

RELAÇÕES TECTÔNICAS DAS ROCHAS ALCALINAS MESOZÓICAS DA REGIÃO MERIDIONAL DA PLATAFORMA SUL-AMERICANA

FERNANDO F. M. DE ALMEIDA*

ABSTRACT The tectonic setting of Upper Jurassic to Eocene alkaline rocks south of the 15°S parallel, in Brazil, Bolivia, Paraguay and Uruguay is reviewed and its proposed relationships with plate tectonics are discussed. More than one hundred occurrences of intrusive and extrusive rocks are recognized, which are tentatively grouped in twelve alkaline provinces, disposed around the borders of the Paraná Basin, the continental border near the Santos Basin and the cratonic interior of Bolivia. Silica saturated to supersaturated felsic alkaline rocks are frequently found in provinces located far from the Paraná Basin. The importance of the control of arches, flexures, rifts and deep faults over the magmatic phenomena is stressed.

INTRODUÇÃO É hoje conhecido, na região meridional da Plataforma Sul-Americana, número já superior a cem centros de intrusões de rochas alcalinas mesozóicas, simples ou múltiplas, e alguns centros vulcânicos. Situam-se a sul do paralelo 15°S, no Brasil, Paraguai, Bolívia e Uruguai. Seu estudo é de interesse científico e econômico, tendo nos últimos anos crescido em importância pelas implicações que essas rochas apresentam em vários modelos da teoria da tectônica de placas. Embora sejam numerosos os trabalhos publicados sobre elas na América do Sul, particularmente no Brasil, poucos enfatizam especificamente os aspectos do seu condicionamento tectônico. No presente trabalho o Autor procura resumir as informações que nesse sentido existem na literatura e analisá-las em âmbito regional, bem como suas implicações nos modelos propostos, de tectônica de placas.

Como rochas alcalinas são entendidas as que possuem feldspatóides e/ou anfibólios ou piroxênios alcalinos. De suas associações podem participar dunitos, peridotitos, carbonatitos, rochas cálcio-alcalinas, kimberlitos, etc.

Ainda em 1944, Freitas, e pouco mais tarde Guimarães (1947), observaram o alinhamento de rochas alcalinas mesozóicas nos então Distrito Federal e Estado do Rio de Janeiro. Com a descoberta de numerosas ocorrências dessas rochas no Brasil e países vizinhos, verificou-se que esse relacionamento com longas zonas de fraturas da crosta é fato comum. Almeida (1971, 1972) procurou esboçar, em estudos de síntese, os fatores tectônicos condicionantes do magmatismo alcalino do sul do Brasil e Paraguai Oriental. Algarte, em 1972, observou esse tipo de condicionamento na distribuição das rochas alcalinas do Arco de Ponta Grossa, o que foi comprovado por estudos mais modernos. Ulbrich & Gomes (1981) classificaram as rochas alcalinas brasileiras em sete tipos de associações petrográficas, distribuídas por dez províncias alcalinas, que em parte coincidem com os gru-

pamentos tectono-magmáticos de Almeida (1971), Algarte (1972) e Herz (1977).

A REATIVAÇÃO WEALDENIANA E O MAGMATISMO ALCALINO

O magmatismo alcalino na região meridional da Plataforma Sul-Americana resultou do importante processo diastrófico nela manifestado a partir do Jurássico, a Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967, 1969). Esse fenômeno realizou-se após demorado tempo de calma tectônica que se apresentou na plataforma a partir do Carbonífero Superior. Ele foi particularmente intenso, e diversificados seus efeitos, em sua região sul. Caracterizou-se sobretudo pela reativação de antigos falhamentos e surgimento de blocos de falha, soergimento de arcos, abatimentos de bacias costeiras e acentuada subsidência da Bacia do Paraná. Manifestou-se então, entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior pré-Aptiano, o extenso vulcanismo basáltico toleítico com seus derivados ácidos, que preenchem a Bacia do Paraná, bem como os enxames de diques de diabásio expostos às suas bordas. Esses derrames estenderam-se à área que viria a ser ocupada pela Bacia de Santos. Às bordas dessas bacias desenvolveram-se, ou foram reativados, arcos, flexuras e zonas de falhas. Foi nesse ambiente tectônico que se processou uma primeira fase do vulcanismo alcalino, contemporânea aos basaltos, às bordas da Bacia do Paraná e no interior do Cráton Amazônico, na Bolívia Oriental. No Cretáceo Superior, com derradeira pulsação no Eoceno, manifestou-se uma segunda fase desse vulcanismo.

Tantas são as coincidências espaciais e cronológicas, entre a Reativação Wealdeniana e os fenômenos dos quais decorreu a abertura do Oceano Atlântico Sul que se pode ter como certo constituir aquela, os reflexos dos referidos fenômenos no interior continental da placa.

O primeiro estágio da reativação corresponde ao estágio *rift*, de Asmus & Guazelli (1981), tendo sido precedido,

* Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT. Cidade Universitária, Caixa Postal 7141, CEP 05508, São Paulo, SP, Brasil.

segundo esses autores, pelo estágio pré-rift, durante o qual surgiu abaulamento alongado soerguido no Triássico-Jurássico, na área que viria a ser ocupada pela Bacia de Santos após a ruptura do primitivo continente. O segundo estágio da reativação, entre o Aptiano e o final do Cretáceo, ou início do Terciário, já corresponde ao estágio oceânico, de Asmus & Guazelli (*op. cit.*). O terceiro estágio da reativação, realizado no Cenozóico assistiu em seus primórdios ao desenvolvimento de bacias tafrogênicas costeiras no Sudeste brasileiro e às derradeiras manifestações do vulcanismo alcalino, em diversos locais, durante o Eoceno. Tanto o vulcanismo neocretáceo como o eocênico foram precedidos do desenvolvimento de extensas superfícies de erosão, que parecem refletir relativa calma tectônica.

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ROCHAS ALCALINAS E O CONCEITO DE PROVÍNCIAS ALCALINAS

Características gerais da distribuição geográfica A Fig. 1 mostra que as rochas alcalinas situadas a sul do paralelo 15°S espalham-se em grande área da Plataforma Sul-Americana, mas constituem grupamentos dispostos em três situações geográficas distintas.

A) Às bordas imediatas da Bacia do Paraná, onde se expõem no embasamento pré-siluriano, ou atravessam os sedimentos da bacia, mas só excepcionalmente ocorrem no interior da área basáltica, nas imediações de sua orla. É nesses grupos marginais à bacia que se incluem as mais numerosas ocorrências de rochas alcalinas no Brasil, Paraguai e Uruguai. Se atentarmos à idade dessas rochas verificaremos que nessa situação ocorrem alcalinas dos três estágios da reativação, independentemente da distância à costa.

B) Um segundo grupamento de intrusivas e efusivas alcalinas apresenta-se em complexos concentrados na região costeira, em ilhas ou no litoral, ou recuadas até cerca de 100 km continente adentro. As que nesse grupamento se afastam da borda da Bacia do Paraná, em São Paulo e Rio de Janeiro, distribuem-se numa região de topografia particularmente acidentada e elevada, cuja origem tectônica é por todos aceita. Geocronologicamente incluem rochas do segundo e terceiro estágios da reativação.

C) As rochas alcalinas recentemente descobertas na Bolívia Oriental são as mais afastadas, tanto da Bacia do Paraná como da orla atlântica, da qual distam cerca de 1500 km, isoladas no interior do Cráton Amazônico. Apesar desse isolamento, acham-se perfeitamente integradas por sua idade, no conjunto das demais rochas alcalinas mesozóicas da região Sul da Plataforma Sul-Americana.

AS PROVÍNCIAS ALCALINAS Observando-se a distribuição geográfica dessas eruptivas, mesmo no mapa de pequena escala da Fig. 1, transparece que elas se acham grupadas em constelações isoladas, freqüentemente em arranjos lineares dispostos paralelamente à costa, à borda erosiva da Bacia do Paraná ou fazendo ângulos variados em relação a essa borda. Embora isoladas no interior da

área cratônica, as rochas alcalinas bolivianas também mantêm o arranjo linear.

Entre as referidas constelações, ao nível dos conhecimentos atuais, apresentam-se grandes espaços vazios, se bem que um ou outro raro dique de rocha alcalina neles possa se mostrar, sobretudo na orla da Bacia do Paraná.

Cada grupo geográfico compreende rochas alcalinas e associadas que mantêm entre si relações petrográficas próprias e pertencem a determinados intervalos de idade. Essas rochas em maior parte se relacionam a feições tectônicas locais reconhecíveis, sejam arcos, flexuras, zonas de falhas ou *rifts*. Decorre desse conjunto de características o conceito de *província alcalina* aqui adotado.

Há que reconhecer que no estado atual de informações disponíveis para a América do Sul, alguns complexos alcalinos não podem ainda ser perfeitamente definidos quanto às suas relações tectônicas e características petrográficas, o que torna duvidosa sua inclusão em uma ou outra província, enquanto algumas destas, como a do Paraguai Oriental, no futuro, serão provavelmente subdivididas. Apesar disso, parece que o conceito é válido e frutífero, no sentido de contribuir para esclarecer as relações das rochas alcalinas com o importante fenômeno diatrófico que foi a Reativação Wealdeniana, assim como estabelecer certas limitações nos modelos de tectônica de placas que vêm sendo propostos. Sheynmann *et al.* (1961), baseados nas numerosas ocorrências de rochas alcalinas soviéticas, mormente da Sibéria, consideraram que elas derivam sobretudo de três tipos de magmas, diferenciados em condições similares. Assim, reconheceram três associações genéticas alcalinas: ultrabásica, gabróide e granitóide. Discutiram-nas quanto às suas subdivisões, características químicas, petrográficas e relações tectônicas, com ênfase nas mineralizações que se lhes associam. As províncias alcalinas aqui reconhecidas podem, com maior ou menor segurança, ser correlacionadas às associações genéticas de Sheynmann *et al.* (*op. cit.*), do que decorrem suas perspectivas minerais.

PROVÍNCIAS MARGINAIS À BACIA DO PARANÁ

Província Poços de Caldas O maciço alcalino de Poços de Caldas, com área de cerca de 800 km², representa o maior complexo de rochas alcalinas existentes na América do Sul e dos maiores do mundo. Tem sido objeto de numerosos trabalhos, de caráter científico e econômico. Ellert executou seu mapeamento de detalhe em 1959. Representa intrusões neocretáceas a eocênicas processadas em sedimentos da borda da Bacia do Paraná, que à época do processo vulcânico ali recobriam rochas pré-cambrianas antigas.

Petrograficamente, ao nível de erosão exposto, apresentam-se sobretudo fonólitos, tinguaitos e nefelinasienitos, ocorrendo localmente lujauritos e chibinitos. Tinguaitos constituem um dique anelar quase contínuo. A intrusão de rochas de natureza hipabissal sucedeu ao vulcanismo ankaratrítico e fonolítico (Ellert, *op. cit.*), que ocupou grande área à borda da bacia, tectonicamente elevada após a sedimentação da Formação Botucatu.

