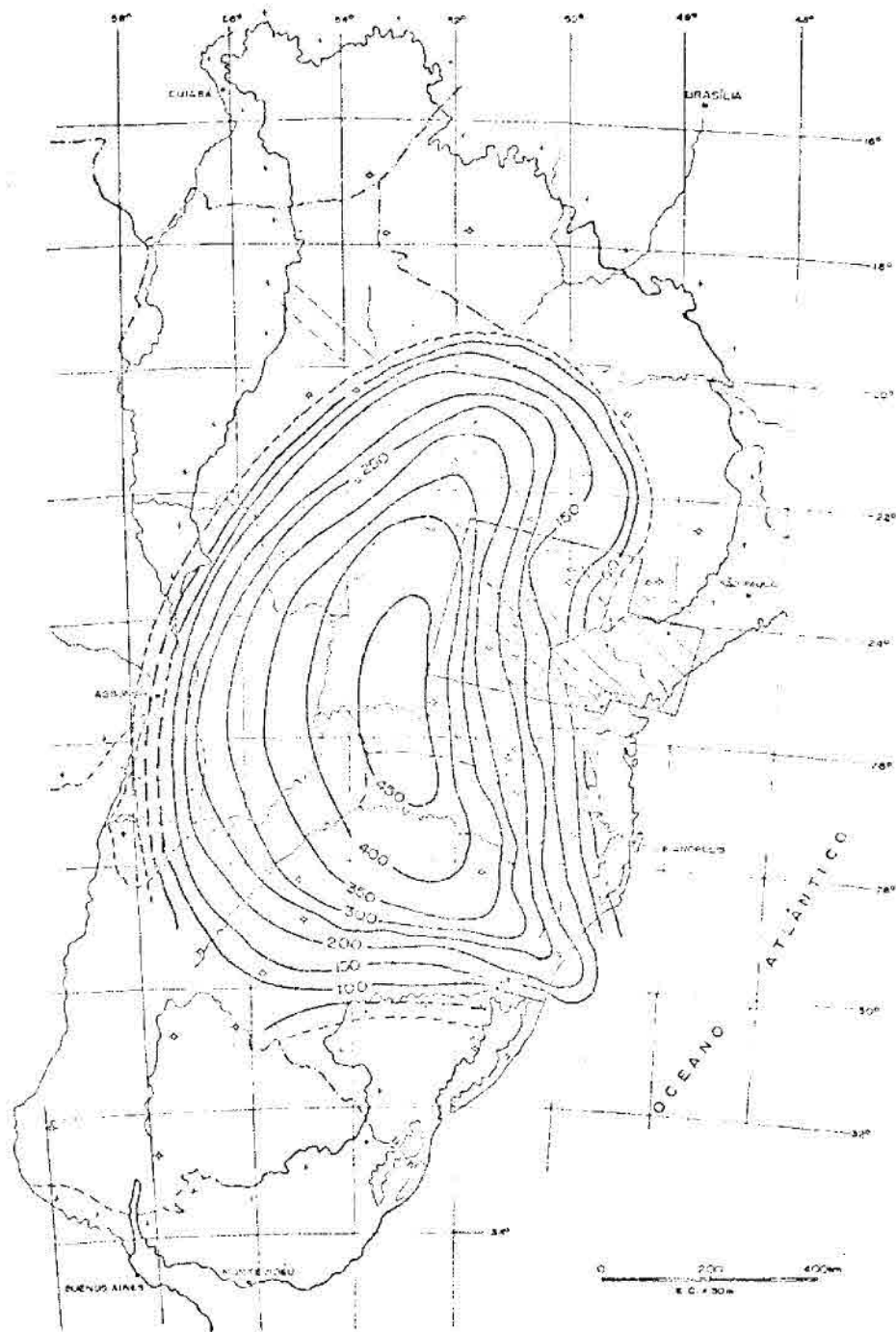


Fig. 4.21 - Mapa de isôpacas da Formação Rio de Rasto (M3 Morro Pela do modificado do Fulfaro et alii 1980 (IPT, 1980, p. 115).



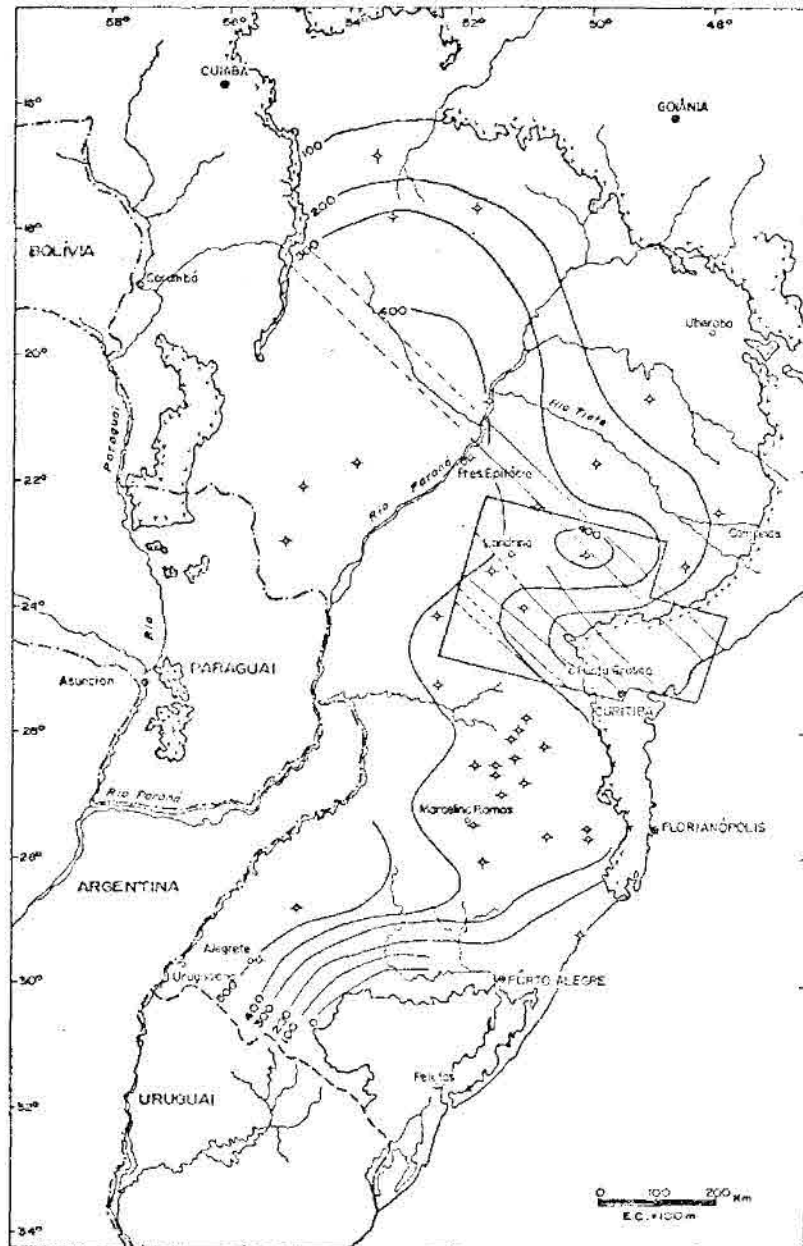


Fig. 4.22 - Mapa de isôpacas do Intervalo Bioestratigráfico K + L, modificado de Daemon e Quadros (1970), pág. 376.

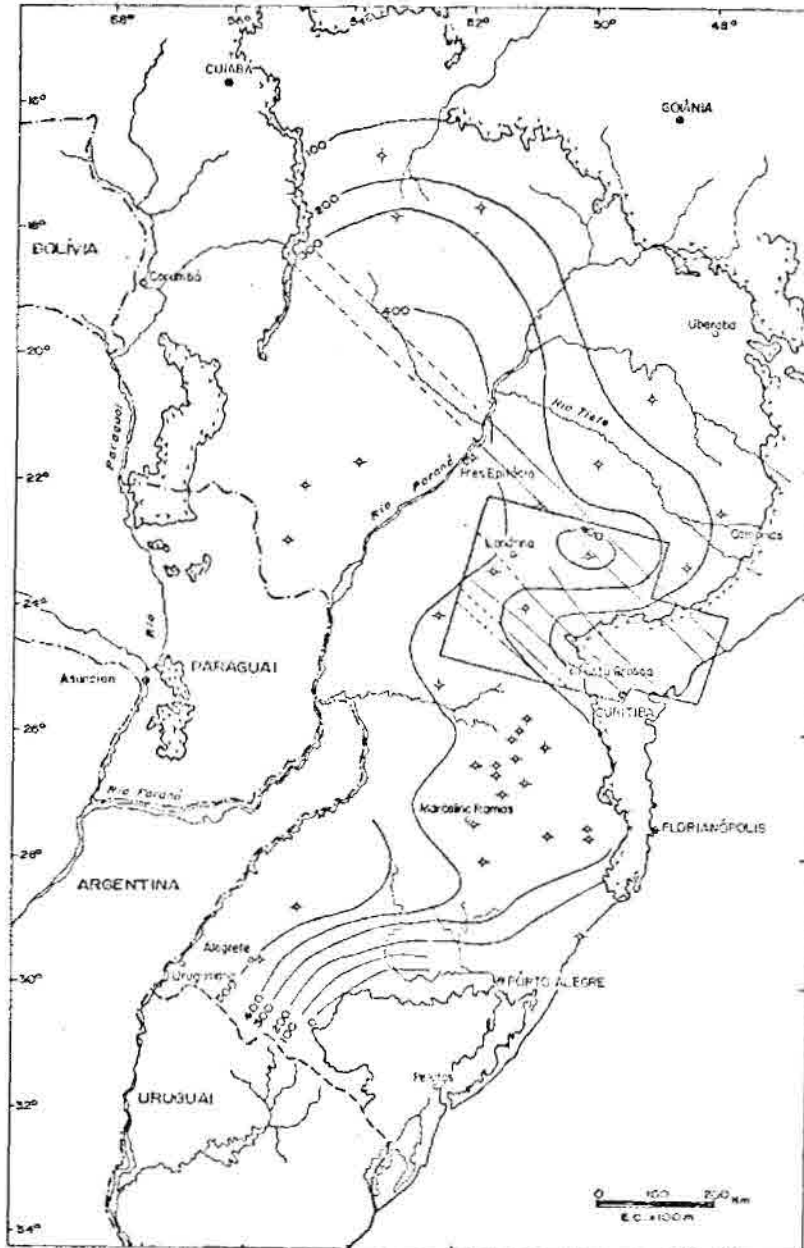


Fig. 4.22 - Mapa de isôpacas do Intervalo Bioestratigráfico K + L, modificado de Daemon e Quadros (1970), pág. 376.

Durante o Triássico Médio volta a haver sedimentação mais generalizada na Bacia do Paraná e então o Arco de Ponta Grossa, portando-se como um alto, separa as Bacias Pirambóia ao norte, e Rosário do Sul ao sul, com tal situação mantendo-se até o Jurássico (IPT, 1980). De fato, o mapa de isópacas das Formações Rosário do Sul e Pirambóia - Figura 4.23 - evidencia um grande alto, com direção NNW, que se estenderia desde as proximidades da cidade de Tubarão (SC) até a região do Pontal do Paranapanema (SP/MS). Por outro lado, a superposição, a este mapa, da faixa que representa a zona do ápice, bem como o próprio ápice, permite uma interpretação diversa: a um soerguimento mais generalizado da borda leste da bacia do Paraná, ao sul de Curitiba, sobrepor-se-ia um soerguimento do Arco de Ponta Grossa, apenas com tal arqueamento mostrando-se mais intensamente flexionado para NNW que o proposto a partir da análise dos diques Juro-Cretáceos. Com respeito a esse mapa, o Alinhamento de Guapiara mostra-se concordante com as isópacas, sem, no entanto, limitá-las. Para o mapa de isópacas da Formação Botucatu "sensu strictu", Figura 4.24, o ápice proposto para o arqueamento possui um bom ajuste até a isópacca de 150 metros na região de Maringá (PR), onde aparentemente se encerra o soerguimento do Arco de Ponta Grossa a esse tempo. O limite sul do arqueamento coincide razoavelmente com o Alinha to de Ivaí, enquanto que o limite norte se faz grosseiramente com o Alinhamento de Guapiara.