Determinações de idade K-Ar apresentadas por Ama-

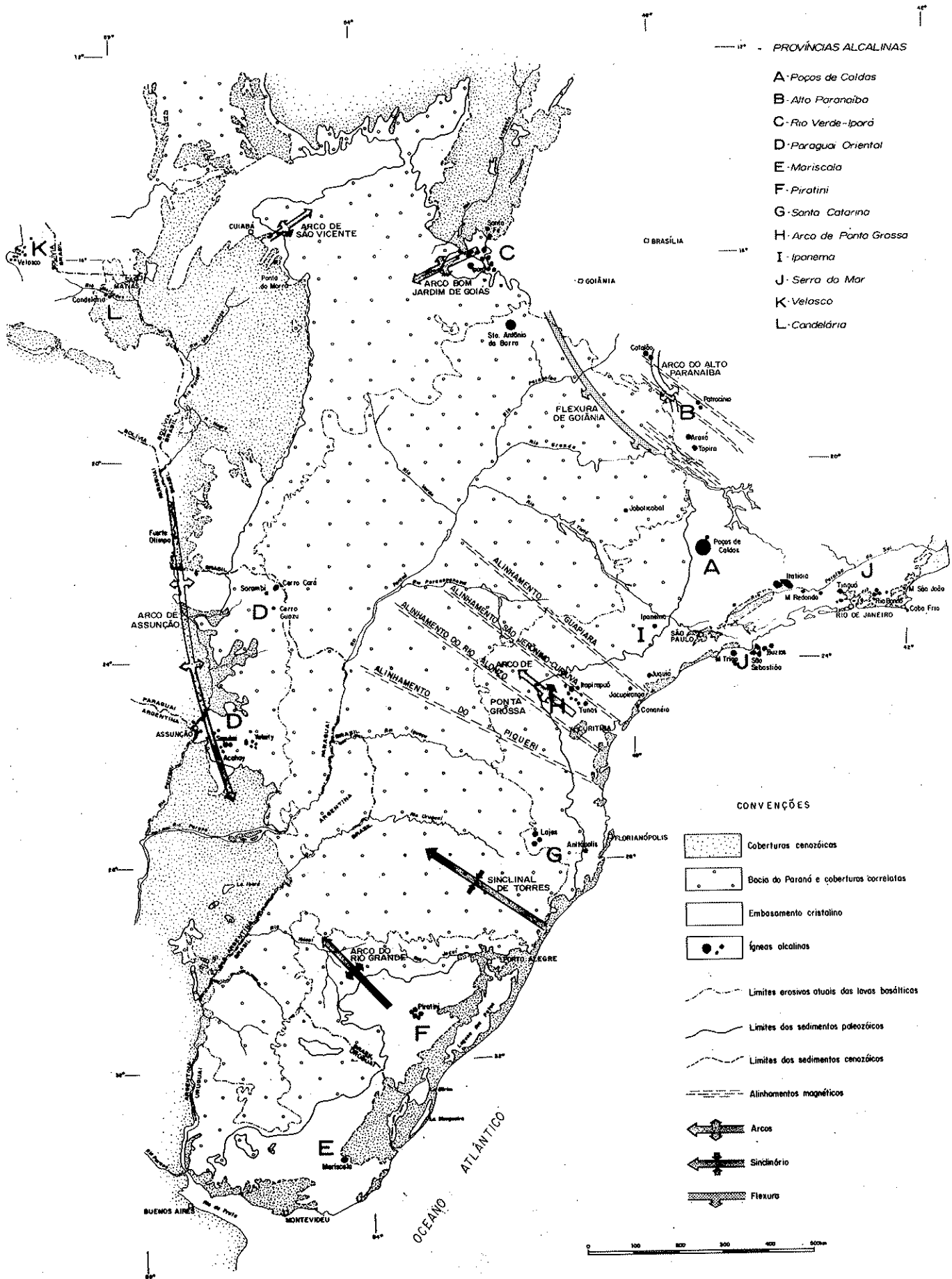


Figura 1 - Distribuição das rochas alcalinas mesozóicas na região sul da Plataforma Sul-Americana.

ral *et al.* (1976) e Bushee (1974) indicaram valores entre 87 e 60 Ma, os mais antigos correspondendo às vulcânicas ankaratríticas. Dique de fonólito foi datado de 53 Ma.

O maciço de Poços de Caldas pertence à associação alcalino-gabróide, de Sheynmann *et al.* (1961), como um complexo pouco profundo e claramente vulcânico.

Salvo o fato significativo de o grande complexo situar-se na borda da Bacia do Paraná, são pouco evidentes outras injunções tectônicas em sua posição. Ele ocorre geograficamente isolado das províncias Serra do Mar e Alto Paranaíba, das quais também se distingue por suas características petrográficas e mineralis. Pode ser significativo o fato de a Província de Poços de Caldas situar-se na zona de virgação das estruturas antigas, que se dirigem para noroeste acompanhando o cinturão granulítico Alfenas, e para sudoeste, pelo cinturão Costeiro. Além disso, a província localiza-se no soerguimento de Moji-Guaçu, definido por Hasui *et al.* (1982). É esta uma área de campo de diques de diabásio que parecem decorrer do soerguimento, com o conseqüente desenvolvimento de fraturas reativadas, e outras então formadas, por meio das quais ascendeu o magma basáltico no Cretáceo Inferior.

Acerca de 170 km a noroeste de Poços de Caldas, na região de Jaboticabal, em São Paulo, ocorre pequena intrusão de tinguaito (Pinotti & *et al.*, 1970; Gomes & Varella, 1970). Em sedimentos do Grupo Bauru, a noroeste da cidade, intercalam-se derrames de analcimito (Coutinho *et al.*, 1982). A atribuição dessas rochas à Província de Poços de Caldas é provisoriamente admitida.

Província Alto Paranaíba O Arco da Canastra (Northfleet *et al.*, 1969), ou Flexura de Goiânia (Hasui *et al.*, 1975) é uma estrutura flexural que durante o Paleozóico constituiu o limite tectônico da Bacia do Paraná a nordeste. A tendência ascensional da parte externa à bacia reflete-se nas litologias paleozóicas nela contidas, no desaparecimento dos grupos Paraná, Guatá e Passa Dois e no *overlap* da Formação Botucatu sobre o embasamento cristalino. Esse limite, no Triângulo Mineiro e regiões vizinhas de Goiás e São Paulo, pôde ser precisado com a carta gravimétrica Bouguer, de Haralyi (1978), tendo-se comprovado que a feição tectônica que o caracteriza corresponde aproximadamente ao limite entre dois blocos pré-cambrianos (Almeida *et al.*, 1980). O Arco do Alto Paranaíba (Ladeira *et al.*, 1971) ou Soerguimento do mesmo nome (Hasui *et al.*, 1975) é a estrutura positiva que se desenvolveu logo a nordeste dessa flexura no Jurássico Superior a Cretáceo, separando as bacias do Paraná e Sanfranciscana. No Cretáceo Superior ele foi sede de intenso vulcanismo alcalino, precedido, no Cretáceo Inferior, pela intrusão de diques de diabásio e possivelmente por derrames basálticos.

As investigações aeromagnetométricas realizadas em Minas Gerais e parte do Espírito Santo pelo Convênio Brasil-Alemanha, completadas pelas executadas pela CPRM para o DNPM, evidenciaram a presença, entre outros tipos, de anomalias lineares orientadas a N50W, configurando longa faixa entre Caldas Novas (GO) e imediações de Divinópolis (MG). Essas anomalias foram interpretadas (Bosum, 1973) como representando feixe de fraturas, exten-

so de pelo menos 400 km, preenchidas por rochas básicas. Diques dessas rochas afloram em diversos lugares da faixa (Barbosa *et al.*, 1970).

A maior parte das intrusões alcalinas do oeste de Minas Gerais, e as de Catalão em Goiás, situa-se nessa faixa de falhas, e outras intrusões devem existir, ocultas pela cobertura cretácea. O Soerguimento do Alto Paranaíba, no qual se localizam as principais intrusões do Triângulo Mineiro (Almeida *et al.*, 1980), é bem evidenciado na carta gravimétrica organizada por Haralyi (*op. cit.*). Outras intrusões se fizeram fora desse soerguimento, como o dique da Serra do Bueno, o *neck* de Pântano, e os diátremas de Bambuí (Corrêa, 1971). Lavas vulcânicas e piroclastos epiclásticos existem em Sacramento e Patos de Minas.

A grande variedade de rochas que constituem as conhecidas intrusões dessa província, de natureza predominantemente máfica e ultramáfica, incluem dunitos, peridotitos, piroxenitos, ijolitos, carbonatitos, malignitos, urtitos, melteigitos, pulaskitos, gronuditos, tinguaitos, álcali-sienitos, fonólitos, álcali-olivina basaltos e vários tipos de lamprófiros. Também kimberlitos nela existem, um deles datado de 80 Ma (Svisero *et al.*, 1983). A idade de suas rochas, conhecida por poucas determinações isotópicas por método K-Ar, é de 70 a 90 Ma (Amaral *et al.*, 1967; Hasui & Cordani, 1968).

Entre o final do Cretáceo e o Eoceno sobreveio tempo de quiescência tectônica em toda a região, que propiciou o desenvolvimento de extenso pediplano, a superfície de erosão de Pratinha, que veio a ser destruída ainda no Terciário Inferior, mas cujos indícios são muito claros no oeste de Minas Gerais e nivelam as chaminés alcalinas.

Província Rio Verde-Iporá Situada à borda NNE da Bacia do Paraná, a Província Rio Verde-Iporá possui mais de duas dezenas de complexos alcalinos, numerosos diques e produtos vulcânicos locais (Fig. 2). Situa-se numa área que desde o Carbonífero Superior manifestou tendência ascensional, em contraste com a progressiva subsidência da bacia, o que se reflete na estratigrafia. Entretanto, ali não se apresenta uma simples flexura marginal, pois sobretudo durante o Cretáceo foi afetada por movimentos que originaram o chamado anticlinal de Bom Jardim de Goiás (Pena *et al.*, 1975), estrutura oblíqua à borda da bacia, com eixo mergulhando para S80W. Além disso, essa borda na região foi falhada em várias direções, notadamente as relacionadas à reativação do Lineamento Transbrasiliano (Schobbenhaus Filho *et al.*, 1975).

As rochas alcalinas da província, coletivamente descritas como Grupo Iporá (Guimarães *et al.*, 1968), incluem-se sobretudo numa faixa com cerca de 70 km de largura e 250 km de extensão, entre a região do Rio Verde e o Rio Araguaia (Fig. 2a). Orienta-se a N30W, que é também a direção média dos grandes falhamentos que deram acesso ao magma alcalino. Sua zona mediana foi, aparentemente, a mais afetada pelos falhamentos de gravidade (Fig. 2b) que na região de Iporá produziram abatimentos da Formação Furnas (Danni, 1974). Os trabalhos do Projeto Iporá (Pena & Figueiredo, 1972; Figueiredo & Pena, 1973) assinalaram processos de distensão

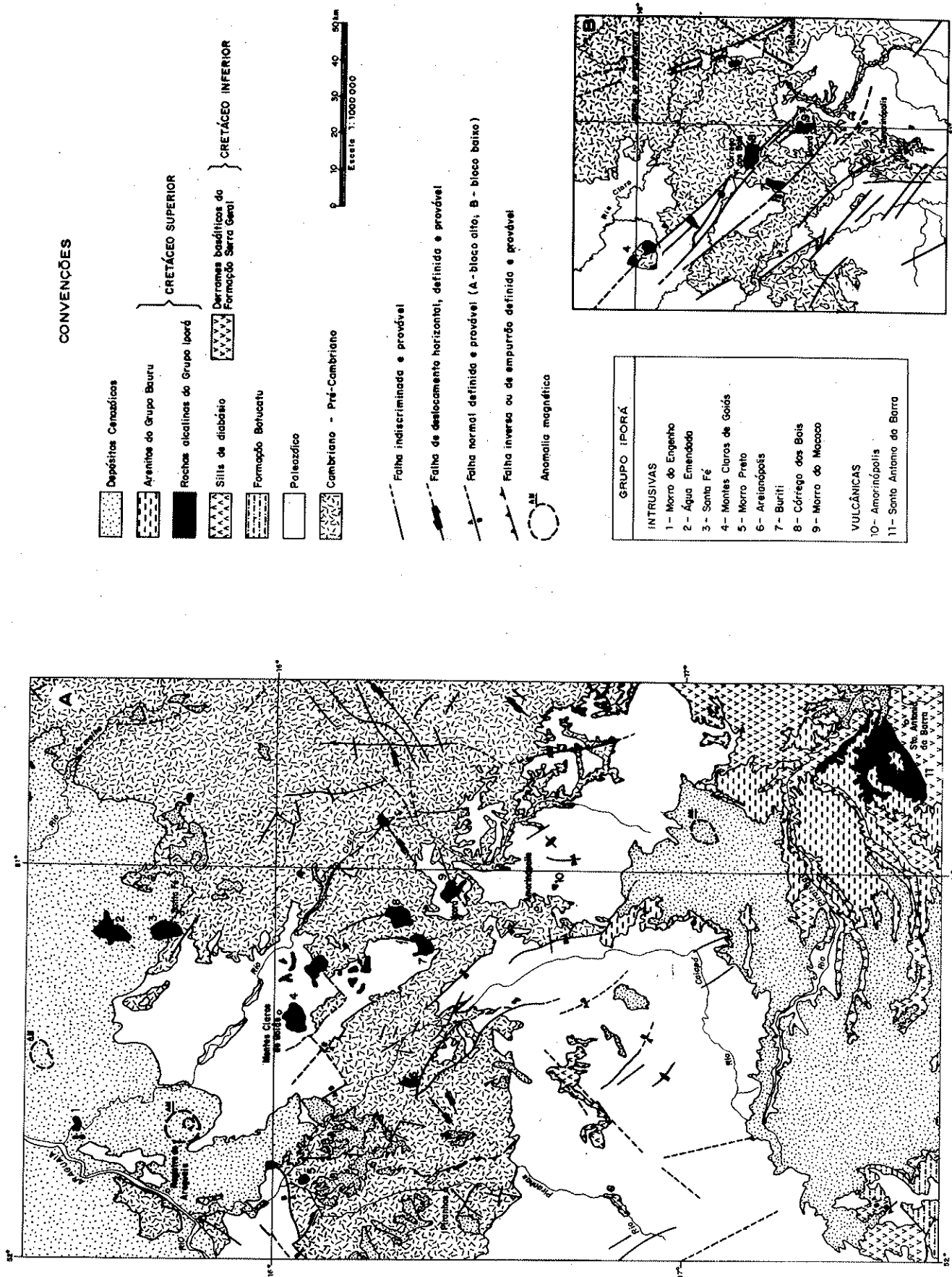


Figura 2 - Mapas geológicos da Província Rio Verde-Iporá. A-Mapa regional, modificado de Shobbenhaus et al. (1975) - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Folhas Goiás e Goiânia DNP/INME. B-Mapa da região de Iporá, segundo Faria et al. (1970), modificado por Damri (1974) e simplificado.

crustal no Cretáceo Superior, originando conjuntos de grábens e horsts ao longo de 150 km, em faixa de 50 km de largura, com falhas normais de direções variáveis, mas com tendência para NNW, e rejeitos que podem alcançar 500 metros. Configura-se de tal modo um tectônica de *rifts*, na metade Norte da província, à qual se relacionam as intrusivas alcalinas, datadas do Cretáceo Superior (Hassui *et al.*, 1971; Danni, 1974; Cordani & Hasui, 1975; Barbour *et al.*, 1979), idade que é confirmada por relações estratigráficas. Um dique de lamprófito, nos peridotitos do Morro dos Macacos (Danni, 1974), acusou 52,9 Ma. Estaria relacionado à reativação terciária de falhas que afetam a Formação Cachoeirinha.

Os complexos alcalinos expostos na região Central e Norte da província são exclusivamente intrusivos, tendo sido mapeados pelos projetos Alcalinas (Pena & Figueiredo, 1972), e Goiânia II (Pena *et al.*, 1975). Os do Morro dos Macacos e Córrego dos Bois foram detalhadamente investigados por Danni (1974, 1978).

As rochas intrusivas dessa província incluem dunitos, peridotitos, diversos piroxenitos, essexitos, teralitos, gabros, álcali-gabros, tinguaitos, nefelina-sienitos, nordmarkitos e produtos de fenitização. No Morro do Engenho ocorrem diques de carbonatito e alaskito (*apud* Shobbenhaus Filho *et al.*, 1975). Diques e soleiras de lamprófitos são comuns, e como vulcânicas mencionam-se traquiandesitos, álcali-basaltos e augititos.

Os diques de diabásio, embora ocorram, não são abundantes e extensos como em outras províncias marginais às bacias do Paraná e de Santos. Sendo importante distrito diamantífero, é de se esperar que nela ocorram kimberlitos.

INTRUSIVAS DA PONTA DO MORRO, MATO GROSSO

As rochas intrusivas ácidas e intermediárias da Ponta do Morro, situadas acerca de 80 km a SE de Cuiabá, próximo à extremidade da Serra do Mimoso, foram por Luz *et al.* (1980) correlacionadas ao Granito de São Vicente, de idade cambriana, que aflora a NW. Essa correlação foi em parte confirmada pela datação das vulcânicas correlatas. Entretanto, modernos estudos do Projeto RADAMBRASIL evidenciaram existir na região, ocupando área de 7 km², rochas alcalinas reunidas sob o nome Intrusivas da Ponta do Morro (Del'Arco *et al.*, 1982). Incluem granito, monzonito e variedades de sienito. Três amostras da última rocha foram datadas por Rb-Sr, permitindo construir isócrona de referência que acusou idade de 84±6 Ma. Sendo tão escassos os conhecimentos sobre as alcalinas da Ponta do Morro, não se justifica por ora caracterizá-las como uma província. Entretanto, chama atenção o caráter félsico saturado dessas rochas, pouco comum às marginais à Bacia do Paraná, e sua situação em aparente relação com o Arco de São Vicente.

Província Paraguai Oriental O Arco de Assunção, ou Arco Central do Paraguai (Putzer, 1962), constitui a mais importante estrutura positiva situada à margem ocidental da Bacia do Paraná. Seu eixo, algo sinuoso, oculta-se a sul, sob coberturas sedimentares e lavas da Província de Corrientes, na Argentina, articulando-se a norte com o Es-

cudo Brasil Central. Seu flanco ocidental é assinalado por importantes falhamentos (Putzer, *op. cit.*), aos quais estariam relacionadas as intrusões paleogênicas das vizinhanças de Assunção (Formação Ñemby, Palmieri & Velasquez, 1982) e as que ocorrem mais a norte, nos lindes entre Mato Grosso do Sul e o Chaco. Estas últimas, a se confirmarem duas determinações de idade (Amaral *et al.*, 1967; Comite & Hasui, 1971), seriam permotriássicas, anteriores portanto à reativação mesozóica do arco.

O flanco oriental do Arco de Assunção, no Paraguai, inclina-se de 1° a 4° para o interior da Bacia do Paraná (Redmond, 1979), mais acentuadamente a leste do trecho em que são mais numerosas as intrusões alcalinas.

O embasamento pré-cambriano acha-se exposto em área apreciável da região central do arco, e localmente já assim se apresentava no Mesozóico. Em maior parte, contudo, oculta-se sob camadas silurianas a triássicas. A distribuição e atitude das camadas paleozóicas e o traçado das isópacas da Bacia do Paraná indicam que o Arco de Assunção já constituía elemento linear de tendência ascensional desde o Paleozóico (IPT, 1980). Foi essa estrutura que, a partir do Jurássico Superior, sofreu intensa reativação, com o desenvolvimento de falhas, dirigidas sobretudo entre N-S e NW, acompanhadas de magnetismo fissural basáltico toleítico, e alcalino, este último representado por mais de 40 corpos intrusivos.

Petrograficamente as eruptivas alcalinas do Paraguai Oriental vêm sendo estudadas desde fins do século passado, salientando-se as investigações realizadas a partir da década de 50. Os estudos tectono-magnéticos têm merecido menor atenção, destacando-se os de Putzer (*op. cit.*) e Palmieri & Arribas (1975).

No Paraguai Oriental as rochas alcalinas estão expostas em duas regiões geográficas: a central, limitada pelos paralelos 25°00' e 26°00'S, e a região a norte do paralelo 22°00'S. É na primeira, geologicamente mais conhecida, que as relações entre o magnetismo e a tectônica podem ser mais claramente estabelecidas. É nela, também, que são mais numerosas as ocorrências dessas rochas.

A verdadeira natureza tectônica da depressão de Ypacaraí ainda não foi devidamente esclarecida. Harrington (1950) considerou-a como um gráben. Putzer (*op. cit.*) interpretou-a como originada de um sistema de falhas subverticais escalonadas, algumas com dezenas de quilômetros de extensão, com caimento para oeste e rejeito total da ordem de 500 m. Degraff *et al.* (1981), com base em observações geológicas e um perfil gravimétrico e magnético, consideraram-na como resultante da erosão ao longo de uma grande falha transcorrente dextrogira, orientada a NNW, com falhas a N-S associadas e apreciável abatimento de blocos. O conjunto teria resultado de um regime mecânico de compressão causando cisalhamento.

Numerosas intrusões alcalinas apresentam-se relacionadas à grande feição tectônica de Ypacaraí e suas imediações, indicando a existência de falhas profundas e favorecendo a interpretação desse sistema tectônico por regime antes tracional que compressivo. Também numerosos diques de diabásio, provavelmente filiados ao magnetismo da Serra Geral, ocorrem na região. A maioria de-

les, e os mais proeminentes, é paralela a direções entre N-S e NW (Eckel, 1959; Putzer, *op. cit.*).

É grande a variedade de rochas alcalinas identificadas na região. Putzer & van den Boom (1961); Putzer (1962); Morifíngo & Penayo (1967); Palmieri & Arribas (1975), assinalam essexitos, sienitos, nefelina-sienitos, shonkinitos, diversos tipos de basaltos alcalinos e basanitos, olivina-basaltos, limburgitos, fonólitos, traquitos, tefritos, quartzo-tinguaítos e ultramafitos. Conforme sua natureza, constituem *stocks*, *plugs*, *sills*, diques ou derrames. Estes se processaram sobre rochas silurianas e triássicas.

O complexo de Sapukai, no Departamento de Paraguari, parece constituir a mais importante ocorrência de rochas alcalinas do Paraguai. Foi investigado em 1967 por Morifíngo e Penayo. Posteriormente foi objeto de estudos detalhados executados por Palmieri (1973) e Palmieri & Arribas (1975), que enfatizaram a importância da tectônica regional e, em particular, da falha de Ypacaraí na posição dos numerosos focos intrusivos e vulcânicos. As falhas da região de ocorrência do complexo são de gravidade, quase verticais, obedecendo a duas ou três direções, sobressaindo-se as orientadas a NNW-NW.

As rochas do complexo de Sapukai (Palmieri & Arribas, *op. cit.*) são basaltos leucíticos, nefelínicos e sodalíticos, limburgitos, traquibasaltos e tefritos. Ocorrem plutônicas ultramáficas e máfico-alcalinas subsaturadas. Esses autores chamaram atenção para o caráter potássico do complexo.

Os *stocks* shonkiníticos e de nefelina-sienitos de Mboycaty, a nordeste de Villa Rica e o *stock* shonkiníticos do Cerro Aguapety a 10 km a sul de Coronel Oviedo (Putzer, 1962) parecem representar intrusões ao longo de um segundo sistema de fraturas, também orientadas proximamente a NNW, situadas a sudeste da depressão de Ypacaraí.

As datações geocronológicas das rochas alcalinas e basálticas associadas, do Paraguai Oriental (região sul), são ainda pouco numerosas (Comte & Hasui, 1971; Palmieri & Arribas, 1975). Elas indicam valores entre 170 ± 10 Ma (diabásio) e 98 ± 5 Ma para as 13 datações disponíveis das rochas do complexo Sapukai. A ocorrência de basanita contendo nódulos de espinélio-lherzolito, da Cantera Cerrito, perto de Assunção, indicou duas idades K-Ar, sendo uma de 36 ± 11 Ma para o basanita (Stormer *et al.*, 1975), e outra de 46 ± 7 Ma para um "olivina basalto" (Comte & Hasui, *op. cit.*). Também Palmieri & Velasquez (1982) referem datação de cerca de 45 ± 5 Ma para essas rochas. O vulcanismo eocênico da região de Assunção assinala uma pulsação tardia do magmatismo alcalino no Arco de Assunção, também manifestado em outras províncias, no Brasil, e atesta sua prolongada atividade, recorrente durante cerca de 200 Ma, nessa estrutura.