Durante o Triássico e o Jurássico houve quietude na ortoplataforma mas, no Jurássico Superior, a Reativação Wealdeniana interrompeu tal estabilidade, com o magmatismo básico da Bacia do Paraná sendo uma manifestação dessa reativação, bem como seu derivados alcalinos e ultrabásicos (Almeida, 1967). Ao fim do Jurássico, imediatamente antes do início do magmatismo básico, aparentemente houve um período não-deposicional, uma vez que existem evidências de que a Formação Botucatu já se apresentava litificada quando houve os primeiros derrames (Leinz, 1949), já que na base de derrames da Formação Serra Geral foram identificadas brechas com fragmentos de arenitos da Formação Botucatu, bem como são conhecidas ocorrências de cavalgamento de dunas por diabásios (Almeida et alii, 1976), dunas que seriam destruídas se formadas por areias inconsolidadas. Nessa época, o Arco de Ponta Grossa deve ter

Se erguido muito, com as fraturas de tensão paralelas ao seu eixo sendo preenchidas por centenas de diques de diabásio, muitos dos quais alimentando derrames e "sills" (IPT, 1980). Já Bowen (1966) supõe que o soerguimento do arco está geneticamente relacionado com o grande "trap" da Bacia do Paraná, e que o enxame de diques associado ao arqueamento  um importante sítio alimentador de derrames, tal como supõe Marini et alii (1967), com o que discordam diversos autores como Leinz (1949), Amaral et alii (1966), Northfleet et alii (1969) e Fulfaro (1971), que não citam a região abrangida pelo arqueamento como um dos principais sítios de alimentao. Por outro lado, a frequente observao de diques que alimentam derrames, já citada e observada com grande clareza pelo autor na região de Fartura (SP), associa, sem deixar margem a dvidas, o arqueamento ao extravasamento de mangas basálticos.

A observao do mapa de ispacas da Formao Serra Geral (Figura 4.25) mostra um discreto aumento de espessura dos basaltos sobre a linha do ápice do arqueamento, a qual, em sua continuidade, corta ao meio o depocentro daquela formao.  interessante observar que sobre o arqueamento nas isolinhas de 1000 e 1500 metros, o limite sul da zona de maior densidade de diques e a extrapolao da continuidade do limite norte limitam também a área de maior espessura de basaltos, dada pela inflexão das curvas. A extrapolao da continuidade do ápice do arqueamento para além do depocentro da formao mostra que aquela extrapolao passa no meio de uma longa faixa de espessuras maiores, faixa que também na porão NW da bacia continua limitada pela extrapolao das continuidades dos limites da zona de maior densidade de diques (Figura 4.26). Estes fatos foram interpretados como uma indicao de que o Arco de Ponta Grossa, bem como sua possível continuidade para NW, seria uma área preferencialmente alimentadora dos derrames, em comparao com as vizinhas. Os Alinhamentos de Guapiara e de Ivaí, por sua vez, situam-se sobre áreas com suave diminuio de espessuras de basaltos sobre a região central do arqueamento, limitando grosso modo o depocentro da formao se for feita uma explorao para NW do Alinhamento de Ivaí.

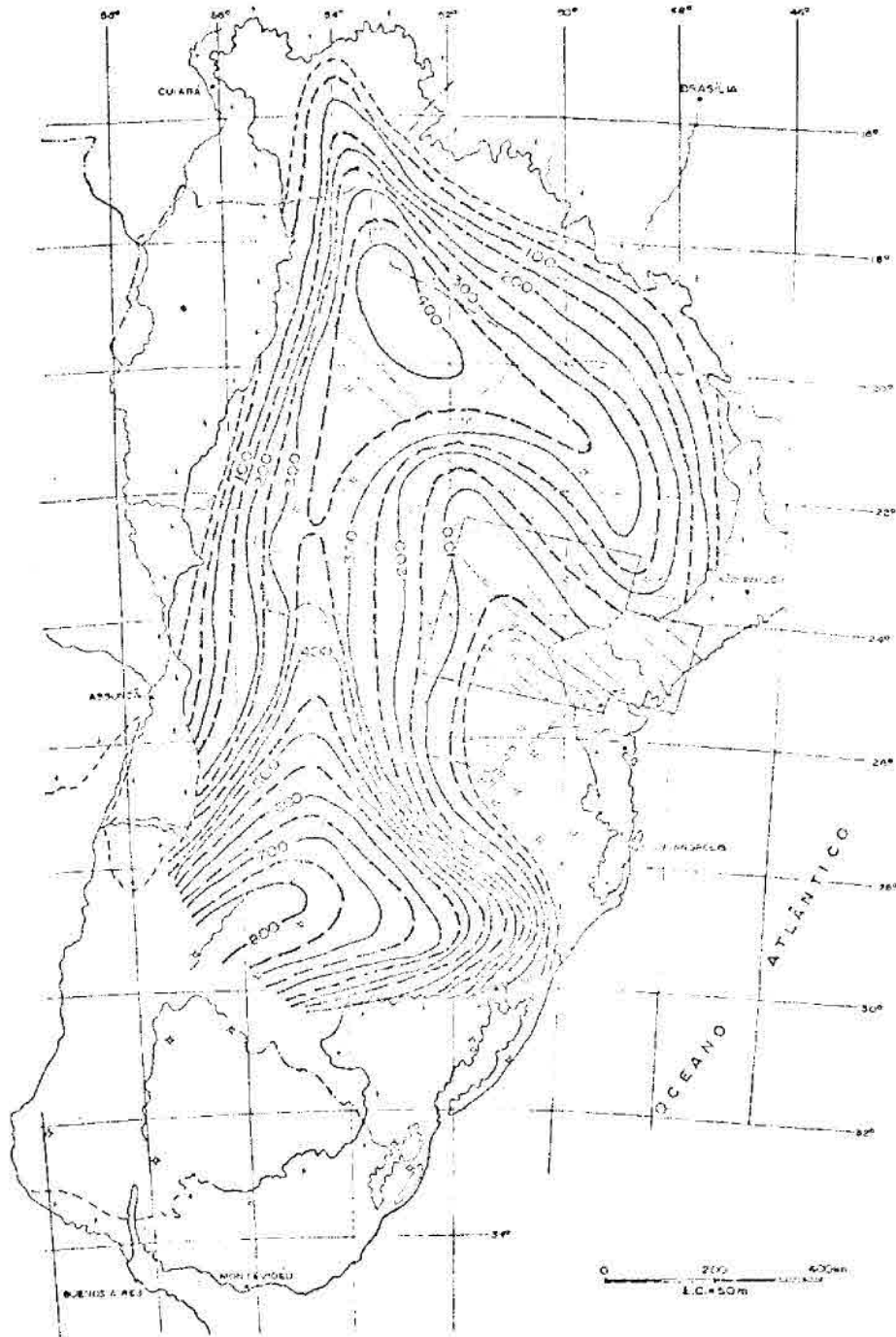


Fig. 4.23 - Mapa de isôpacas das Formações Pirambóia e Rosário do Sul, modificado de Fulfaro et alii, 1980 (IPT, 1980, p. 59).

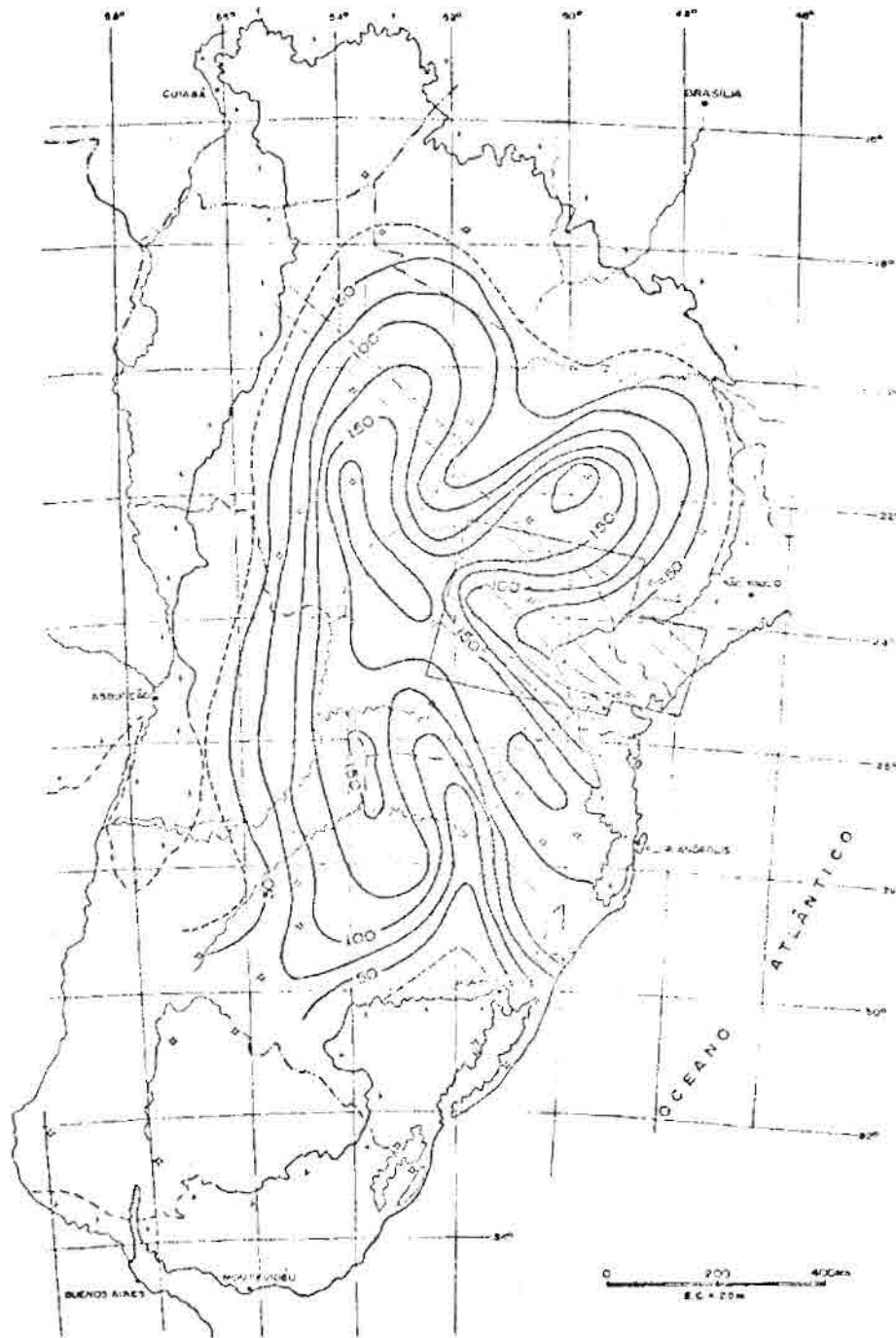


Fig. 4.24 - Mapa de isôpacas da Formação Botucatu, modificado de Fulfa  
ro et alii, 1980 (IPT, 1980, p. 129).