No Paraguai Oriental a norte do paralelo 22° S existem algumas intrusões alcalinas supostamente mesozóicas (só a de Cerro Corá foi datada). Surgem do embasamento pré-cambriano ou das camadas permianas e mesozóicas, que elevam em domos. A intrusão de Cerro Corá, situada a 25 km de Pedro Juan Caballero, é um corpo circular,

com anel externo de álcali-sienito, contendo internamente rochas básicas em que penetrou pequena intrusão de carbonatito (Berbert & Triguís, 1973; Berbert, 1973). Sua idade é assinalada por valores K-Ar de 135 e 143 Ma. A intrusão de Cerro Sarambi, situada a 25 km a WSW da anterior (Palmieri *et al.* 1974) desenvolveu uma grande estrutura dômica, com 35 km de diâmetro, soerguendo o Grupo Aquidaban, carbonífero, e expondo em seu núcleo o embasamento pré-cambriano. No corpo alcalino central ocorre dique de carbonatito, sendo o dômico recortado por diques radiais de sienito alcalino porfírico, fonólito, traquito e rocha afaníticas. Cerro Guazu, ainda muito pouco conhecido, parece apresentar um centro vulcânico alcalino, com material brechóide. Pequeno *neck* fonolítico suporta o Cerro Buena Vista no baixo vale do rio Apa.

Sendo ainda muito escassas as informações sobre a estrutura geológica da região Norte do Paraguai Oriental, torna-se por ora impossível reconhecer qualquer condicionamento tectônico dessas intrusões, além do fato importante de se situarem sobre o Arco de Assunção, nas imediações da borda da Bacia do Paraná.

Província Mariscala Entre Mariscala e Colón, no Departamento de Lavalleya, no Uruguai, ocorrem sienitos, traquitos e pórfiro-sienitos, que constituem a Formação Valle Chico. Umpierre & Halpern (1971) obtiveram 120 Ma por isócrona Rb-Sr, para a idade dessas rochas.

São muito escassas as informações sobre a tectônica que teria condicionado a intrusão do complexo Mariscala. Sabe-se que falhas do embasamento, que recortam as estruturas pré-cambrianas epimetamórficas do Grupo Lavalleya (Ferrando & Fernandez, 1971) foram em parte reativadas na região durante o Cretáceo Inferior. Uma dessas falhas determinou a posição de uma das bordas da fossa tectônica Laguna Merin (Ferrando & Fernandez, *op. cit.*). É possível que esse falhamento tenha determinado o sítio das intrusões alcalinas. A elas parecem estar associadas intrusões e efusões de basalto e rochas ácidas das formações Puerto Gomez e Arequita, também datadas do intervalo entre o Jurássico e o Cretáceo Inferior (140 a 120 Ma) (*apud* Bossi *et al.*, 1975).

Província Piratini O chamado Escudo Sul-rio-grandense parece ter surgido como entidade tectônica de tendência positiva como consequência de movimentos havidos entre o final do Devoniano e o início do Carbonífero Superior. Sua presença reflete-se nos mapas de isópacas e de superfícies de tendência da Bacia do Paraná, assim como na litoestratigrafia das formações que localmente o recobrem. O Arco do Rio Grande (Sanford & Lange, 1960), que se inclui nesse escudo, tem seu eixo disposto normalmente às estruturas pré-cambrianas e eopaleozóicas (Fig. 1). Esse eixo mergulhando para NW, é paralelo à importante direção de fraturas e falhas regionais, sobretudo destacadas no Uruguai. Elas foram ativas durante e após realizar-se o vulcanismo basáltico da Serra Geral, podendo representar no Rio Grande do Sul, parte reativada de um sistema de deformações do Ciclo Brasileiro (*in* Relatório Final do Levantamento Aerogeofísico Ca-

maquã, *apud* Schobbenhaus Filho *et al.*, 1974). A região central do arco, durante o Mesozóico, sujeitou-se a esforços tracionais, abrindo-se as fraturas e falhas a NW, que foram em parte preenchidas por diques de diabásio, conhecidos tanto na área sedimentar como na dos derrames basálticos (Maciel Filho & Sartori, 1979).

As intrusões alcalinas dessa pequena província processaram-se na área central do Arco do Rio Grande. As nove referidas originalmente por Ribeiro (1971) localizam-se no gráben Arroio Moirão, dirigido a NE, na região de Santana da Boa Vista. Posteriormente (Pinto *et al.*, 1975) outras foram descobertas, totalizando trinta e duas pequenas intrusões, destacando-se cerca de uma dúzia de chaminés de traquito e fonólito, além de pequenos *plugs*, na região norte do município de Piratini (Ribeiro, 1978). Entre suas rochas conhecem-se fonólitos, traquitos, tefritos, nefelinitos e olivina-basaltos.

As intrusões ocupam uma faixa de cerca de 20 km de comprimento por 6 de largura, orientada a NW, direção de importante fraturamento regional. Também enxames de diques básicos, podendo alguns destes ser seguidos por 2 ou 3 km, adotam essa orientação (Ribeiro, 1978). Esses diques são de diabásio, com ou sem olivina, de rochas pobres em minerais máficos ou ainda de típicos álcali-olivina basaltos. Embora não haja datações disponíveis, supõe-se que pertençam a vários episódios intrusivos, devendo parte deles ser filiada ao magmatismo basáltico da Serra Geral.

Considera-se que as intrusões alcalinas surgiram onde o sistema de fraturas a NW, reativado no Mesozóico, cruza a estrutura em gráben, orientada a NE, coberta pela Formação Caneleiras (Ribeiro, *op. cit.*). Na região são muito importantes as falhas pré-cambrianas orientadas a NE-NNE, destacando-se as do sistema transcorrente Passo do Marinheiro.

Unicamente uma datação isotópica K-Ar é conhecida dessas alcalinas (Cordani *et al.*, 1974), tendo acusado cerca de 80 Ma para um traquito.

Província Santa Catarina A pequena província Santa Catarina localiza-se à borda da Bacia do Paraná, entre o Arco de Ponta Grossa e a Sinclinal de Torres. Inclui as intrusões de Anitápolis, Lajes e Quarenta (Botuverá).

A intrusão de Anitápolis processou-se em granitos (Melcher & Coutinho, 1966). Constitui um complexo alcalino intrusivo de caráter máfico-ultramáfico (Carraro *et al.*, 1967), incluindo ijolitos, urtitos, melteigitos, jacupiranguitos, carbonatitos e rochas fenitizadas. Diques (e blocos rolados) de álcali-basaltos, leucita-tefritos e nefelinitos são conhecidos. Carraro *et al.* (*op. cit.*) são de opinião que a intrusão do complexo alcalino de Anitápolis se fez na interseção de antigos falhamentos, já existentes no embasamento, tendo outros surgido com ela. Melcher & Coutinho (*op. cit.*) enfatizam o papel do falhamento a N-S no condicionamento da intrusão.

No sul de Santa Catarina, na área dos sedimentos paleozóicos, os diques de diabásio não têm direção preferencial (Putzer, 1952), mas obedecem ao sistema de fraturas conjugadas a que Putzer (*op. cit.*) denominou Ca-

tarinense (NO-30E e E-W a N60W). Não se apresentam os diques de diabásio paralelos, tais como existem nos arcos de Ponta Grossa e do Rio Grande.

A intrusão de Lajes (Freitas, 1944; Arruda & Francisco, 1966; Loczy, 1968; Scheibe, 1978) penetrou e soergueu em grande domo, os sedimentos paleozóicos, em plena área basáltica. Entre seus variados tipos de rochas conhecem-se nefelina-sienitos, fonólitos, microfoyaítos e tinguaítos, em *sills* e pequenas intrusões irregulares, além de diques diversos, incluindo olivina-melilititos. Carbonatitos ocorrem localmente em diques e veios que penetram brecha feldspática (Scheibe, *op. cit.*; Scheibe & Formoso, 1982). O domo de Lajes situa-se no prolongamento de importante feixe de falhas tardibrasilianas do sul de Santa Catarina (IPT, 1980). É possível que as intrusões de Lajes tenham sido condicionadas pela reativação dessas falhas.

Na localidade Quarenta, próximo a Botuverá, ocorrem diques radioativos constituídos de rochas brechóides de filiação alcalina, filiados a uma pequena chaminé de rocha alcalina (D'Elboux *et al.*, 1982).

É impossível por ora identificar-se relação clara das rochas alcalinas de Santa Catarina com a tectônica regional. Cabe lembrar, contudo, que essas intrusões se processaram na região de inflexão separando duas estruturas tectônicas importantes, que no Mesozóico sofreram movimentos verticais opostos de grande magnitude: o Arco de Ponta Grossa e o Sinclinal de Torres. Este último, com eixo mergulhante para NW, individualizou-se provavelmente no Triássico, numa área até então pouco subsidente. Contém grande espessura do Grupo Rio do Rasto (Tommasi, 1973), mas foi no Jurássico-Cretáceo que apresentou maior abatimento, acumulando pelo menos 1000 metros de espessura de derrames basálticos. É possível que os movimentos opostos entre essas duas grandes estruturas tenham ensejado o desenvolvimento ou a reativação de fraturamentos profundos, orientados a NW, pelos quais teria ascendido o magma alcalino.

Província do Arco de Ponta Grossa O Arco de Ponta Grossa, tal como hoje se apresenta (Fig. 1), é uma grande estrutura soerguida, com eixo dirigido a NW, que adentra a Bacia do Paraná entre os Estados de São Paulo e Santa Catarina. O embasamento exposto no núcleo da estrutura, no qual se incluem as intrusões, é constituído de rochas pré-cambrianas policíclicamente trabalhadas, com predomínio das estruturas originadas no Ciclo Brasileiro. De modo geral, essas estruturas orientam-se em direções aproximadamente NE, sendo portanto transversais ao eixo do arco e às grandes fraturas e falhas normais mesozóicas.

A área crustal em que se situa o Arco de Ponta Grossa já manifestava tendência ao soerguimento desde o Paleozóico, com possíveis reflexos na litologia da Formação Ponta Grossa (Northfleet *et al.*, 1969; Fúlfaro, 1970). No Permiano Médio/Permiano Superior essa estrutura passou a se configurar mais claramente como área positiva, separando as sub-bacias de São Paulo e Santa Catarina. Foi, contudo, no Triássico-Jurássico que o Arco de Ponta Grossa tomou a feição que hoje apresenta, como re-

sultado de um soerguimento em abóbada. Separou, então, as bacias em que se acumularam as formações continentais Pirambóia e Rosário do Sul. No Jurássico Superior-Cretáceo Inferior, com o advento do processo tectono-magmático da Reativação Wealdeniana, o Arco de Ponta Grossa muito se ergueu. Extensas fraturas e falhas de traçado paralelo a seu eixo, retalharam-no em segmentos crustais subparalelos, limitados por grandes falhas. Bowen (1966) enfatizou a importância do soerguimento do arco nesse tempo, tendo-o estimado no mínimo em 7,5 km, valor que parece exagerado (IPT, 1980). Considerou fenômenos sincrônicos, e geneticamente relacionados, o soerguimento e a extrusão dos basaltos da Serra Geral, que em maior volume teriam extravasado por essas fraturas.

Vieira (1973) reconheceu três grandes falhamentos desenvolvidos subparalelamente ao eixo do arco, dirigido a NW. Denominou-os Serra da Fatura, São Jerônimo-Curiúva e do Rio Alonzo. O primeiro foi originalmente denominado Fissuramento de Guapiara (Algarte, 1972), nome que veio a prevalecer sob a designação Alinhamento de Guapiara (Ferreira, 1982a). Vieira atribuiu esses grandes falhamentos a uma única fase tectônica ocorrida nos primórdios do Cretáceo, de que resultaram fraturamentos e falhamentos normais, formações de arqueamentos regionais e horsts dômicos. Simultaneamente sobreveio o magmatismo basáltico.

Os levantamentos aeromagnetométricos divulgados nos últimos anos (Ferreira e Algarte, 1979; Ferreira *et al.*, 1981; Ferreira, 1982a; Ferreira, 1982b), referentes à área apreciável do Arco de Ponta Grossa, permitiram reconhecer a real importância dos falhamentos identificados por A. J. Vieira, e assinalar a presença de outro, a SW, o Alinhamento do Rio Piqueri (Fig. 1).

Na descrição de Ferreira (1982a) o Alinhamento de Guapiara (ou falhamento da Serra da Fatura, de Vieira, *op. cit.*), assinalaria o limite norte do Arco de Ponta Grossa. Possui pelo menos 600 km de extensão e larguras variáveis de 20 a 100 km. Estende-se do litoral, da região de Iguape em São Paulo, até pelo menos a confluência dos rios Verde e Paraná. Coincide com um cerrado enxame de diques de diabásio.

A região central do Arco de Ponta Grossa é definida por dois alinhamentos subparalelos: de São Jerônimo-Curiúva e o do Rio Alonzo. O intenso fissuramento e falhamentos de pequeno rejeito, a N50-55W, dessa região, também ensejou a penetração do magma basáltico em inúmeros diques de diabásio. O Alinhamento do Rio Piqueri orienta-se a N60-65W, tendo sido reconhecido ao longo de 115 km, com largura máxima de 20 km (Ferreira, 1982b). Essa feição assinalaria o limite sudoeste do arco. Os quatro grandes alinhamentos estruturais abrem-se em leque para o interior da bacia. Outras falhas menos conspícuas existem no Arco de Ponta Grossa, sobretudo orientadas a E-W e NE-SW, várias delas tendo servido de acesso ao magma basáltico.

O magmatismo basáltico, a se julgar pelas informações disponíveis, iniciou-se no Arco de Ponta Grossa ainda em fins do Jurássico, mas teve seu clímax de intensidade entre 130 e 120 Ma (Amaral *et al.*, 1966; Melfi, 1967).

Nas regiões onde se encontram as intrusões alcalinas, todas fora da área de exposição dos derrames basálticos, a expressão mais notável deste magmatismo é o magno enxame de diques de diabásio, e menos freqüentemente, de diorito, diorito-pórfiro e quartzo-diorito, que ocupa as fraturas e maioria das falhas da região, dirigidas sobretudo a NW. Foi nesse arcabouço estrutural que se processou o magmatismo alcalino.

No Arco de Ponta Grossa são conhecidas cerca de quinze intrusões simples, ou complexos múltiplos, isolados. Mais duas são sugeridas por aeromagnetometria.

As rochas alcalinas do Arco de Ponta Grossa constituem *phugs*, *stocks* ou "chaminés", e podem ter disposição concêntrica de suas variedades petrográficas. O maior maciço, o de Jacupiranga, tem 65 km².

Petrograficamente é muito variada a composição desses centros intrusivos. Predominam rochas correspondentes às linhagens alcalinas, gabróide e ultramáfica, com piroxenitos, jacupirangitos, peridotitos, essexitos, ijolitos, nefelinitos, shonkinitos, malignitós, teralitos, dunitos, etc. Carbonatitos ocorrem em algumas intrusões, como em Jacupiranga, Juquiá (Serrote), Barra do Itapirapuã e Mato Preto. Há intrusões em que predominam rochas de natureza félsica, subsaturadas a saturadas, como nefelina-sienitos, pulaskitos, sienodioritos, tinguaítos, foyaítos, fonólitos, etc. Tais são os maciços de Tunas, Banhadão, Cananéia, Barra do Teixeira, Sete Quedas, Barra do Rio Ponta Grossa e Mato Preto. Não há rochas vulcânicas alcalinas preservadas no Arco de Ponta Grossa, provavelmente tendo sido destruídas pela erosão cenozóica.

Os mapeamentos geológicos e levantamentos geofísicos acima citados tornaram evidente que as intrusões alcalinas próximas à região central do arco acham-se estreitamente condicionadas às grandes zonas de falhas e fraturamentos tracionais orientados a NW, que também deram acesso ao magma toleítico.

Algarte (1972) indicou de modo claro que as intrusões alcalinas do sul de São Paulo e do Paraná (Tunas, Itapirapuã, Mato Preto, Barra do Rio Ponta Grossa, Sete Quedas, Barra do Teixeira e Banhadão) acham-se em conjuntos alinhados a NW, paralelamente ao eixo do arco e ao alinhamento estrutural de Guapiara.

Pertencem ao Alinhamento de Guapiara as intrusões de Jacupiranga e Juquiá, as anomalias magnéticas possivelmente representando outras duas intrusões (Ferreira & Algarte, 1979) próximas a Registro e Pariquera-Açu e um afloramento de rocha alcalina que se expõe em maré baixa no canal chamado Mar Pequeno, próximo a Sabaúma em São Paulo. As demais alcalinas pertencem ao Alinhamento São Jerônimo-Curiúva.

Não só a disposição em alinhamentos orientados a NW indica a relação dessas intrusões com as grandes zonas de falha, mas na própria configuração dos maciços de rochas alcalinas essa influência faz sentir-se, como nos de Tunas (Trein *et al.*, 1967) e Itapirapuã (Gomes, 1970).

É possível que a localização das rochas alcalinas nas falhas dirigidas a NW tenha sido influenciada por falhas que as cruzam, como sugerido por D'Elboux *et al.* (1982)

para Itapirapuã e Mato Preto, mas estas falhas não são geologicamente muito evidentes.

A idade dos maciços alcalinos do Arco de Ponta Grossa e regiões adjacentes, de Santa Catarina e São Paulo, foi determinada por K-Ar (Gomes & Cordani, 1965; Amaral *et al.*, 1967; Cordani & Hasui, 1968; Born *et al.*, 1972; Hama *et al.*, 1977; Amaral, 1978). Salvo para Jacupiranga (Amaral *op. cit.*), essas datações, em grau de reconhecimento, são ainda insuficientes para que se tenha uma idéia definitiva da distribuição do magmatismo alcalino no tempo. Elas permitem, contudo, saber-se quais as intrusões que se realizaram no Cretáceo Inferior, há mais de 100 Ma, sendo portanto isócronas ao magmatismo basáltico, o que havia sido apontado por Amaral *et al.* (1967). Incluem Jacupiranga, Juquiá, Itanhaém, Tunas e Itapirapuã. Outras, como Cananéia, Mato Preto e Barra do Teixeira, são neocretáceas, e refletiriam uma pulsação tectônica acompanhada de nova fase magmática, posterior ao vulcanismo basáltico. Tunas (110 Ma) e Itapirapuã (103 Ma) assinalariam uma relativa calma no processo tectono-magmático, durante o final do Cretáceo Inferior.

Província Ipanema A província alcalina de Ipanema situa-se na área de ocorrência dos sedimentos permocarboníferos, a oeste de Sorocaba (SP), sendo geograficamente isolada das do Arco de Ponta Grossa e Serra do Mar (Fig. 1).

As rochas alcalinas afloram em área de 8 km², num soerguimento tectônico, no qual se expõe o embasamento pré-cambriano elevado pela intrusão. Estudos gravimétricos efetuados por Davino (1976) indicam que a intrusão, que teria dezenas de quilômetros de extensão, deve ocupar grande volume em profundidade, numa configuração alongada a NE-SW, que seria a mesma direção das estruturas pré-cambrianas regionais ocultas. Diques e *sills* de shonkinito-pórfiro, também assim orientados, parecem comprovar essa interpretação. Em parte penetrou em injeção forçada, soerguendo a cobertura paleozóica mediante falhas escalonadas, com metros a dezenas de metros de rejeito, orientadas paralelamente às direções estruturais do embasamento, ou a elas transversais.

Leinz (1940) descreve as rochas dessa província, como ortoclásio-egirinito, ortoclásio-lusitanito, umptekito, nordmarkito e shonkinito, sendo este tipo peculiar dos diques que atravessam a cobertura paleozóica. Verificou-se posteriormente (Born, 1975), que muitas dessas rochas não são de filiação magmática, mas resultaram de processos de fenização. Veios e diques de carbonatitos ocorrem em sondagens (Felicíssimo Jr., 1969, *apud* Born, *op. cit.*).

A idade da intrusão de Ipanema é conhecida por três datações K-Ar, de shonkinito (biotita) e fenito (rocha total), sendo considerada como próxima de 123 Ma (Amaral *et al.*, 1967).

Pelo exposto, parece que a intrusão do corpo de rochas alcalinas de Ipanema foi controlada em sua localização pela reativação, durante o Cretáceo Inferior, de falhas pré-silurianas situadas à borda da Bacia do Paraná, nada tendo a ver com o desenvolvimento do Arco de Ponta Grossa como supusera Almeida (1971). Direções de fra-

turas orientadas a NW podem ter contribuído para a sua posição num alinhamento que inclui ocorrências de diques de alcalinas nos municípios de Tatuí (Congonhal) e Piedade.

PROVÍNCIA MARGINAL À BACIA DE SANTOS

Província Serra do Mar A Província Serra do Mar desenvolveu-se numa área que entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior havia sofrido um soerguimento crustal. Intensamente fraturada a NE-ENE, foi nessas direções profusamente injetada de diques de diabásio e outros derivados do magma basáltico toleítico. A área faria parte de um antigo arqueamento, que remontaria possivelmente ao Paleozóico. Asmus (1975), considerando a abundância de basaltos nas bacias do Paraná e de Santos, supôs a existência de um duplo intumescimento, que atribuiu a pontos quentes no manto, um deles situado ao largo da costa, em São Paulo e Paraná.

Os enxames de diques subparalelos de diabásio e outros de filiação toleítica, na área da província, têm sido postos em evidência por diversos mapeamentos (Damaseno, 1966; Brandalise *et al.*, 1976; Freitas, 1976; Silva *et al.*, 1977; Gomes & Berenholc, 1980; Basei & Vlach, 1981). Eles são particularmente freqüentes e extensos na região costeira, no Vale do Paraíba do Sul, na Serra do Mar e na Depressão da Guanabara. Escasseiam da Serra da Mantiqueira para o Planalto Sul-Mineiro, assim como na região da Grande São Paulo. Algumas datações indicam terem idade eocretácea pré-aptiana (Amaral *et al.*, 1966; Minioli, 1971; Silva *et al.*, 1977; Basei & Vlach, 1981). Aparentemente preenchem fraturas e falhas pré-devonianas reativadas por esforços tracionais dirigidos transversalmente à costa, o que condiria com o primitivo soerguimento prognosticado por Asmus (*op. cit.*). É de notar que em contraste com o Arco de Ponta Grossa, esse magmatismo basáltico não foi acompanhado de intrusões alcalinas, com a duvidosa exceção de um dique de lamprófito (Minioli, 1971).

Se os enxames de diques básicos eocretáceos da região Sudetes paulista e do Rio de Janeiro foram acompanhados de derrames, o que é provável dada a presença destes no fundo da Bacia de Santos, datados de 120 Ma, eles teriam sido posteriormente erodidos, pois não foram preservados nas bacias eocênicas do Vale do Paraíba do Sul.

É importante salientar as semelhanças apresentadas pelo magmatismo basáltico no Arco de Ponta Grossa e no soerguimento da Serra da Mantiqueira, levando a crer que a evolução dessas duas estruturas entre o final do Jurássico e o Cretáceo Inferior pré-Aptiano foi paralela. Isso é difícil de interpretar, dada a diversidade de orientação e a relativa proximidade das duas estruturas, assim como a grande extensão de pelo menos 600 km continente adentro, do fraturamento no Arco de Ponta Grossa.