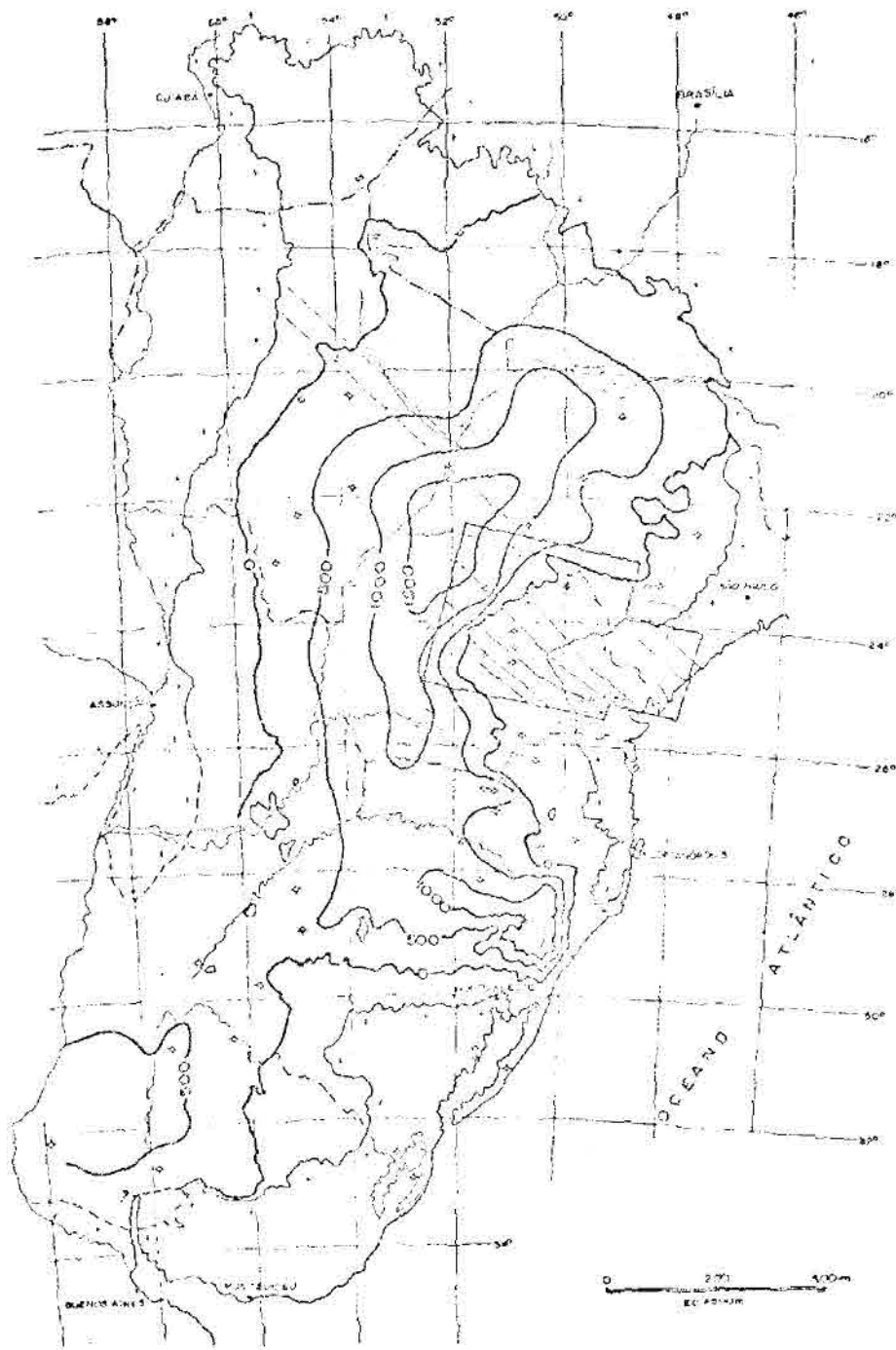


Fig. 4.25 - Mapa de isôpacas da Formação Serra Geral, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 72).

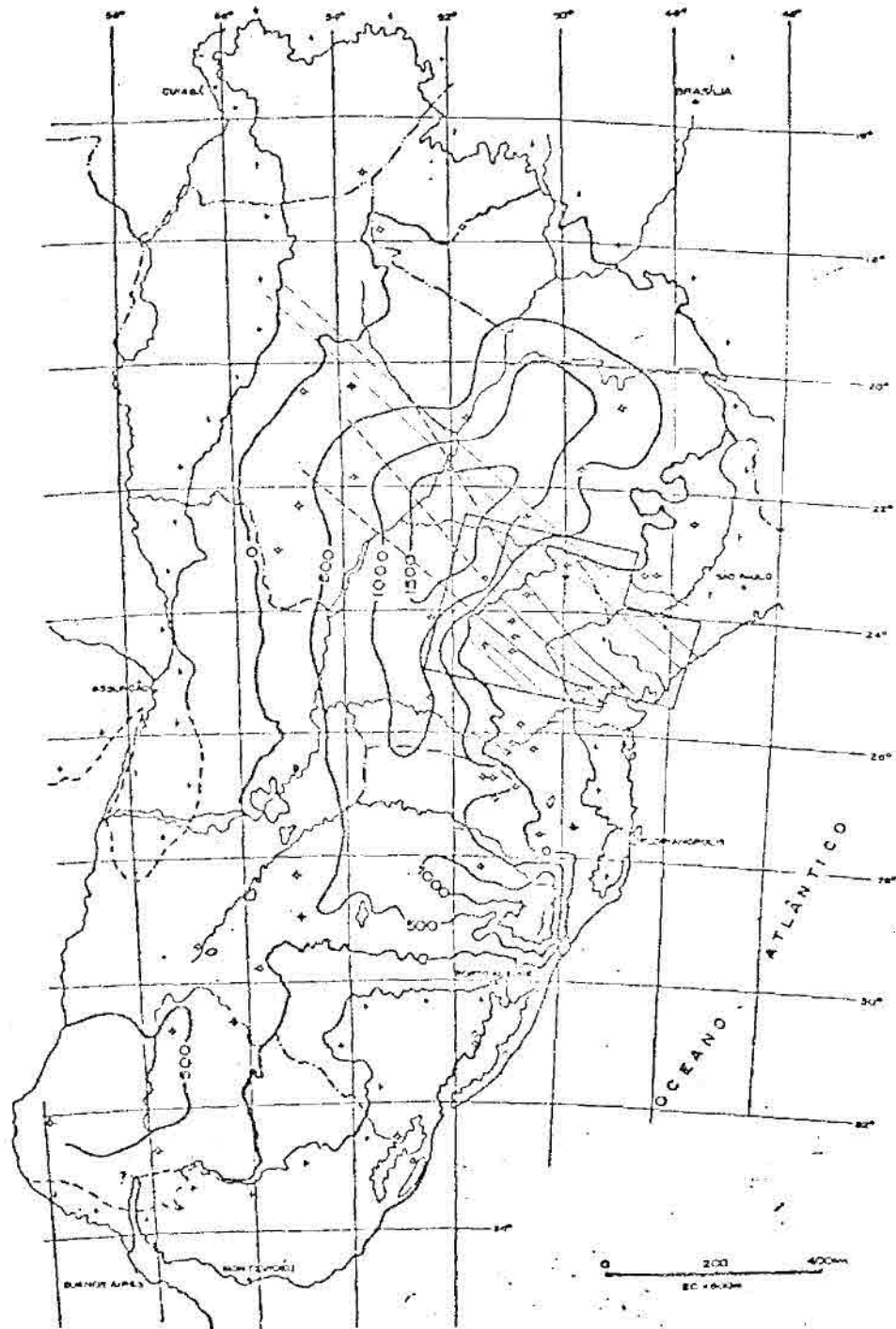


Fig. 4.26 - Mapa de isôpacas da Formação Serra Geral com extrapolação da zona de maior densidade de diques, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 72).



Depois do grande derrame basáltico, o Arco de Ponta Grossa manteve-se em soerguimento. Fulfaro (1971) afirma que aquele arqueamento tornou-se um elemento estrutural positivo, tal como aparece geograficamente hoje, no Cretáceo Superior. Também o relatório 12385 (IPT, 1979) assume que o soerguimento daquele arco persistiu até o fim do Cretáceo Superior e Fulfaro (IPT, 1980) conclui que a atividade daquela feição, ao fim do Mesozóico, imprimiu a seus flancos uma estruturação em homoclinais. O Grupo Bauru foi meridionalmente limitado pelo arqueamento, que também influenciou na instalação da drenagem dos rios Paranapanema, Tibagi, Iguaçú impediu a instalação de uma verdadeira depressão periférica no Estado do Paraná (IPT, 1980). O condicionamento de drenagens pela estrutura em questão (rios Taquaruçu e afluentes) no Estado de Mato Grosso do Sul também foi aventada no relatório 12385 (IPT, 1979), trabalho que bem documenta a atividade pós-derrame do arqueamento nos sistemas de fraturas verticais e subverticais, orientadas a NW. A observação dos Mapas de Diagramas de Rosáceas de Lineamentos desse último relatório mostra a importância assumida pela direção NW em lineamentos que, vindos do Paraná, passam por Itororô do Paranapanema (SP) e Mirante do Paranapanema (SP), com certa persistência para o NE e ausentes para o SW, o que demonstra mais uma vez a inflexão para NW da área afetada pelo Arco de Ponta Grossa.

Bowen (1966), a partir de reconstruções das Formações Paleozóicas e da análise de seu posicionamento pretérito e atual, propõe um soerguimento mínimo do Arco de Ponta Grossa da ordem de 7500 metros, valor que Almeida (1976) julga superestimado, mas que certamente atinge alguns milhares de metros, uma vez que nada autoriza a negação da presença pretérita de sedimentos Paleozóicos e Mesozóicos onde hoje aflora o embasamento da bacia.

O mapa de contorno estrutural do embasamento (Figura 4.27) fornece, ao mesmo tempo, as características deposicionais médias da bacia e os efeitos erosionais a que foi submetida, especialmente após o término da sedimentação. Isto certamente colaborou vigorosamente para diminuir a espessura total dos sedimentos em direção ao Arco de Ponta Grossa, uma vez que o arqueamento, apresentando-se como um alto no

Cretáceo e mesmo no Cenozóico, levou a região a ser fortemente denudada pela erosão, como evidencia a forma arqueada com que se apresentam os contatos das várias formações da bacia sobre o ápice da feição. Deste modo, o que se pode extrair deste mapa, no tocante ao arqueamento, é uma somatória de seus efeitos durante toda a história da Bacia do Paraná, desde o Devoniano até nossos dias. Dentro dessa visão, observa-se uma muito boa concordância do ápice proposto para o arqueamento com a flexões das curvas de isoprofundidade do embasamento até aquela de 3000 metros. Com respeito aos Alinhamentos de Ivaí e Guapiara, esses aparecem debilmente marcados em discretas flexões nas curvas de isoprofundidade; porém, este último, manifesta-se claramente como um alto na borda NW da Bacia, evidenciando, mais uma vez, sua característica amplamente regional. Esta análise da Figura 4.27 é a última a ser feita depois de uma longa série de mapas de isopacas, vindo coroar a sequência, reforçando grandemente a proposição feita para o posicionamento do ápice do Arco de Ponta Grossa, um ápice localizado a partir do enxame de diques de diabásio do Juro-Cretáceo que ocupou, em sua intrusão, fraturas de tensão abertas em zonas de fraqueza certamente geradas não só naquele tempo, mas no decorrer dos vários movimentos oscilatórios que afetaram a região.