Na Bacia de Santos, os derrames basálticos deviam achar-se em erosão quando a subsidência da margem continental levou a seu recobrimento por seqüência clástica não-marinha (Formação Guaratiba) sucedida pela acumulação da seqüência evaporítica (Ponte & Asmus, 1976; Oje-

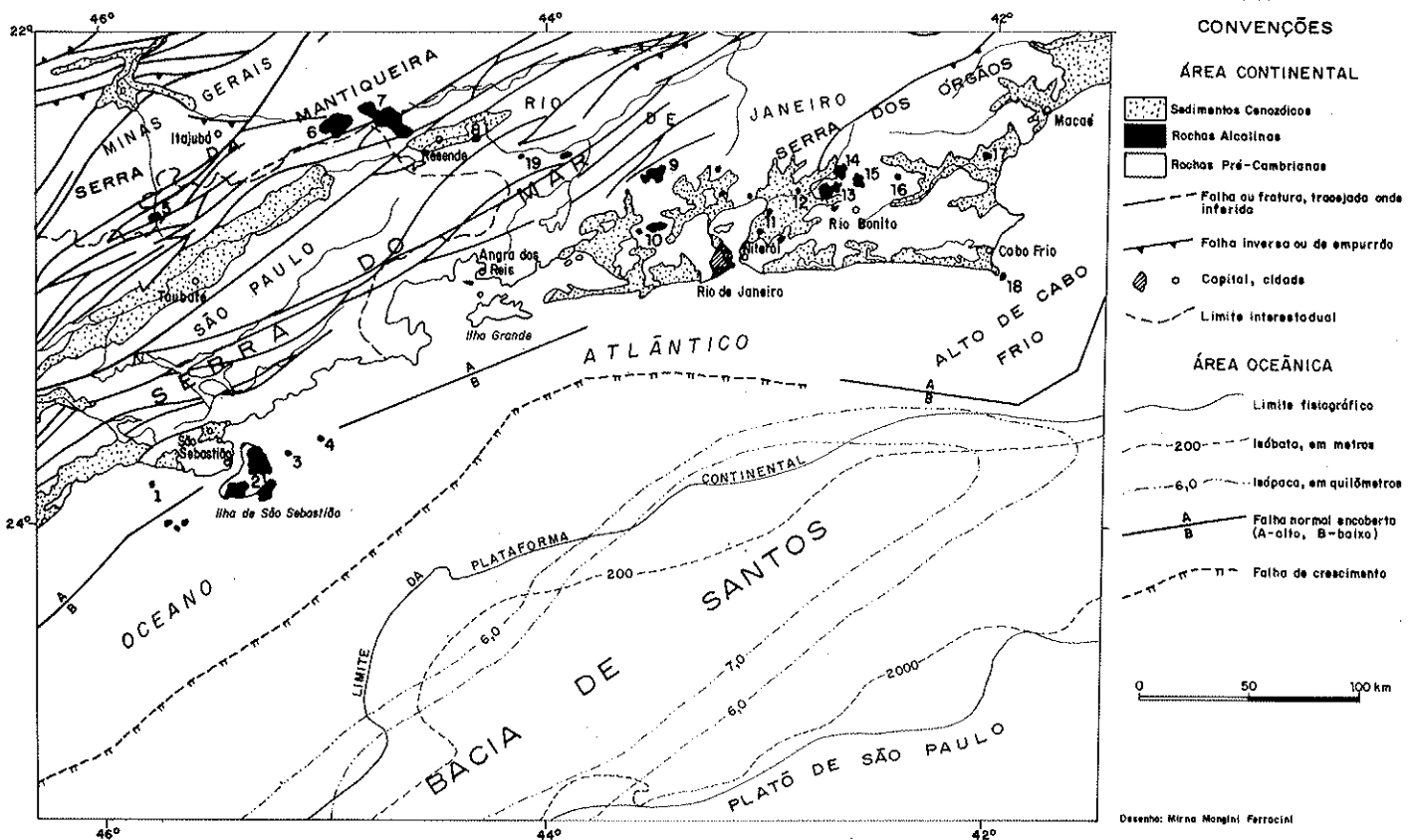


Figura 3 - A Província Serra do Mar e a Bacia de Santos (modificada do Mapa Geológico do Brasil 1 : 2.500.000, DNPM, 1981). Principais intrusões alcalinas: 1-Montão de Trigo; 2-São Sebastião; 3-Búzios; 4-Vitória; 5-Ponte Nova; 6-Passa Quatro; 7-Itatiaia; 8-Morro Redondo; 9-Tinguá; 10-Gericinó-Mendanha; 11-Itaúna; 12-Porto das Caixas; 13-Tanguá; 14-Soarinho; 15-Rio Bonito; 16-Morro dos Gatos; 17-Morro São João (Casimiro de Abreu); 18-Cabo Frio; 19-Volta Redonda.

da, 1981). A parte profunda da bacia limita com a parte rasa a noroeste, admitindo-se que a passagem da crosta continental à oceânica esteja situada mais para sudeste da bacia (Asmus & Guazelli, 1981). Uma grande falha, a Falha de Santos, de rejeito desconhecido, mas figurada ao largo de quase toda a costa frontal à bacia (Fig. 3), existe entre a zona de flexura referida e a linha-de-costa. Seria essa falha o sítio original do sistema montanhoso da Serra do Mar, do qual dista o máximo de uns 70 km?

No decorrer do Cretáceo Superior acentuou-se a subsidência da Bacia de Santos, ao mesmo tempo que a região costeira adjacente se erguia e era intensamente erodida, fornecendo à plataforma continental de então grande volume de clásticos, incluindo conglomerados, da Formação Santos. Isso se deve, provavelmente, ao desequilíbrio isostático, com excesso de massa da bacia, e deficiência sob a porção continental adjacente (Fig. 6, *in* Asmus & Ferrari, 1978). O acúmulo à borda continental da referida bacia, de espessa sedimentação detrítica indicando fonte linear de abastecimento atesta a presença de um relevo pretérito na região continental vizinha (Soares & Landim, 1976; Asmus & Ferrari, 1978), ao tempo durante o qual nela, e na parte submersa, se processava o vulcanismo alcalino ao longo da borda continental da bacia.

O magmatismo alcalino da Província Serra do Mar manifestou-se por meio de cerca de trinta intrusões isoladas principais, entre as quais se destacam, por suas dimensões, as do Itatiaia, Passa Quatro, as três da Ilha de São Sebastião, Gericinó-Mendanha, Rio Bonito, Itaúna, Soarinho,

Tinguá, Tanguá e Morro de São João (Fig. 3). Além delas ocorrem numerosos diques, associados ou não às intrusões maiores, e pequenos *plugs* isolados.

Não se conhecem rochas cretáceas seguramente vulcânicas nessa província. Entretanto, pesquisadores do IPT (Riccomini *et al.*, 1983) identificaram evidente derrame de lava ankaramítica intercalada em sedimentos que preenchem a bacia tafrogênica de Volta Redonda. Essa lava foi datada de 42 Ma, equivalente ao Eoceno Superior.

As datações geocronológicas, numericamente insuficientes, indicam que as alcalinas da província são da segunda fase do magmatismo, isso é, têm idades entre o Senoniano Inferior e o Eoceno. Atribuiu-se esta última idade à intrusão de Cabo Frio (53 Ma) e às lavras da Bacia de Volta Redonda. Essas datações podem ser encontradas em trabalhos de Ribeiro Filho & Cordani (1966); Amaral *et al.* (1967); Hennies & Hasui (1968); Minioli (1971); Cordani & Teixeira (1979) e Riccomini *et al.* (1983).

Petrograficamente as rochas alcalinas da província são sobretudo de caráter félsico, embora rochas máficas ocorram localmente, em diques ou pequenos *stocks*. Os tipos petrográficos mais comuns são nefelina-sienitos, nordmarkitos, pulaskitos, umptekitos, quartzo-sienitos, foyaitos, álcali-sienitos, traquitos, shonkinitos, fonólitos, tinguaítos e, localmente, granitos alcalinos (Itatiaia, Soarinho), monzonitos (Soarinho), malignitos (Morro de São João), litchfielditos (Canaã) e solvsbergitos (Marapicu).

Rochas máficas ocorrem localmente, sob forma de corpos não-tabulares, como os essexitos e teralitos da

ilha de São Sebastião (Freitas, 1947) e máfico-ultramáficas existem no maciço de Ponte Nova. Diques, de composição variada, são comuns. Desconhecem-se carbonatitos.

Exceção expressiva de um complexo petrográfico máfico-ultramáfico é o de Ponte Nova, no alto da Serra da Mantiqueira, no limite entre São Paulo e Minas Gerais. Os seguintes tipos petrográficos são citados por Cavalcante *et al.* (1979): mica-anfibólio-peridotito, olivina-gabro, essexito-gabro, teralito e gabro. Há diques de fonólito, ankaramito, nefelina-tefrito, olivina-sodalitito e limburgito. Datações (Convênio CPRM-IGUSP/CEOCRON *apud* Cavalcante *et al.*, 1979) indicaram idade K-Ar de 86 ± 10 Ma para esse complexo.

A relação das intrusões alcalinas dessa província com direções predominantemente NE-ENE das estruturas antigas do embasamento é fato indubitável. Para ilustrá-lo, mencione-se o *rift* da Guanabara (Ruellan, 1944; Freitas, 1956), uma depressão admitida como tectônica (embora não contemporânea ao clímax do referido magmatismo) que se estende desde a baía de Sepetiba a oeste, até o vale do Rio São João. Nela, numa faixa de cerca de 180 km de extensão por cerca de 25-30 km de largura, orientada a ENE, situam-se cerca de 15 centros de intrusões alcalinas, entre eles os grandes maciços de Gericinó-Marapicu, Itaúna, Rio Bonito, Tanguá, São Gonçalo, Morro de São João, Soarinho e outros menores, além de numerosos diques de rochas alcalinas. Martins & Borghi (1982), noticiando a descoberta de novo centro de intrusão de rocha alcalina do Morro dos Gatos, voltam a chamar atenção para o alinhamento a ENE dessas rochas, na zona da falha do Rio Bonito, identificada por Rosier (1965). O grande maciço de Tinguá dispõe-se logo a norte dessa faixa, junto às escarpas da Serra do Mar.

No Médio Vale do Paraíba do Sul, também alongado na direção ENE das estruturas antigas, dispõe-se a intrusão de Morro Redondo, e no fronte escarpado da Serra da Mantiqueira que delimita o gráben, ou próximo a ele, situam-se os complexos alcalinos de Itatiaia, Passa Quatro, Ponte Alta e menores intrusões. As da ilha de São Sebastião, e dos Búzios (Bjornberg & Ellert, 1955), Vitória e Alcatrazes (nestas duas somente ocorrem diques), acham-se distintamente dispostas segundo um alinhamento a NE que parece coincidir com falhamento conhecido na plataforma continental (Fig. 3).

A própria forma de alguns dos maciços alcalinos, como Gericinó-Mendanha, reflete o condicionamento tectônico às direções NE-ENE das falhas e outros traços de lineamentos do embasamento pré-cambriano.

Ante os fatos apontados, é-se levado a considerar que o magmatismo alcalino neocretáceo-eocênico processou-se obedecendo às direções de antiga fraqueza crustal, em falhas profundas reativadas, e outras então surgidas nessas mesmas direções. O fenômeno tectono-magnético realizou-se aproximadamente no mesmo sítio, sujeito a idênticas direções em que, anteriormente, durante o Cretáceo Inferior, havia-se processado intrusão de magma basáltico e seus derivados, do estágio *rift*, mas não de magma alcalino.

O magmatismo alcalino da Província Serra do Mar pre-

cedeu ao desenvolvimento do sistema de *rift valleys* terciários da região, iniciado provavelmente no Eoceno Inferior. Os edifícios vulcânicos que devem ter acompanhado esse magmatismo já então haviam sido destruídos, com o desenvolvimento da superfície de erosão Japi, cuja evolução foi interrompida, na região, pela tectônica originária dos blocos de falhas que compõem o sistema tectônico da Serra do Mar (Almeida, 1976). A lava ankaramítica datada do Eoceno Superior, intercalada em sedimentos que já então preenchiam o *rift* do Paraíba do Sul, na Bacia de Volta Redonda, comprova que nessa ocasião as bacias tafrogênicas estavam em formação. Esse fato estabelece um limite mínimo de tempo para o desenvolvimento da superfície de erosão do Japi, afetada por essa tectônica de falhas, e denota que somente os episódios finais do magmatismo alcalino assistiram ao desenvolvimento dessa tectônica, que é, portanto, posterior à que se manifestou durante a fase principal do magmatismo.