A observação da evolução dos movimentos oscilatórios, que se deram na região do Arco de Ponta Grossa e na Bacia do Paraná como um todo, mostra uma correlação razoavelmente definida e sem dúvida interessante. Assim, se já a partir da deposição da Formação Rio Bonito a bacia ingressava em um período de maior estabilidade (Almeida, 1981), a deposição do Grupo Passa Dois reconhecidamente se fez em um período tranquilo da então sinéclise, como mostram os sedimentos mais pelíticos, agrupados em pacotes sedimentares pouco espessos e com larga distribuição pela bacia, exceção feita à Formação do Rio do Rasto, que se apresenta bastante espessa, e, provavelmente, contemporânea ao soerguimento da porção norte da bacia, região que até mesmo não apresenta aquela unidade. Pois bem, a partir da deposição da Formação Palermo, e em todo o Grupo Passa Dois, o Arco de Ponta Grossa manteve-se em relativa calma, havendo tão somente evidências de singelas subsidências e soerguimentos, conforme visto anteriormente. Gama (1979) apresenta uma interessante confirmação da calma presente não só na região do Arco de Pon

ta Grossa, mas na borda leste da bacia, uma vez que ele demonstra que o aporte de sedimentos para o Grupo Passa Dois fez-se de oeste para Leste, com o Arco de Assunção provavelmente apresentando algum soerguimento. A quele autor, tendo estudado as várias formações do Grupo Passa Dois, não o fez com a Formação Irati. Por outro lado, Rodrigues e Quadros (1976), analisando a mineralogia das argilas e o teor em boro das formações Paleozóicas da Bacia do Paraná, mostram que houve diminuição da paleossalinidade da Formação Irati para W, onde aquela formação mostra-se mais arenosa, e afirmam ainda que para as demais unidades do Grupo Passa Dois persiste a tendência de maiores paleossalinidades na parte leste da bacia, reflexo das influências terrestres procedentes de Oeste, o que confirma os estudos paleogeográficos e paleoambientais de Gama (1979), bem como a ausência da região do Arco de Ponta Grossa como um alto sensível. Em resumo, os períodos de grande atividade da Bacia do Paraná parecem coincidir com aqueles do arqueamento de Ponta Grossa, como mostram os vigorosos movimentos verticais sofridos pela feição no Devoniano, no Permiano Inferior e no Juro-Cretáceo, simultaneamente à acumulação de grandes espessuras de sedimentos, enquanto nos períodos de calma, o arqueamento em questão também se acalmava, como foi demonstrado acima.

Os mapas isópacos utilizados neste capítulo foram executados de acordo com as informações fornecidas pelos poucos poços existentes até 1969 - haviam somente nove poços nas imediações do Arco de Ponta Grossa. Desde então a PETROBRÁS S.A. paralizou temporariamente suas atividades na Bacia do Paraná. São mapas bastante gerais, que impossibilitam a interpretação de estruturas de menor porte mas, certamente, fornecem as tendências dominantes das espessuras dos vários pacotes sedimentares que compõem a bacia.

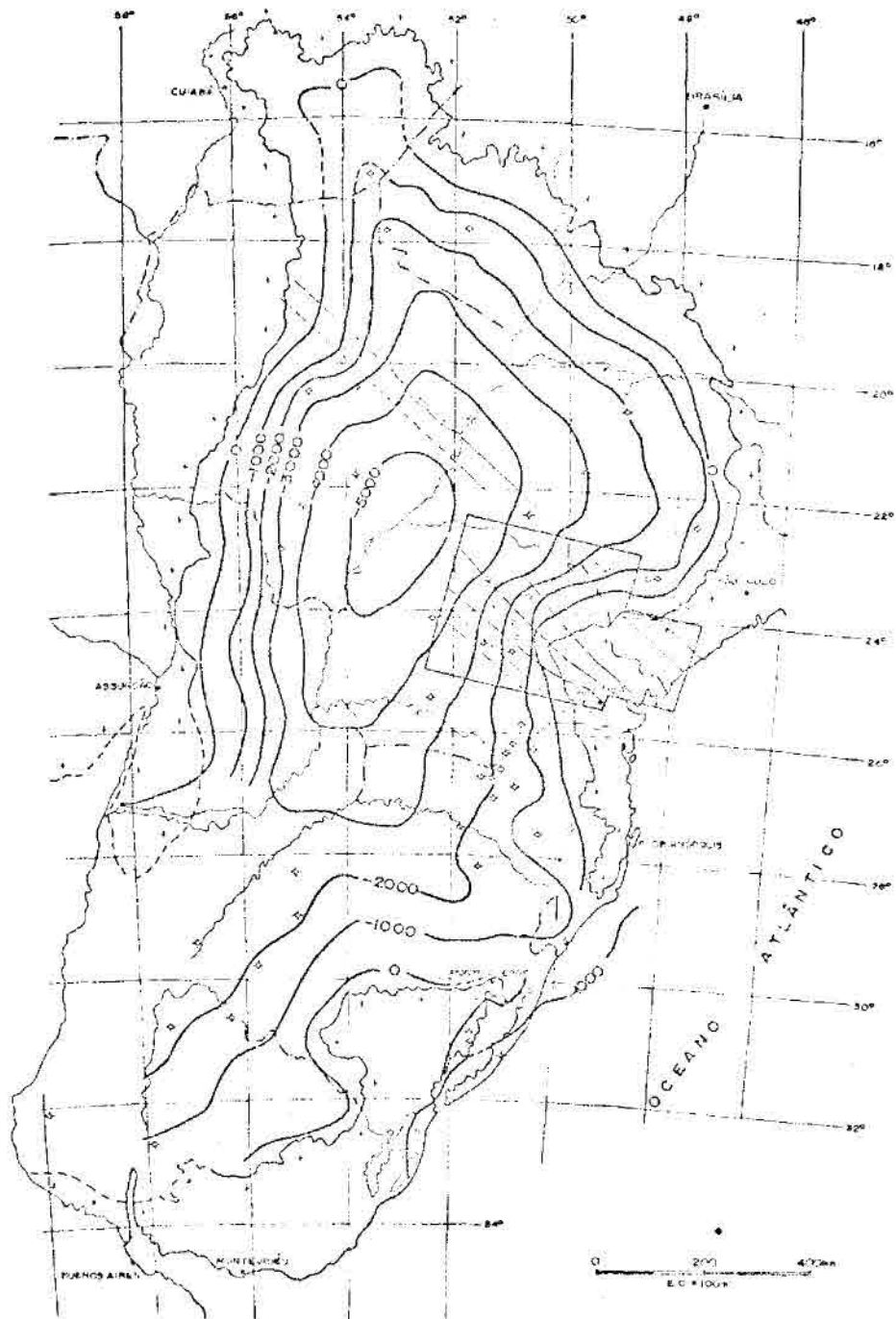


Fig. 4.27 - Mapa de contorno estrutural do embasamento, modificado de Northfleet et alii, 1969 (IPT, 1980, p. 52).

#### 4.3 - MAGMATISMO

A associação de áreas arqueadas com magmatismo, tanto básico como alcalino, é defendida por muitos autores para diversas regiões do planeta (Sorensen, 1974). Almeida (1969) cita perto de três dezenas de intrusões alcalinas em áreas que foram tectonicamente soerguidas nas bordas da Bacia do Paraná. Almeida (1971) afirma que as intrusões alcalinas são ausentes das áreas internas das grandes bacias sedimentares, assim como do interior estável dos escudos, mas estão presentes nas faixas tectonicamente ativas que separam tais províncias, em áreas soerguidas ou em grandes sistemas de falhas. Asmus (1978) igualmente sugere que o magmatismo alcalino da região Sul/Sudeste do Brasil está associado a processos de arqueamento litosférico. Algarte (1972) chama atenção para um nítido alinhamento NW de várias intrusões, com direção paralela ao eixo do Arco de Ponta Grossa. Já a associação do magmatismo básico que afetou a Bacia do Paraná com este arqueamento é largamente evidenciada pelo denso enxame de diques que ocorre na região central do arqueamento. Este enxame de diques, de orientação N40 - 60W, concentra-se na região de arqueamento máximo - e portanto, de tensão máxima - do Arco de Ponta Grossa, ocupando falhas e fraturas que teriam sido condutos para os magmas básicos originários dos extensões lençóis de lavas da Bacia do Paraná (Fuck et alii, 1969).

Uma vez evidenciada a associação arqueamento/magmatismo, far-se-á uma exposição de alguns pontos de interesse, em subseções específicas.

##### 4.3.1 - MAGMATISMO BÁSICO

O magmatismo básico do Arco de Ponta Grossa manifestou-se sob a forma de numerosos diques e também como sills e derrames, os quais, em grande parte, foram erodidos, bem como as formações sedimentares subjacentes, fornecendo a forma em arco hoje ostentada pela Bacia do Paraná na região (Marini et alii, 1967). A concentração anômala de diques na região do arqueamento já vem sendo constatada por diver

soos autores como Bowen (1966), Fulfaro et alii (1967), Marini et alii (1967) e Fuck et alii (1969) entre outros. Esta concentração chega, localmente, até quatro diques por quilômetros, com possanças entre 20 e 600 metros, mais espessos em média na porção central da faixa de maior concentração, onde são comuns diques com 200 metros de espessura e comprimento entre 1 e 50 quilômetros e mais frequentemente entre 5 e 20 quilômetros (Marini et alii 1967). Diques com possança ainda maior, da ordem de 900 metros, já foram observados (Almeida, 1981).

Quanto à composição dos diques, Fulfaro e Suguio (1967) propõem a existência de variações apenas texturais, com relativa uniformidade mineralógica. Já Marini et alii (1967) descrevem a presença, na zona central do arqueamento, de diques de diorito, diorito-pôrfiro e quartzo-diorito, e o autor deste trabalho também pode observar diques com presença de microdiorito e diorito pôrfiro na região de Castro. Estas rochas são todas consanguíneas e pertencentes à província magnética basáltico-toleítica do Brasil Meridional, originadas por uma diferenciação ainda contravertida.

Marini et alii (1967) fizeram um estudo petrográfico dos principais tipos litológicos que observaram nos diques aflorantes no Pré-Cambriano da região, o qual está exposto resumidamente a seguir:

- 1) *Diabásios* - rochas melanocráticas, com coloração cinza-escuro a preto, holocristalinas, com granulação fina a média e textura ofítica, constituindo-se basicamente em plagioclásio e clinopiroxênio.
- 2) *Dioritos* - rochas mesocráticas de cor cinza, pintalgada de branco, equigranulares, de granulação média e grossa, constituindo-se predominantemente em plagioclássico, piroxênio, hornblenda, biotita, quartzo e opacos.



- 3) *Dioritos-Porfíros* - rochas mesocráticas, de coloração cinza-escuro salpicada de manchas claras; possui matriz afanítica composta de plagioclásios e fenocristais de plagioclásios menos sódicos que os da matriz, piroxênio, pirita e magnetita.
- 4) *Quartzo-Dioritos ou Dacitos* - possuem cor cinza, algo rosado, às vezes castanha, com pontuações esverdeadas e textura equigranular fina a média, por vezes textura porfirítica com fenocristais de plagioclásio em matriz afanítica. Os principais componentes da rocha são: plagioclásio, quartzo, feldspato alcalino, diopsídio-argita, hornblenda, biotita, apatita, sericita, opacos, clorita, calcita, talco e prenhita.

Marini et alii (1967), em relação aos diques de diorito, citam variação gradual de composição e textura das bordas para o centro dos corpos intrusivos, os quais ocorrem unicamente na faixa central do arqueamento e com possanças sempre maiores que 50 metros, normalmente com 100 a 150 metros e, excepcionalmente, atingindo a espessura de 600 metros. Esses mesmos autores propõem que os diques de diorito-porfíro sejam produto de uma diferenciação anterior à intrusão, o que explicaria a existência de derrames com essa composição no topo do "trapp" basáltico. Esses diques também ocorrem somente na porção central da faixa e com grandes espessuras em torno de 200 metros, atingindo até 500 metros. Finalmente, a ocorrência de cerca de uma dezena de diques de quartzodiorito, com espessuras de 20 a 50 metros, representariam provavelmente uma diferenciação no magma basáltico antes da intrusão, o que é reforçado pelo fato de que todo o dique tem caráter homogêneo. Por outro lado, não foram observados diques senão de diabásio no interior da bacia mesmo em diques de grande possança, visitados pelo autor desse trabalho, nas proximidades da cidade de Telêmaco Borba (PR) e Fartura (SP), o que confirma a afirmação de Fulfaro e Suguic (1967), uma vez que estes autores restringiram-se à área da bacia. O desconhecimento de diques intermediários na baixa pode ser devido a uma relativa ausência de trabalhos petrográficos de maior detalhe, mas a observação cuidadosa de grandes sills em plena bacia não mostrou senão

diferenciações de pequena monta, não-comparáveis àquelas existentes na região de Castro (Coutinho, 1981). Deste modo, pode-se levantar a hipótese de que houve uma influência marcante das encaixantes no fenômeno da diferenciação, talvez relacionada às diferentes condutividades térmicas das rochas sedimentares e daquelas do embasamento da bacia. Um fato observado em campo, que colabora com esta hipótese, é a presença de diques predominantemente intermediários no granito de Cunhaporanga, o qual se caracteriza como um rocha muito mais isotrópica que os sedimentos, os quais poderiam gerar um resfriamento mais rápido por uma perda de calor por seus planos de anisotropia.

Marini et alii (1967), citando a existência de idades geocronológicas iguais para diabásios e dioritos-pôrfiros, vem confirmar a proposta de que essas intrusivas devem suas diferenças petrográficas mais às características de suas encaixante que às composição do magma original, uma vez que são contemporâneas.

A hipótese já consagrada de uma acidificação contínua em direção ao topo dos derrames, que vinha sendo defendida por diversos autores como Leinz et alii (1966), Schneider (Marini et alii, 1967) e Marini et alii (1967), ficou prejudicada por terem sido observados, em campo, derrames intermediários em meio à sequência dos derrames da Formação Serra Geral, (Crosta, 1981; Riccomini, 1981). Possivelmente o que ocorre, uma vez que tantos autores em várias localidades detetaram um aumento da porcentagem de sílica da base para o topo da Formação Serra Geral, é a existência de derrames mais ácidos intercalados, que não invalidam a tendência de menor basicidade da base para o topo da sequência em questão.

No que se refere às várias fases do magmatismo básico, estas são largamente comprovadas em vários pontos da Bacia do Paraná; assim, Leinz (1949) identificou 13 derrames no Rio Grande do Sul e Pacca e Hiodo (1976), na seção Guatã-Bom Jardim, individualizaram 28 derrames. Sobre grande parte do Arco de Ponta Grossa não ocorrem hoje rochas basálticas, as quais certamente existiram mas foram erodida (Fulfaró e Suguio, 1967) e, provavelmente, também foram originadas por várias fa



ses de derrames como aventam, em relação às intrusivas, Marini et alii (1967), os quais levantam a hipótese de que a diferenciação litológica em diques de diorito se deve a múltiplas intrusões com caráter paulatinamente mais ácido. O modelo que Leinz (1949) propõe para ascensão do magma e o policiclismo do magmatismo básico, que será exposto mais adiante, reforça esta hipótese, para a qual, por outro lado, o autor deste trabalho não encontrou nenhuma evidência num grande dique muito bem exposto e diferenciado, na região de Castro, nas proximidades da localidade de Socavão, em uma lavra de talco.

Com respeito à ascensão da magma basáltico e seu policiclismo, Leinz (1949) expôs um modelo genérico para o magmatismo básico que afetou a Bacia do Paranã, e sugeriu que, após a formação de grandes fendas na crosta, colocando a zona magmática em comunicação com o exterior, ocorreria um alívio de pressão no magma, com conseqüente diminuição da viscosidade e ascensão deste material, formando derrames. Com o peso dos derrames, ocorreria uma subsidência que estreitaria as fendas, as quais acabariam por se "soldarem". A continuidade de forças tensionais levaria a uma reabertura das fendas, com a ocorrência de novos derrames, e com este ciclo se repetindo enquanto os esforços o exigissem.

Bowen (1966) calcula que o volume total do soerguimento do Arco de Ponta Grossa tenha sido da ordem de 1 milhão de quilômetros cúbicos, chamando a atenção para o fato de que este montante é aproximadamente o volume de basalto da Formação Serra Geral hoje existente, e sugerindo uma relação para esta coincidência volumétrica. O autor deste trabalho não consegue avaliar tal relação, baseado na simples distribuição daquela formação, muito mais ampla que aquele arqueamento, o que exige diversos outros importantes sítios de alimentação de derrames. Diversos autores, citados anteriormente, negam que o Arco de Ponta Grossa seja uma das principais fontes das lavas basálticas, e afirmam que o principal sítio alimentador deveria estar aproximadamente paralelo ao atual vale do rio Paranã, onde se localizam as maiores espessuras de basalto. Este aspecto, que extrapola largamente a área pesqui

sada neste trabalho, não será discutido, lembrando-se, apenas, que neste mesmo capítulo são mostradas evidências de que o Arco de Ponta Grossa seja um sítio preferencialmente alimentador em relação aos sítios vizinhos.

Em relação à origem dos focos produtores do magma basáltico, Leinz et alii (1968), após discutirem as idéias de vários autores, afirmam que todos eles são unâmes em propor que estes focos situam-se no manto superior, e discordam apenas quanto à sua profundidade que estaria entre 30 e 50 km. Já Bowen (1966) sugere que as lavas se originaram de magmas situados a 15 km ou mais da superfície pré-lava.

Com relação à geocronologia, Amaral et alii (1966), através do método K/Ar, obtiveram como idades extremas para o magmatismo básico da Bacia do Paraná 117 e 147 milhões de anos, sendo que esses autores e Melfi (Marini et alii, 1967) colocam o climax deste magmatismo entre 120 e 130 milhões de anos. Amaral et alii (1966) propõem a ocorrência de, pelo menos, duas fases de vulcanismo básico no Estado de Santa Catarina, o primeiro com idade em torno de 147 milhões de anos, e o segundo em torno de 119 milhões de anos. Leinz et alii (1968) também propõem a existência de dois ciclos de atividade magmática, o mais antigo, apenas intrusivo e o segundo intrusivo e extrusivo, citando datações de Melfi em 1967, as quais mostram diabásios de 10 a 15 milhões de anos mais antigos que os basaltos. Apesar do trabalho de Amaral et alii (1966) abranger uma área muito mais ampla que aquela estudada, julgou-se importante expor seu histograma de idades de basaltos e diabásios, por pertencerem todos a mesma província magmática, frutos da mesma reativação (Figura 4.28).

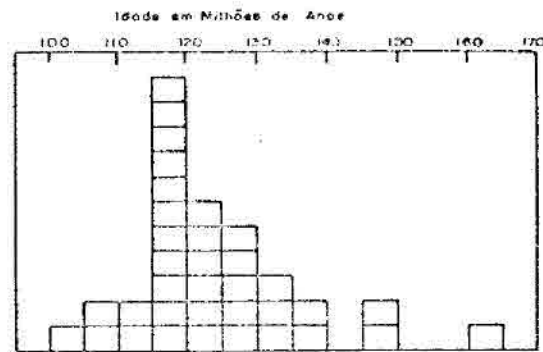


Fig. 4.28 - Histograma de idades de rochas basálticas, baseado em Amaral et alii (1966), pág. 23, trad. de Almeida, S.

#### 4.3.2 - MAGMATISMO ALCALINO

As intrusões alcalinas próximas à Bacia do Paraná parecem não pertencer a um mesmo ciclo, ocorrendo, com algumas exceções, em pelo menos dois grupos de idades: Cretáceo Inferior - 122 a 133 milhões de anos - e Cretáceo Superior/Terciário Inferior - 51 a 82 milhões de anos (Amaral et alii, 1967), existindo ainda um outro grupo de idade não tão bem definida, intermediário entre esses dois, por volta de 110 milhões de anos (Cordani and Hasui, 1968; Amaral et alii, 1967). Almeida (1971) cita o Arco de Ponta Grossa como condicionante tectônico de intrusões alcalinas, que teriam se alojado nos flancos daquela estrutura. Este autor afirma que estas intrusões teriam idades entre 132 e 100 milhões de anos e que pertencem ao grupo mais antigo da província alcalina. Também Amaral et alii (1967) são relacionam as intrusões alcalinas do Cretáceo Inferior ao Arco de Ponta Grossa, por relações de idade. Algar te (1972) expressa a influência do aquecimento no condicionamento das intrusões alcalinas da região através das fraturas crustais, que na maioria das vezes são preenchidas por diques básicos, mas que poderiam também propiciar a eventual colocação de corpos intrusivos alcalinos. Este autor não faz discriminação entre ocorrências de diferentes idades, o que leva a crer num condicionamento puramente estrutural, sem relações genéticas com o magmatismo básico. Por outro lado, Trein et alii (1967) sugerem tais relações genéticas e destacam a importância de conhecer as relações existentes entre os diversos tipos de sienitos e as rochas ga

bróides associadas com os diques básicos. De qualquer modo, um alinhamento NW paralelo ao eixo do arco é um dado concreto fornecido pelas ocorrências de Tunas, Ribeirão da Ilha, Mato Preto, Barra do Rio Ponta Grossa, Sete Quedas, Barra do Teixeira e Banhadão, que estão alinhadas desde o complexo de Tunas em direção ao interior da bacia (Algarde, 1972), com o que concorda Hama et alii (1977). O complexo de Tunas, por sua vez, apresenta-se constituído por quatro chaminés também alinhadas segundo NW (Cordani e Hasui, 1968).

Almeida (1971) propõe que as intrusões alcalinas se encontram em regiões onde se realizaram movimentos verticais opostos entre províncias geotectônicas confinantes, condicionadas por falhamentos profundos, capazes de permitirem a diferenciação do magma proveniente do manto e sua ascensão a níveis rasos da crosta, ou mesmo à superfície. Este autor chama a atenção ainda para o fato de que, provavelmente, ocorrem kimberlitos nos flancos do arco, e que devem ser procurados em grupos de alcalinas ricas em melanocráticos.

Com relação à geocronologia, expõe-se na Figura 4.29 um histograma de idades, baseado principalmente em Amaral et alii (1967), mas com a inclusão de idades obtidas por Cordani e Gomes (Amaral et alii 1967), Cordani e Hasui (1968) e Hama et alii (1977). Volta-se a esclarecer que muitas destas datações correspondem a regiões relativamente distantes do arco, mas sua importância reside no fato de que, apesar deste magmatismo ter sido polifásico, ocorrem na área estudada intrusões alcalinas com idades bastante variadas, representantes, portanto, de mais de uma fase, como mostram Hama et alii (1977) ocorrer na localidade de Banhadão (PR), onde as idades obtidas encontram-se substancialmente espalhadas.

Observando-se o histograma de idades (Figura 4.29), nota-se que o pico do grupo mais velho de intrusões alcalinas é, grosso modo, concordante com o pico das idades das rochas básicas da bacia (Figura 4.28) que se dá próximo a 125 milhões de anos, segundo Amaral et alii (1966). Por outro lado, a maior parte das intrusões alcalinas tem idade

bem mais jovens que os diabásios e aparentemente não possuem relação com o magmatismo básico.

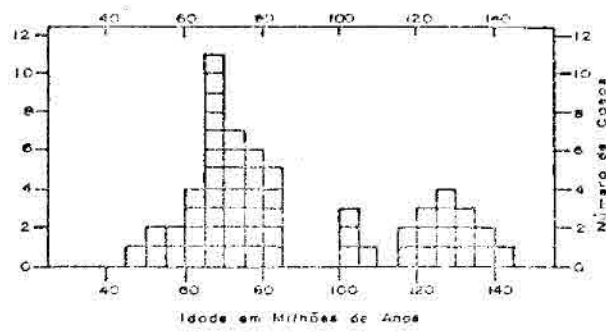


Fig. 4.29 - Histograma de idades de rochas alcalinas.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES

No decorrer dos capítulos desta dissertação, as conclusões foram sendo expostas à medida que os dados disponíveis e sua análise permitiram. O que será feito aqui, portanto, resume-se numa síntese das principais propostas feitas, acompanhadas do significado que assumem dentro dos conhecimentos preexistentes e, finalmente, uma avaliação geral do trabalho executado.