É importante insistir em dois fatos, referentes ambos à disposição de diversos centros alcalinos neocretáceos a eocênicos relativamente à Bacia de Santos. Cabe lembrar que essa bacia desenvolveu-se no Cretáceo e Cenozóico ao largo do sítio onde hoje se localiza a Serra do Mar, entre Santa Catarina e o Rio de Janeiro. Situa-se em maior parte no talude continental, onde seu eixo maior de deposição, localizado próximo à borda da plataforma, orienta-se a nordeste-sudoeste, entre Cabo Frio e Florianópolis.

O primeiro fato importante a assinalar é que todas as alcalinas neocretáceas-eocênicas da região costeira e ilhas próximas entre o Paraná e São Paulo (na área do Arco de Ponta Grossa, então reativada) e o Rio de Janeiro apresentam-se situadas dentro de uma faixa que escassamente atinge 150 km, continente adentro, a partir da borda rasa da Bacia de Santos. Isso parece indicar que, após a ascensão e erosão dos derrames basálticos eocretáceos, entre a bacia do Paraná e a já então subsidente Bacia de Santos, o reajuste isostático teria levado a crosta a novo e grande soerguimento, ao qual se relacionou, por fraturamento tracional, o magmatismo alcalino. Grande parte desse soerguimento foi erodida na área da plataforma continental rasa, ou abatida na Falha de Santos. Pela Fig. 2, *in* Soares & Landim (1976), observa-se que a ocasião das intrusões alcalinas neocretáceas *grosso modo* coincide com o tempo de mais acentuada subsidência da bacia.

Outro fato não menos importante é que essas intrusões estão dispostas numa área crustal que, entre o final do Cretáceo Inferior (Albo-Aptiano) e o Quaternário, sujeitou-se a movimentos verticais opostos de blocos que são de magnitude única em toda a costa atlântica do continente. O abatimento da bacia, mais acentuado a partir do Albo-Aptiano, originou um desnível total da ordem de 11 km, entre os cimos do Planalto de Campos do Jordão, na Serra da Mantiqueira, e a base da sedimentação que recobre o basalto da Bacia de Santos, isso sem que se considere a espessura erodida de rochas que no Cretáceo Superior constituiu teto para as grandes intrusões alcalinas, como as de Itatiaia, Passa Quatro e as da ilha de São Sebastião, e base para os vulcões que elas prova-

velmente alimentaram, o que ainda mais aumentaria esse desnível. Note-se que as principais intrusões da província acham-se no continente e plataforma continental, rasa, justamente defronte à área em que a Bacia de Santos teve seu embasamento (acústico) mais deprimido (8 a 9 km de profundidade).

Os dois fatos apontados são muito sugestivos para que se considere a possibilidade de uma relação genética entre o soerguimento da área elevada (hoje, erodida, encontra-se em parte submersa), a bacia a ela justaposta, e a geração do magma alcalino, possivelmente de acordo com o modelo proposto por Martin (1968) para explicar a localização das alcalinas em relação à borda da Bacia do Paraná e da zona subsidente da faixa costeira. O grande desnível teria provocado o deslizamento gravitacional de blocos crustais em direção à bacia, originando o sistema de blocos adernados da Serra do Mar (Almeida, 1976), num mecanismo do tipo proposto por Illies (1970) para explicar a origem de certos grábens próximos à borda dos continentes.

PROVÍNCIAS DO INTERIOR DO CRÁTON AMAZÔNICO

Província Velasco A recente descoberta da província alcalina de Velasco, no oriente boliviano (Derbyshire e Fletcher, 1979; Fletcher e Litherland, 1981) veio evidenciar a mais remota área de intrusões alcalinas da região meridional da Plataforma Sul-Americana, pois dista até cerca de 1 500 km da costa atlântica. Situa-se não longe da fronteira com o Brasil (Mato Grosso), nas cabeceiras do Rio Paraguai (Fig. 1). Constituem-se rochas vulcânicas e intrusivas em gnaisses pré-cambrianos, dispostas numa faixa longa de 80 km, orientada a NE. A atividade magmática realizou-se em eventos sucessivos, com intrusão de corpos interferentes, de configuração subcircular em planta. São plutões de rochas subsaturadas a supersaturadas, sendo descritos horblenda-biotita granitos, quartzo-sienitos, nordmarkitos, pulaskitos e foyaítos. Subordinadamente ocorrem quartzo-monzonitos e diques de variada composição. Carbonatito foi assinalado no extremo NE da província (Cerro Manomó), constituindo lavas muito silicificadas. Durante e após o processo magmático foram ativas falhas normais, subverticais, sem deslocamento horizontal, orientadas a NE e WNW.

O magnetismo realizou-se no final do Jurássico ou início do Cretáceo, por volta de 140 Ma, de tal modo pertencendo à fase mais antiga do magnetismo alcalino mesozóico na região considerada. O carbonatito de Cerro Manomó, entretanto seria bem mais novo que as alcalinas da província (M. Litherland, inf. pessoal).

Província Candelária Rochas algo comparáveis às da Província Serra do Mar ocorrem na região de Candelária, cerca de 230 km a leste de Velasco e a uns 70 km da fronteira com o Brasil (Mato Grosso) (Litherland *et al.*, 1979). Constituem a província: nefelina-sienitos, quartzo-sienitos, nordmarkitos, fonólitos, foyaítos, pulaskitos, pórfiros andesíticos, lavas e diques traquíticos. Suas idades são mais novas que as de Velasco, conhecendo-se valores (K-Ar) de 90 ± 30 Ma para quartzo-sienito e de 116 ± 16 Ma para foyaíto.

As rochas magmáticas introduziram-se num sistema de falhas pré-cambrianas reativadas no Cretáceo Inferior. Essas falhas foram ativas até o Cenozóico. Constituem o *rift* Mercedes (Litherland *et al.*, *op. cit.*), orientado entre E-W e ESE. Estende-se por mais de 100 km.

AS ROCHAS ALCALINAS E A TECTÔNICA DE PLACAS

Com o aumento de informações sobre a estrutura do Atlântico Sul e das rochas alcalinas mesozóicas existentes a uma e outra de suas margens, diversos modelos têm sido propostos nos quais é atribuído papel importante a essas rochas. Alguns procuram, por meio delas, determinar a posição das fraturas a partir das quais se separaram os continentes. Outros objetivam correlacionar feições lineares ou fraturas oceânicas com alinhamentos de feições continentais dos quais os centros eruptivos alcalinos fariam parte. Outros, ainda, tentam reconhecer continuidade original em alinhamentos de alcalinas na América do Sul e na África, ou determinar a velocidade de deslocamento da placa Sul-Americana.

Sendo o vulcanismo alcalino geralmente de tipo central, seu sítio é representado por pontos, em esboços de muito pequena escala. Esses pontos prestam-se às mais variadas ligações, conforme os modelos propostos. Sobre tudo em trabalhos estrangeiros, muita ênfase é dada à geometria dessas ligações e à idade dos maciços alcalinos, sem que se afente às condições geotectônicas que localmente condicionaram o processo magmático em cada província, e às peculiaridades petrográficas destas. Grande importância é atribuída às datações isotópicas, mas convém lembrar que a geocronologia das alcalinas sul-americanas ainda se encontra em fase de reconhecimento, que nem metade dos maciços foi datada e que menos de metade dos que o foram não dispõe ainda senão de uma a três determinações. Nos poucos complexos para os quais foram feitas várias datações, estas denotam geralmente uma ampla dispersão de valores, cujo significado real é difícil de interpretar. Assim sendo, adotar os valores disponíveis como representativos da idade real desses maciços, como se verá, pode levar a hipóteses inaceitáveis.

Entre os modelos propostos, destacam-se os que a seguir serão comentados.

Marsh (1973) procurou definir a posição do Brasil e da África há 140 e 80 Ma. Considerou que os complexos alcalinos nos dois continentes dispõem-se em alinhamentos, que representariam a expressão continental de zonas de fraturas então desenvolvidas no Atlântico Sul, em consonância com a hipótese de Francheteau & Le Pichon (1972). Seu modelo, entretanto, apóia-se em número muito restrito de datações radiométricas, e os arcos de círculos menores, que sugeriu, não coincidem satisfatoriamente com os lineamentos identificados ao largo da costa brasileira (Asmus & Guazelli, 1981). Não leva em consideração as condições geológicas diversas de ocorrência das alcalinas do Sudeste brasileiro e sua localização em relação às bacias do Paraná e de Santos.

Danni (1974), adotando o modelo de Marsh, admitiu que o alinhamento de alcalinas Rio Verde-Iporá possa

estar relacionado com alinhamentos tectono-magmáticos da borda do continente, por apresentar com estes, analogia de idade, tipo de magmatismo e tectônica, o que só em parte é verdade. Considera que os movimentos isotáticos que afetaram a Bacia do Paraná a partir do Devoniano Inferior teriam causado enfraquecimento das estruturas dessas regiões, permitindo o aparecimento de rupturas subcrustais, no Cretáceo Superior, durante a migração e rotação da placa, e conseqüente surgimento das rochas alcalinas. A hipótese merece consideração, embora não explique o magmatismo nas regiões muito afastadas da Bacia do Paraná nem à borda da Bacia de Santos. As províncias marginais à Bacia do Paraná aparentemente se acham condicionadas à evolução tectônica de suas bordas, talvez pelos motivos sugeridos por Danni (*op. cit.*). Relação semelhante tem sido mencionado para outras regiões do mundo (Arsen'ev, 1963; Bardet, 1964; Bailey, 1964; Martin, 1968; Le Bas, 1971; Butakova, 1974 e outros).

O geotumor Moçamedes-Ponta Grossa, suposto por Torquato (1974, 1976) como sendo o reflexo de uma pluma no manto, constitui hipótese atraente, que merece mais investigações. Evoluiu a hipótese do abaulamento inicial suposto por Le Bas (1971), porém acha-se apoiada em fatos geológicos. Deixa entretanto, sem explicação, questões importantes. A direção dos diques básicos em Angola faz ângulo de cerca de 26° com a de falhas e fraturas que alojam os diques eocretáceos e intrusões alcalinas do Arco de Ponta Grossa, adotado o modelo de Bullard *et al.* (1965), para a reconstrução dos continentes. Se a crosta continental do Sudeste brasileiro realmente se estende até o Platô de São Paulo como hoje se admite (Kowsmann *et al.* 1982), esse ângulo seria ainda maior. Os diques de rochas básicas mapeados no extremo Sudoeste de Angola por Torquato (1974) orientam-se a NW-WNW, direção que seria paralela aos da Província Serra do Mar e, portanto, ao *rift* inicial de abertura do Atlântico Sul na região.

Herz (1977) propôs um modelo de deslocamento da placa sobre pontos quentes fixos no manto, a partir do qual procurou estimar a velocidade do movimento, apoiado na história dos magmatismos basáltico e alcalino e na estratigrafia das bacias costeiras. De acordo com o modelo, prosseguindo o soerguimento, a partir do fim do Jurássico, o fraturamento crustal paralelo à costa atual teria originado os diques de diabásio e os nós de atividade do magmatismo alcalino de Jacupiranga (133 Ma) e Anitápolis (129 Ma). Nessa ocasião ter-se-iam desenvolvido junções triplíceis cujos ramos teriam originado os sítios de separação das placas, determinando a configuração da costa Sudeste. O ramo dirigido para o interior da Bacia do Paraná teria sido a faixa de atividade basáltica e alcalina. Após aparente hiato nesta última, surgiu o magmatismo alcalino do Arco da Serra do Mar, na mesma ocasião em que se desenvolveu a faixa de rochas alcalinas de Minas Gerais e Goiás. Adotando as idades radiométricas então conhecidas, das rochas alcalinas da região costeira de São Paulo e Rio de Janeiro, e considerando seu decréscimo de oeste para leste, calculou a velocidade do movimento da placa sobre um ponto fixo. Cabe

lembrar, entretanto, serem essas idades ainda insuficientemente investigadas. Assim, a alcalina do Morro de São João (Casimiro de Abreu) a norte de Cabo Frio, a mais oriental da série, foi recentemente datada em 73 Ma (Ulbrich e Gomes, 1981), quando o valor anterior era de 59 Ma (Amaral *et al.*, 1967). Também o vulcanismo alcalino de Volta Redonda manifestou-se há 42 Ma, a 220 km a oeste de Cabo Frio. Verifica-se que a diminuição da idade das alcalinas da Província Serra do Mar, de oeste para leste, considerando-se a insuficiência das informações, pode ser mais aparente que real.