#### 5.1 - CONFIGURAÇÃO DO ARCO DE PONTA GROSSA

Até onde a análise bibliográfica permitiu avançar, o Arco de Ponta Grossa não havia sido estudado com objetivo de propor sua configuração, sendo sempre representado de forma esquemática como uma área positiva com direção geral N45W. O volume de informações que se pôde levantar durante a pesquisa, embora não permitisse propor uma configuração plena para a feição como um todo, tornou possível posicionar grande parte de seu ápice, que se mostrou não-retilíneo, em contrapartida com o suposto anteriormente. A definição da zona de maior densidade de diques associados ao arqueamento não existia senão para a porção ocupada pela Bacia do Paraná, exposta no trabalho de Vieira (1963) e citada por Marini et alii (1967) de forma mais genérica para a parte do Pré-Cambriano aflorante. Esta faixa, com comportamento característico, não havia sido definida da maneira como foi neste trabalho. No que se refere aos limites do arqueamento, havia uma proposta para o limite norte feita por Ferreira et alii (1981), que o consideraram como o Alinhamento de Guapirara, não se tendo notícia de qualquer referência anterior para o limite sul, que foi proposto aqui como coincidente com o Alinhamento de Ivaí, ora definido a partir da interpretação de imagens MSS-LANDSAT.

Finalmente, um dos aspectos mais relevantes obtidos quanto à configuração do ápice do arqueamento foi a frequência com que aquela linha esteve aproximadamente coincidente com ápices de soerguimentos anteriores, o que indica não ser uma tendência presente tão somente no Juro-Cretáceo, mas desde o Devoniano.

## 5.2 - EVOLUÇÃO DO ARCO DE PONTA GROSSA

No que diz respeito à evolução do Arco de Ponta Grossa, esta dissertação fornece a montagem da história dos movimentos verticais que sofreu a feição, baseada em informações preexistentes - principalmente mapas de isópacas - mas à luz das propostas de configuração do arqueamento ora apresentadas. Citações de sua presença como um alto ou como um baixo e de sua ausência durante a sedimentação de diversas formações da Bacia do Paraná são relativamente frequentes na bibliografia, mas sempre disposto de forma ora mais ora menos dispersa, dificultando a visualização e a interpretação das movimentações que sofreu.

Em relação às várias fases de soerguimento e subsidência do Arco de Ponta Grossa, o mais interessante é voltar ao Capítulo 4, mas, mesmo assim, pode-se afirmar que os movimentos verticais mais notáveis, sofridos pela região que abrange aquele arqueamento, no período entre o Devoniano e o Juro-Cretáceo, foram cronologicamente os seguintes: no tempo Ponta Grossa, quando a região que se comportava como um alto no tempo Furnas, sofreu uma forte subsidência, e passou a se comportar como uma área mais negativa, estando mesmo o depocentro da formação onde antes passava o ápice do arqueamento; no Permiano Inferior, quando o soerguimento chegou a provocar um hiato erosivo na Formação Itararé (Daemon e Quadros, 1970); no Triássico Superior até o Jurássico Superior, quando o soerguimento condicionou a deposição das Formações Rosário do Sul, Pirambôia e Botucatu. No Jurássico Superior e Cretáceo Inferior, quando o soerguimento gerou condições para a formação de numerosas geoclases, hoje evidenciadas pelo enxame de diques de diabásio que ocorre na região. Outros fenômenos de soerguimento e subsidência ocorreram durante o tempo geológico, mas aparentemente de menor vulto, conforme exposto no texto.



A partir da observação do conjunto de mapas de isôpacas, fez-se uma proposta acerca de um sincronismo entre a atividade da Bacia do Paraná e a do Arco de Ponta Grossa, utilizando-se, ainda, informações bibliográficas acerca de paleografia. A hipótese resume-se na observação de que os maiores movimentos verticais, positivos ou negativos, sofridos pelo arqueamento foram contemporâneos aos períodos em que a bacia acumulou as maiores espessuras de sedimentos e, no Juro-Cretáceo, coincidiu com o intenso magmatismo básico que afetou aquela bacia. Estudos específicos e mais profundos poderão esclarecer as causas deste sincronismo, que é, por si, uma importante evidência da associação dos eventos subcrustais que permitiram a formação da Bacia do Paraná com aqueles que geraram o Arco de Ponta Grossa.

Abordou-se a presença de diques de composição intermediária, encaixados no embasamento exposto nas proximidades do ápice do Arco de Ponta Grossa, e discutiu-se brevemente sua origem e as possíveis causas de sua ausência, dentro dos conhecimentos atuais, no interior da bacia. Finalmente, observaram-se evidências de que a região nas imediações do ápice daquele arqueamento configurou-se como um sítio preferencial para a alimentação dos derrames, o que poderá colaborar para a solução de uma polêmica antiga.

### 5.3 - AVALIAÇÃO GERAL DO TRABALHO

A proposta de configuração do arqueamento foi feita partindo-se de um princípio enunciado por Sanford (1959) e da utilização deste princípio em informações interpretadas, ou seja, a zona de maior densidade de diques. A confirmação dos resultados pôde ser feita em uma parcela considerável da área, tanto através dos trabalhos de campo como através da superposição de mapas de isôpacas da Bacia do Paraná, o que permite supor que a proposta também seja válida para os terrenos em que aflora o Pré-Cambriano.



As demais propostas e observações feitas, como a existência do Alinhamento de Ivaí e de um sincronismo entre a evolução da Bacia do Paraná com o arqueamento de Ponta Grossa, ou ainda a presença de frequentes diques de composição intermediária no embasamento da bacia e ausentes em seu interior, caracterizam-se como hipóteses, que, se desenvolvidas e confirmadas, podem auxiliar na compreensão de aspectos mais regionais que o Arco de Ponta Grossa.

A obtenção de um mapa de diques para uma área com as dimensões necessárias à interpretação feita dificilmente poderia ser obtida por outros métodos que não aqueles ligados ao Sensoriamento Remoto, o que por si justifica plenamente a sua utilização. Por outro lado, as imperfeições oriundas da interpretação, principalmente no tocante a não-identificação de diques com possanças mais reduzidas e sobre a Formação Ponta Grossa, não forneceram distorções de monta para a análise do campo de intrusivas como um todo, já que, para o primeiro caso, tais ausências foram distribuídas por toda a área, e para o segundo, a ausência relativa de diques fotointerpretados situou-se transversalmente ao eixo do arqueamento, fornecendo, portanto, tão somente uma faixa com menor densidade de diques.

Os dados de rumo de mergulho de acamamento obtidos em campo não foram tão numerosos quanto o ideal, mas suficientes para, apesar da grande dispersão originada pelo tectonismo que afetou a região, mostrar claramente as tendências existentes, que vieram a confirmar, grosso modo, o posicionamento obtido em gabinete do ápice do arqueamento.

Os mapas de isopacas da Bacia do Paraná, utilizados no Capítulo 4, são dos mais representativos que hoje se dispõem, tendo sido desenhados, porém, a partir de uma baixa densidade de informações, já que são escassos os poços existentes. Os trabalhos de prospecção de petróleo, ora em curso naquela bacia, formarão um interessante acervo complementar de dados e, para breve, espera-se novos mapas de isopacas que surgirão para análise da comunidade geológica, juntamente com todo um elenco de novas informações. A luz dos novos dados, reinterpretações se

rão feitas, confirmando ou modificando modelos propostos aqui num alhu  
res, num esforço que continuará gerando um avanço débil e contínuo para  
tangenciar a realidade de uma complexa natureza.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGARTE, J.P. A influência dos Arqueamentos Cratônicos no condicionamento das alcalinas nos Estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém, 1972. *Anais*. São Paulo, SBG, 1972, v.1, p. 65-69.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Condicionamento tectônico do magmatismo alcalino mesozóico do sul do Brasil e Paraguai Oriental. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 43(3/4):835-836, 1971.
- Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, Salvador, 1969. *Anais*. São Paulo, SBG, 1969, p. 29-46. mapa.
- *Origem e evolução da Plataforma Brasileira*. Rio de Janeiro, DNPM. Divisão de Geologia e Mineralogia, 1967. (Boletim, 241).
- Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1981. *Atas*. Curitiba, SBG, 1981, v. 1, p. 1-37.
- The system of Continental rifts bordering the Santos Basin, Brasil. *Anais de Academia Brasileira de Ciências*, 48:15-26, 1976. Suplemento.
- ALMEIDA, T.I.R.; FERNANDES, L.A.; RICCOMINI, C.; OLIVEIRA, C.A.; WEY, C.A.F. *Projeto Fartura - Área 3; relatório final*. São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1976. Inédito.
- AMARAL, G.; BUSHEE, J.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. Potassium - Argon ages of alkaline rocks of Southern Brazil. *Geochimico et Cosmochimica Acta*, 31:117-149, 1967.
- AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. Potassium - Argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 30:159-189, 1966.

- AMARAL, S.E. Geologia e petrologia da Formação Irati (Permiano) no Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Geociências e Astronomia*, (2):3-82, 1971.
- ANDERSON, D.L. Chemical Plumes in the Mantle. *Bulletin of the Geological Society of America*, 86(11):1593-1600, Nov. 1975.
- ARTYUSHKOV, E.V. Stress in the Lithosphere caused by Crustal Thickness Inhomogeneities. *Journal of Geophysical Research*, 78(32):7675-7707, 1973.
- ASMUS, H.E. *Hipóteses sobre a Origem de Zonas de Fratura Oceânica/Alinhamentos Continentais que ocorrem nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil*. Rio de Janeiro, PETROBRAS, CENPES. DEPRO. REMAC, 1978. (Comunicação Técnica REMAC - 004/78).
- BAILEY, D.K. Continental Rifting and Alkaline Magmatism. In: SORENSEN, H. ed. *The Alkaline Rocks*. London, Willey, c. 1974.
- BARBOSA, A.L.M. Síntese da evolução geotectônica da América do Sul. *Boletim do Instituto de Geologia da Escola Federal de Minas*, 1(2):91-111, fev. 1966.
- BELOUSOV, V.V. Gravitational instability and development of the Continental structure. *Investiya. Academy of sciences of the USSR. Physics of the solid Earth*, 13(1):33-40, 1977.
- Modern concepts of the structure and development of Earth's Crust and the Upper Mantle of the Continents. *Quarterly Journal of Geological Society*, 122:293-314, 1966.
- BOWEN, L.R. *The Paraná Basin flood lavas and their structural relations with the Ponta Grossa Arch*. Guide Book of the International Field Institute, Brazil. 1966.
- BURKE, K.; KIDD, W.S.F.; WILSON, J.T. Relative Latitudinal Motion of Atlantic Hot Spot. *Nature*, 245(5421):133-137, 1973.

- CORDANI, U.G.; HASUI, Y. Idades K-Ar de rochas alcalinas do Primeiro Planalto do Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 22., Belo Horizonte, 1968. *Anais*. São Paulo, SBG, 1968, p. 149-153.
- COUTINHO, J.M.V. *Diferenciação em Diabásios*. São Paulo, 1981. Comunicação pessoal a T.I. Ribeiro de Almeida em nov. 1981.
- CROSTA, A.P. *Derrames intermediários*. São Paulo, 1981. Comunicação Pessoal a T.I. Ribeiro de Almeida em set. 1981.
- DAEMON, R.F.; QUADROS, L.P. Bioestratigrafica do Neopaleozóico da Baía do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., Brasília, 1970. *Anais*. São Paulo, SBG, 1970, p. 359-412.
- FERREIRA, F.J.F.; MORAES, R.A.V.; FERRARI, M.P.; VIANNA, R.B. Contribuição ao estudo do alinhamento estrutural de Guapiara. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1981. *Atas*. São Paulo, SBG, 1981, v. 1, p. 136-150.
- FUCK, R.A.; TREIN, E.; MURATORI, A.; RIVEREAU, J.C. Mapa Geológico preliminar do Litoral, da Serra do Mar e parte do Primeiro Planalto no Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, 27(6):132-152, jun. 1969.
- FULFARO, V.J. *A evolução tectônica e paleogeográfica da Bacia Sedimentar do Paraná pelo "Trend Surface Analysis"*. São Carlos, EESC-USP, 1971. (Geologia, nº 14).
- Tectônica do Alinhamento Estrutural de Paranapanema. *Boletim do Instituto de Geociências*, 5:129-138, 1974.
- FULFARO, V.J.; SUGUIO, K. Campos de diques de diabásio da Bacia do Paraná. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 16(2):23-37, 1967.
- FULFARO, V. J.; GAMA JUNIOR, E.; SOARES, P.C. *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. São Paulo. PAULIPETRO, 1980. (Relatório BP-008/80).

- GAMA JUNIOR, E. A sedimentação do Grupo Passa Dois (Exclusive Formação Irati); um modelo geomórfico. *Revista Brasileira de Geociências*, 9(1):1-16, 1979.
- HAMA, M.; ALGARTE, J.P.; PAIVA, I.P.; RODRIGUES, J.C. Idades K/Ar do Maciço Alcalino do Banhadão e do Complexo Bairro da Cruz. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., São Paulo, 1977. *Atas*. São Paulo, SBG, 1977, p. 170-178.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). *Investigação Geológico - Estrutural de parte das bacias dos rios Paraná e Paranapanema, Estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul*. São Paulo, 1979. (Relatório 12385).
- *Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil*. São Paulo, 1980. (Relatório 14091).
- JAEGER, J.C. *Elasticity, fracture and flow*. New York, NY, Pergamon, 1956.
- LEINZ, V. *Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil*. São Paulo, FFCL-USP, 1949. (Boletim 103. Geologia nº 5).
- LEINZ, V.; BARTORELLI, A.; ISOTTA, C.A.L. Contribuição ao estudo do magmatismo básico mesozóico da Bacia do Paraná. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40:167-181, 1981. Suplemento. Apresentado no Simpósio sobre o Manto Superior, Rio de Janeiro, 23-27 out. 1967.
- LEINZ, V.; BARTORELLI, A.; SADOWSKI, G.R.; ISOTTA, C.A.L. Sobre o comportamento espacial do trapp basáltico da Bacia do Paraná. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 15(4):79-91, 1966.
- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; TREIN, E. Intrusivas Básicas Jurássico-Cretáceas do Primeiro Planalto do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências* nº 23/25: 307-324, 1967.
- MORGAN, W.J. Convection plumes in the Lower Mantle. *Nature*, 230(5288): 42-43, 1971.

- MUHLMANN, H.; SCHNEIDER, R.L.; TOMMASI, F.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A.A. *Revisão estratiográfica da Bacia do Paraná*. Ponta Grossa, PETROBRAS, 1974. (Relatório Desul 444186).
- NORTHFLEET, A.A.; MEDEIROS, R.A.; MUHLMANN, H. Reavaliação dos dados Geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, 12(3):291-346, jul/set. 1969. Apresentado no 23º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, set. 1969.
- PACCA, I.G.; HIODO, F.Y. Paleomagnetic analysis of mesozoic Serra Geral basaltic lava flows in Southern Brazil. *Anais de Academia Brasileira de Ciências*, 48:207-214, 1976. Suplemento.
- PRICE, N.J. *Fault and joint development in brittle and semi-brittle rocks*. New York, NY, Pergamon, 1966.
- RAMOS, A.N. Aspectos paleo-estruturais da Bacia do Paraná e sua influência na sedimentação. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, 13(3/4):85-93, jul/dez. 1970. Resumo da Palestra proferida na Sociedade Brasileira de Geologia, Rio de Janeiro, Jul. 1969.
- RICCOMINI, C. *Derrames intermediários na Serra do Cadeado, Paraná*. São Paulo. 1981. Comunicação Pessoal a T.I. Ribeiro de Almeida em set. 1981.
- RODRIGUES, R.; QUADROS, L.P. Mineralogia das Argilas e o Teor de Boro das Formações Paleozoicas da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Ouro Preto, 1976. *Anais*. São Paulo, SBG, 1976, v.2, p. 259-277.
- SANFORD, A.R. Analytical and Experimental study of simple geologic structures. *Bulletin of the Geological Society of America*, 70(1):19-52, jan. 1969.
- SORENSEN, H., ed. *The Alkaline Rocks*. Willey, London, 1974.
- TORQUATO, J.R. Geotectonic correlation between SE Brazil and SW Africa. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48: p.353-363, 1976. Suplemento. Apresentado no Simpósio Internacional sobre as Margens Continentais de Tipo Atlântico, São Paulo, 13-18 out. 1975.



- TORQUATO, J.R.; AMARAL, G. Algumas idades K/Ar do magmatismo mesozóico de Angola e sua correlação com o correspondente do Sul do Brasil. Separata do *Boletim do Instituto de Investigação Científica de Angola*, 10:3-10, 1973.
- TREIN, E.; MARINI, O.J.; FUCK, R.A. Rochas alcalinas do Primeiro Planalto do Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, (23/25): 325-347, 1967.
- VIEIRA, A.J. Geologia do Centro e Nordeste do Paraná e Centro Sul de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27., Aracaju, out. 1973. *Anais*. São Paulo, SBG, 1973, v. 3, p. 259-277.
- WILLIAMS, H.; TURNER, F.T.; GILBERT, C.M. *Petrografia* São Paulo, USP Polígono, 1970.

## BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of remote sensing; theory, instruments and Techniques*. Falls Church, VA, v.1, 1975.
- BELOUSOV, V.V. *Problemas básicos de geotectónica*. Barcelona, Ediciones Omega, 1971.
- COIMBRA, A.M.; BRANDT NETO, M.; PETRI, S. Alinhamento estrutural do Tietê. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., São Paulo, 1977. *Atas*. São Paulo, SBG, 1977, p. 145-152.
- DELLWIG, L.S.; KIRK, J.N.; WALTERS, R.L. The Potencial of Low relution Radar Imagery in Regional Geologic Studies. *Journal of Geophysical Research*, 71(20):4995-4998, 1966.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). *Carta Geológica do Brasil do Milionésimo; Folha Asunción - SG. 21, Folha Curitiba - SG. 22*. Rio de Janeiro, 1974.
- *Carta Geológica do Brasil do Milionésimo; Folha Paranapanema - SF. 22*. Rio de Janeiro, 1978.
- *Carta Geológica do Brasil do Milionésimo Folha Rio de Janeiro/Vitória/Iguape - SF. 23/SG.23*. Rio de Janeiro, 1978.
- GRANT, T.A.; CLUFF, L.S. Radar Imagery in Defining Regional Tectonic Structure. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 4:123-145, 1976.
- LOCZY, L. de *Evolução paleogeográfica e geotectônica da Bacia Gondwânica do Paraná e do seu embasamento*. Rio de Janeiro, DNPM. Divisão de Geologia e Mineralogia, 1966. (Boletim 234).
- Geotectonic Evolution of the Amazon, Parnaíba, and Paraná Basins. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40:231-249, 1968. Suplemento.

MARTIN, H. Upper Mantle proprieties and the evolution of the Paraná and Karoo Basins. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40:149-157, 1968. Suplemento. Apresentado no Simpósio sobre o Manto Superior. Rio de Janeiro, 23-27 out.1967.

SOARES, P.C. *Geometria, deformação e tensões em bacias intracratônicas - aplicações às bacias do Paraná e Médio Amazonas*. Tese de Livre Docência em Geociências. Rio Claro, UNESP, 1978.

SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FULFARO, V.J. Avaliação preliminar da evolução geotectônica das Bacias Intracratônicas Brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais*. São Paulo, SBG, 1974, V.3, p. 61-83.

APÊNDICE A

MAPA DE DIQUES



APENDICE B

MAPA DE AZIMUTES MÉDIOS PONDERADOS



## APÊNDICE C

### LISTAGEM DE AZIMUTES MÉDIOS PONDERADOS POR CÉLULAS DE 10 x 10 km

Neste apêndice estão listados os valores de azimutes médios ponderados por célula de 10 x 10 km, (Tabela C.1), que foram utilizados para compor o Mapa de Azimutes Médios Ponderados presente no Apêndice B. No mapa, o eixo U tem direção E - W e o eixo V direção N - S.

Na transferência das medidas presentes na listagem ora apresentada para aquele mapa, utilizou-se o número de algarismos significativos de acordo com a escala do transferidor (1,0 = 0,5°).

TABELA C.1

### AZIMUTES MÉDIOS PONDERADOS POR CÉLULA

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
1	18	137.67393	5	23	131.18593
1	19	135.16172	5	27	114.99051
1	21	147.52881	6	14	125.79385
1	22	147.52881	6	15	127.56855
2	15	122.43257	6	16	122.06395
2	16	120.94406	6	19	130.60129
2	18	157.38014	6	24	116.56505
2	19	142.34999	6	25	140.19443
2	24	123.69007	6	27	120.73341
3	14	126.02710	6	28	119.87250
3	15	124.02335	7	13	126.86990
3	16	110.54836	7	14	127.93766
3	17	131.98721	7	15	130.52078

(Continua)



Tabela C.1 - Continuação

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
3	24	123.69007	7	18	130.23636
3	25	136.54728	7	19	130.23636
4	14	135.00000	7	25	140.19443
4	15	119.97367	7	27	120.02820
4	17	147.33909	7	28	123.40641
4	18	145.00798	8	6	149.30857
4	21	143.60446	8	14	128.74356
4	22	144.46232	8	15	142.78313
4	23	130.60129	8	16	135.00000
4	24	135.00000	8	25	143.61656
4	25	134.74170	8	26	131.50915
4	26	129.80557	8	27	126.45877
5	14	129.47475	8	28	123.99943
5	15	126.83341	9	5	141.22055
5	16	127.24261	9	6	131.58714
5	21	136.09586	9	25	143.61565
9	26	126.13315	14	24	128.15048
9	27	115.32226	14	25	128.95304
9	28	120.96376	14	26	129.86673
10	14	137.66300	14	27	124.60586
10	17	139.39871	15	5	136.68879
10	18	141.84277	15	6	132.72124
10	23	129.80557	15	7	130.80786
10	24	129.80557	15	8	123.60951
10	25	120.51138	15	9	130.74674
10	26	128.65981	15	10	142.85219
11	6	146.84288	15	11	127.74996
11	7	139.07745	15	12	128.36485
11	16	138.81407	15	17	133.26430
11	17	125.07354	15	18	125.15981

(Continua)

Tabela C.1 - Continuação

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
11	18	128.89646	15	19	153.60639
11	19	127.43846	15	20	147.47251
11	25	123.52095	15	21	134.09234
11	26	121.80082	15	22	121.04168
11	27	94.42769	15	23	120.05887
12	17	141.02286	15	24	130.64480
12	18	158.53943	15	25	130.26030
12	19	150.28970	15	26	128.10035
12	22	126.86990	15	27	130.47083
12	23	125.45980	15	28	125.11202
12	24	130.21841	16	4	136.59818
12	25	121.24407	16	5	131.85433
12	26	128.75272	16	6	219.28280
13	6	135.36944	16	7	139.19128
13	7	139.17451	16	8	124.72088
13	8	131.76233	16	10	130.60129
13	9	127.40536	16	11	113.70251
13	10	125.25532	16	12	138.34738
13	20	113.96249	16	13	137.11084
13	22	123.45388	16	17	134.00263
13	23	123.56884	16	18	144.50927
13	24	128.43871	16	19	138.17983
13	25	129.09373	16	20	139.71268
13	26	128.14549	16	21	136.45412
13	27	126.88728	16	22	131.07238
14	5	135.94542	16	23	129.73221
14	6	137.84000	16	24	127.02171
14	7	131.64785	16	25	130.44290
14	8	132.48189	16	26	130.11354
14	9	129.70225	16	27	125.11201

(Continua)

Tabela C.1 - Continuação

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
14	10	130.66765	17	2	165.96376
14	12	121.55852	17	3	138.59123
14	13	119.19749	17	4	140.28361
14	20	113.96249	17	5	153.43495
14	23	127.24836	17	6	137.77649
17	7	131.85516	19	18	131.63354
17	8	139.44222	19	10	127.86008
17	10	120.44344	19	21	135.09202
17	11	155.15715	19	22	136.32198
17	12	155.57145	19	23	130.34652
17	13	144.79763	19	24	124.01618
17	16	134.23610	19	25	131.73790
17	17	134.23610	19	26	117.72757
17	18	144.13019	19	27	137.64278
17	19	163.88277	19	28	145.14738
17	20	134.62187	20	1	135.00000
17	21	129.78375	20	2	130.61311
17	22	125.92634	20	3	123.26515
17	23	135.25037	20	4	116.74080
17	24	126.64042	20	5	128.54661
17	25	134.59012	20	6	136.84761
17	26	112.61986	20	7	121.04814
18	2	144.16317	20	8	140.95264
18	3	128.14852	20	9	105.98706
18	4	139.61452	20	10	133.79779
18	5	136.72382	20	11	142.63744
18	6	127.87498	20	13	131.63354
18	7	98.41008	20	15	150.26168
18	9	108.56780	20	16	142.58755
18	10	128.65981	20	17	135.00364

(Continua)

Tabela C.1 - Continuação

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
18	13	135.00000	20	18	135.00364
18	17	157.38014	20	19	135.46060
18	18	140.55464	20	20	135.00000
18	21	126.96941	20	22	135.00000
18	22	130.39558	20	23	135.00000
18	23	125.81455	20	24	128.03843
18	24	133.86103	20	25	121.70184
18	25	131.68304	20	26	126.86990
18	26	112.77036	20	27	130.60129
18	27	136.81288	21	2	122.00538
18	28	154.58174	21	3	141.20786
19	2	131.82751	21	5	132.84472
19	3	131.48979	21	7	127.74421
19	4	132.82162	21	8	125.74263
19	5	115.69907	21	9	143.13010
19	7	135.00000	21	10	140.61571
19	9	107.82582	21	11	140.44639
19	10	156.03751	21	12	151.18921
19	11	148.83720	21	13	126.02737
19	13	129.68347	21	14	145.21030
19	14	156.21336	21	15	140.76004
19	15	150.55489	21	16	136.69385
19	16	144.61733	21	17	137.80386
19	17	131.63354	21	18	138.58837
21	19	129.54023	24	4	127.62620
21	20	126.02737	24	5	121.31570
21	22	140.60071	24	6	105.94540
21	23	148.46524	24	7	157.24171
21	24	126.46923	24	10	142.11797
21	25	131.37068	24	11	137.48896

(Continua)

Tabela C.1 - Continuação

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
21	26	130.60129	24	12	134.65148
21	27	130.60129	24	13	132.28104
22	1	132.63251	24	14	136.16504
22	2	124.32144	24	15	131.84470
22	3	130.23292	24	16	131.75028
22	6	118.43336	24	17	138.33421
22	7	139.51182	24	18	137.96684
22	8	159.07782	24	19	127.34996
22	9	156.80141	24	20	139.08501
22	10	143.43778	24	21	145.26635
22	11	137.48955	24	22	145.37103
22	12	141.43736	24	23	149.59819
22	13	133.47898	24	25	133.74315
22	14	142.10355	24	26	143.13010
22	15	138.66616	25	4	138.14102
22	16	146.94747	25	5	115.51932
22	17	135.74985	25	6	141.34019
22	18	133.75999	25	8	141.34019
22	19	138.84209	25	9	143.56534
22	20	136.92808	25	10	146.35541
22	21	148.24197	25	11	150.66530
22	22	140.10011	25	12	149.79955
22	23	149.03624	25	13	138.44421
23	2	122.42700	25	14	140.59366
23	3	113.19859	25	15	134.02077
23	6	122.58416	25	16	132.70939
23	7	127.86916	25	17	138.01279
23	8	160.01689	25	18	138.01279
23	9	152.85117	25	19	138.10760

(Continua)

Tabela C.1 - Continuação

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
23	10	153.76667	25	20	138.96245
23	11	142.43145	25	21	140.42436
23	12	146.79979	25	22	146.28426
23	13	136.92623	26	5	135.00000
23	14	131.99334	26	8	140.25289
23	15	137.86829	26	9	137.86330
23	16	134.15166	26	10	149.05992
23	17	137.63788	26	11	141.13818
23	18	138.84107	26	12	143.99474
23	19	136.39023	26	13	148.93647
23	20	140.33087	26	14	141.55314
23	21	145.87891	26	15	141.63527
23	23	150.94540	26	16	134.14342
23	24	141.34019	26	17	128.79606
26	18	133.43004	29	22	155.29249
26	19	127.65342	28	23	123.44626
26	20	129.27995	28	24	116.13763
26	21	131.63354	30	9	135.00000
27	3	111.80141	30	10	141.25921
27	9	151.19009	30	11	132.55868
27	10	137.37783	30	12	137.21606
27	11	142.19545	30	13	138.52677
27	12	136.25217	30	14	132.11496
27	13	141.91550	30	15	131.13399
27	14	133.07570	30	16	135.85469
27	15	131.48285	30	17	128.45535
27	16	131.85372	30	18	129.26119
27	17	132.59189	30	21	108.43495
27	18	127.95659	30	22	135.53617
27	19	128.96220	30	23	132.57013

(Continua)

Tabela C.1 - Continuação

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
27	20	135.27061	31	4	116.56505
27	21	131.63354	31	5	137.19563
27	25	126.86990	31	10	133.87706
28	2	122.00538	31	11	127.12399
28	3	138.01279	31	12	138.60898
28	9	138.01279	31	13	129.48437
28	10	144.73725	31	14	135.65724
28	11	132.48276	31	15	129.62139
28	12	131.29508	31	16	132.79389
28	13	128.34355	31	17	135.74723
28	14	130.52835	31	18	126.25484
28	15	142.30846	31	21	125.83765
28	16	128.31632	31	22	127.58340
28	17	136.08053	31	23	116.56505
28	18	134.21979	31	5	125.28529
28	19	134.33680	32	6	150.06706
28	20	130.61918	32	8	138.38784
28	21	149.74356	32	9	135.00000
28	22	149.74356	32	10	138.89688
28	24	127.78631	32	11	129.39840
28	25	128.56743	32	12	125.57300
29	9	139.63744	32	13	128.63479
29	10	146.34630	32	14	129.13564
29	11	132.39097	32	15	127.90603
29	12	131.46720	32	16	130.03090
29	13	131.90456	32	17	125.88000
29	14	131.25775	32	18	129.80557
29	15	128.76012	32	20	115.80266
29	16	131.05393	32	21	129.28941
29	17	133.67032	32	22	127.94633

(Continua)

Tabela C.1 - Continuação

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
29	18	129.94700	33	7	130.60157
29	19	112.75064	33	8	140.19443
29	21	146.56283	33	9	140.19443
33	21	131.83326	36	9	134.57072
33	13	129.01315	36	10	136.94200
33	14	128.96565	36	11	136.31744
33	15	129.18314	36	12	134.69671
33	16	135.00000	36	13	129.61988
33	17	136.73220	37	5	121.75948
33	19	137.48955	37	8	160.01689
33	20	140.33296	37	9	145.56808
33	21	127.19468	37	10	131.94046
33	22	114.44395	37	11	133.39233
34	8	132.71189	37	12	131.65025
34	9	128.39275	38	5	124.39272
34	12	140.19972	38	8	139.81823
34	13	123.75327	38	9	139.24064
34	14	137.74761	38	10	125.02813
34	15	158.19859	38	11	128.14496
34	17	135.00000	39	7	143.36894
34	20	143.13010	39	8	143.15229
34	21	123.52073	39	9	134.45189
35	9	127.79143	39	10	127.39692
35	10	134.75838	39	11	119.74488
35	11	135.00000	39	13	120.46041
35	12	141.34019	39	14	120.09104
35	13	125.13720	40	7	137.02930
35	14	135.00000	40	8	135.00303
35	16	136.69207	40	9	126.36097

(Continua)



Tabela C.1 - Conclusão

U	V	AZIMUTE PONDERADO	U	V	AZIMUTE PONDERADO
35	17	139.40191	40	13	113.41900
36	5	126.86990	40	14	104.87593
36	6	123.69007	41	8	126.47856
36	7	135.00000	41	9	126.09810
36	8	126.86990			

APÊNDICE D

LISTAGEM DOS RUMOS DE MERGULHO OBTIDOS EM CAMPO

Nas Tabelas D.1 e D.2 estão as listagens dos rumos de mergulho, que serão apresentadas de forma a poder se individualizar os dados utilizados para a obtenção das rosáceas das Figuras 3.6, 3.7 e 3.8. Assim, apresentam-se as medidas para o flanco norte (Figura 3.6), para o flanco sul (Figura 3.7), e para os trechos São Jerônimo-Curiúva e Mauã-Ortigueira, respectivamente pertencentes às porções NW dos flancos norte e sul, dá-se destaque, uma vez que o conjunto de dados utilizados na Figura 3.8 é justamente o conjunto das medidas tomadas naqueles trechos.

TABELA D.1

FLANCO NORTE

TRECHO S. J. DA SERRA - CURIÚVA		
N30W	N50W	N55E
N80E	N70E	S70W
N65W	N75W	N50W
N50W	N70W	N20E
N30W	N45W	N02W
N15E	N65W	N35W
N20W	N70W	N35W
N25W	N55W	N30E
N15E	N60E	N50W
N40W	N15W	N30E
N50E	N30E	N40E
S70W	S80W	N40E

(Continua)

Tabela D.1 - Conclusão

TRECHO S. J. DA SERRA - CURIÚVA		
S20E N45E	S17E S05E	N05E N65E
RESTANTE DA ÁREA		
N50E N70E SUL N80E N15E	N30E N25E S80W N20E N20E	N58E N55E N10E N15E N45E

TABELA D.2

FLANCO SUL

TRECHO MAUÃ-ORTIGUEIRA		
N15W	N15W	N40W
N25W	N25E	N30E
N25E	N18E	N70E
S10W	S70W	N40E
N64E	N70E	S30E
N58E	N15E	N33E
N25E	N40E	N60E
N70E	N65E	NORTE
S05W	S70W	S50W
S65W	S20W	S80W
S65W	S25W	S45W
N75W	N40W	N30W
N30W	N65W	N60W

(Continua)

Tabela D.2 - Continuação

TRECHO MAUÁ-ORTIGUEIRA		
N65W	N75W	N55W
N05W	N40W	N35W
N25W	N45W	N10E
SUL	N45W	S10E
RESTANTE DA ÁREA		
N65E	S20W	S65W
N37W	N35E	N55E
N20W	N20W	N10W
S67W	S67W	S02E
N50E	S03E	N65E
N50E	N35W	S35E
S45E	N60E	S32W
S85W	N35W	N35W
S65W	S37E	S20E
S75W	S65W	N50W
N55W	S50W	S60W
S85W	N50E	S20W
N55E	S35E	S68W
S66W	S73W	S80W
N80E	S10W	N65W
S15W	S17W	N55W
S10W	S35W	S35W
S80W	S72W	S65W
S65W	S80W	N70W
S84W	S30W	N66W
S50W	S85W	S75W
S50W	S88W	S16W
S79W	S71W	NORTE

(Continua)

Tabela D.2 - Conclusão

RESTANTE DA ÁREA		
S51W	N33E	S60E
S70W	S78W	S45W
N40W	N54W	N20W
N35W	N40W	S70W
S40W	N40W	S20E
S66W	S15W	N55W
N30W	N25W	N60W
SUL	OESTE	N60W
N55W	S50W	S35W
N80E	N20E	S60W
S12W	S45W	S05W
S10W	N40W	N32W
S45E	S85E	N50W
N85W	N10W	N55W
S10W	NORTE	N15W
S05E	SUL	S35W
S35W	S75W	S75W
S75W	S30W	S60W
S10W	S70W	S55W
S75W	S40W	S40W
S60W	S65W	S55W
S35W	S65W	S55W
S05W	S10W	S50W