Kumar *et al.* (1977), baseando-se nos denominados alinhamentos de Ubatuba (Rideg, 1974) e Paranapanema (Fúlfaro, 1974) admitiram, com reservas, estender-se ao interior do continente a feição estrutural oceânica, orientada a leste-oeste, identificada por eles e hoje conhecida como Lineamento do Rio de Janeiro (Asmus, 1982b). Entretanto, os mapeamentos modernos não confirmam a existência das estruturas que definiriam o Lineamento de Ubatuba, enquanto o do Paranapanema tem sido contestado à luz de novos conhecimentos aeromagnetométricos do Arco de Ponta Grossa (Ferreira, 1982a, b).

Também Asmus (1982a), referindo a disposição linear numa faixa orientada a leste-oeste, entre os paralelos $22^{\circ}40'S$ e $24^{\circ}00'S$, dos complexos alcalinos das serra do Mar e Mantiqueira, Vale do Paraíba e litoral, correlaciona essa faixa ao Lineamento do Rio de Janeiro. Todavia, como representado na Fig. 3 de Asmus (*op. cit.*), esse lineamento só incluiria as alcalinas da Ilha de São Sebastião e outras próximas. A clara relação tectônica das alcalinas neocretáceas da região acima mencionada, com as estruturas reativadas do embasamento, e sua disposição à borda da Bacia de Santos, parecem indicar que o magmatismo deve-se antes aos movimentos verticais opostos, realizados entre a borda do continente e a bacia, que a anomalias ou descontinuidades lineares subcrustais orientadas a leste-oeste.

Kumar *et al.* (1977) conjecturaram estender-se a zona de fraturas de Florianópolis, ou Lineamento de Florianópolis, de Asmus (1982b), mas para oeste do meridiano $44^{\circ}WG$, até o qual ele é bem reconhecido. Asmus (1977, *apud* Alves, 1981) admite a presença de um alto estrutural coberto por basaltos eocretáceos ao largo da costa Sul de Santa Catarina. Ele faria parte do referido lineamento, que se estenderia ao interior do continente, incluindo as intrusivas de Lajes e Anitápolis (interpretação também adotada por D'Elboux *et al.*, 1982). O lineamento assim definido prosseguiria pelo curso do Rio Uruguai onde este é orientado a leste-oeste, e pelo Baixo Paraná, a jusante de Posadas, também assim orientado (Asmus, 1978). Há a considerar, entretanto, que o Rio Uruguai aparenta ter seu traçado grandemente influenciado pela configuração do pacote de lavas no Sinclinal de Torres e o baixo curso do Rio Paraná desenvolve-se em moderna planície aluvial, havendo a suposição de que originalmente fluiria para SE, pelos banhados de Iberá, na Argentina.

No importante trabalho sobre o complexo alcalino de Velasco, na Bolívia, Fletcher & Litherland (1981) atribuíram as alcalinas sul-americanas da primeira fase (145-

100 Ma) ao desenvolvimento do *rifting* inicial da placa América do Sul-África. Supuseram-nas dispostas em três faixas lineares, às quais denominaram Angola, Mariscala e Paraguai. Justapondo os continentes segundo o modelo clássico, inferiram a existência de duas junções tríplices por meio de ligações de complexos alcalinos. As ligações adotadas, entretanto, parecem arbitrárias, não levando em conta qualquer fato geológico de ocorrência desses complexos, mas unicamente sua idade e situação geográfica muito esquematizada. O ramo da junção tríplice paralelo à costa Sul do Brasil e Uruguai só é definido pelas rochas alcalinas de seus extremos, as de Anitápolis (a qual aparentemente constituiria o centro da junção tríplice) e Mariscala, sem que haja outras ocorrências nos cerca de 1 000 km que as separam.

Na figura em que representam uma junção tríplice unindo pontos correspondentes a alcalinas do Cretáceo Superior-Eoceno, esses autores não levam em conta que tais pontos correspondem a complexos intrusivos que tiveram sua localização condicionada por fatores tectônicos locais, pois que uns pertencem ao Arco de Ponta Grossa, onde as intrusões se dispõem a NW, e outros à Província Serra do Mar, relacionados às estruturas NE-ESE do embasamento. A situação dessas e das províncias Alto Paranaíba e Rio Verde-Iporá em relação às bordas das bacias de Santos e do Paraná não é considerada. Acresce o fato de que as zonas de falhas e fraturas que deram acesso ao magma alcalino neocretáceo nessas províncias, já haviam sido penetradas por magma basáltico (e alcalino, no Arco de Ponta Grossa) no Cretáceo Inferior, mais de 50 Ma antes.

Em seu estudo sobre fluxo térmico no complexo alcalino de Poços de Caldas, Hamza (1981) também agrupou tentativamente as alcalinas brasileiras, em cinco faixas orientadas a WNW, em três das quais se misturam tanto intrusões do Cretáceo Inferior como do Superior. Como o próprio Autor reconhece, as ligações que apresenta são inteiramente subjetivas.

Sadowski e Dias Neto (1981) também procuraram calcular a velocidade de deslocamento de placa Sul-Americana no intervalo de tempo entre 84 e 49 Ma, ao longo de um círculo correspondente ao alinhamento das intrusões de Poços de Caldas, Itatiaia, Tinguá e Cabo Frio. Adotaram, entre os valores de idade conhecidos, os que lhes pareceram mais representativos. O valor de 49 Ma para Cabo Frio, contudo, deve ser considerado mínimo, pois a rocha analisada, um dique de tinguaito, tem seus fenocristais incipientemente alterados (Amaral *et al.*, 1967). Também não consideraram a nova determinação de Casimiro de Abreu, que torna questionável o valor da velocidade obtido.

Lapido-Loureiro (1982) procurou correlacionar os alinhamentos estruturais e de intrusivas alcalinas e carbonatitos que reconheceu em Angola (1973), com os da região oriental do Brasil, e os alinhamentos do oceano. Admitiu existir um alinhamento Cabo Frio-Poços de Caldas, que correlacionou aos maciços situados em Angola. Sugeriu ainda que o extenso cinturão de intrusões de rochas alcalinas, de carbonatitos e chaminés kimberlíticas

que atravessam Angola de NE para SW, atingindo o litóral, poderia corresponder, no Brasil, a uma faixa que incluiria todas as alcalinas cretáceas do Arco de Ponta Grossa, em São Paulo e no Paraná. Não considerou a relação dessas intrusões com as direções de fraturas e falhas a NW, do Arco de Ponta Grossa, que atribuiu à reativação epirogênica da Bacia de Santos.

É importante verificar se em Angola e Namíbia existem equivalentes dos diques de diabásio e intrusões alcalinas do Arco de Ponta Grossa, coerentemente orientados.

A linha de comparação seguida por Torquato (1976) e Lapido-Loureiro (1982) é interessante e poderá conduzir a resultados esclarecedores sobre o mecanismo de separação das placas, quando forem melhor conhecidas a relação tectônica das intrusões alcalinas e básicas e suas idades nos dois continentes, e a real posição que estes ocuparam antes da separação.

A natureza e coincidência de idade entre os fenômenos tectono-magmáticos realizados durante o Mesozóico no Sudeste e Sul do Brasil e na área da margem continental são de molde a não deixarem dúvidas quanto à sua correlação com os processos que conduziram à abertura do Oceano Atlântico. O modo como essa correlação se estabeleceu, todavia, ainda se acha grandemente no domínio das especulações, como o mostram as hipóteses acima comentadas. Para as intrusões alcalinas e basálticas eocretáceas, situadas na região costeira, alguns modelos mostram-se plausíveis, e têm sido adotados para outras regiões do mundo. É mais difícil de explicar a existência dessas intrusões alcalinas, também do Cretáceo Inferior, na região central do continente, na Bolívia. Aliando-se esse fato à presença do vulcanismo basáltico em tão grande área do continente, inclusive em regiões centrais, como na Serra de Tapirapuã em Mato Grosso, parece que se deve inferir que o processo térmico ao qual se correlacionou a partição e separação dos continentes realmente se manifestou por toda parte no manto, sob eles.

Bailey (1974) admitiu que a placa pudesse ser suficientemente rígida a ponto de transmitir esforços a grandes distâncias, causadores de fraturas e arqueamentos, e conseqüente fusão parcial por decompressão da crosta inferior, concentração de voláteis vindos do manto, rifteamento dos arcos e intrusão de magmas alcalinos em regiões de maior fluxo térmico. O modelo, contudo, depende de se aceitar a necessária rigidez da placa a ponto de explicar o magmatismo alcalino realizado em Velasco, na Bolívia, a 1500 km da costa. Também não explica o caráter extensivo do vulcanismo basáltico mesozóico no continente, ligado ao alcalino da primeira fase, nem a disposição das províncias alcalinas em antigos arcos, flexuras e zonas de falhas situados às bordas da Bacia do Paraná, alguns ativos desde o Paleozóico. Esses arqueamentos e flexuramentos parecem estar ligados à própria evolução da bacia e terem sido realçados no Mesozóico, quando foram afetados pelo magmatismo basáltico e alcalino numa primeira fase pré-aptiana, e novamente pelo alcalino, no Cretáceo Superior a Eoceno, meia centena de milhões de anos mais tarde.

CONCLUSÕES 1. O magmatismo alcalino mesozóico na região sul da Plataforma Sul-Americana realizou-se durante o intenso fenômeno diastrófico que a afetou após haver ela passado por prolongada calma tectônica no Paleozóico Superior. Esse fenômeno coincide no tempo, com os que levaram à ruptura da primitiva placa continental, sucedida pela abertura do Oceano Atlântico, pelo que uma associação entre esses processos de tectônica de placas e o magmatismo alcalino torna-se evidente.

2. As rochas alcalinas podem ser preliminarmente agrupadas em doze províncias, situadas no Brasil, Paraguai Oriental, Bolívia Oriental e Uruguai. Elas se dispõem às bordas das bacias do Paraná e de Santos, e no interior do Cráton Amazônico.

3. As alcalinas alojam-se em zonas de falhas profundas, extensas às vezes de mais de uma centena de quilômetros. Muitas dessas zonas são antigas, pré-cambrianas ou eopaleozóicas, orientadas a NE-ENE ou E-W, que foram reativadas por ocasião da fragmentação continental mesozóica. Outras são falhas que surgiram nessa ocasião, caso em que geralmente não têm relações diretas com estruturas do embasamento.

4. As províncias marginais à Bacia do Paraná tendem sobretudo a ocupar arcos mais ou menos longos, ativos à época do magmatismo ou mesmo em tempos bem mais antigos (arcos de Assunção e Ponta Grossa). Nesses arcos, paralelos, normais ou oblíquos às bordas da bacia, as intrusões alcalinas processaram-se em sistemas de longas falhas subverticais, axiais, em que às vezes se reconhecem *rifts* ou sistemas escalonados. O sítio das intrusões pode ter sido determinado por cruzamento de sistemas de falhas, como nas províncias de Piratini, Rio Verde-Iporá, e possivelmente na área de Sapukai no Paraguai Oriental, ou zonas de inflexão entre blocos movidos verticalmente em sentidos opostos (Santa Catarina). Predominam nessas províncias direções estruturais orientadas no quadrante NW. Essas direções são antigas na história da bacia, tendo influenciado em sua delimitação e evolução paleozóica. Possivelmente o mecanismo de deslocamento da placa no Mesozóico teria reativado zonas de fraqueza crustal, originando ou reabrindo fraturas, provocando soerguimento e consequente fraturamento tracional, do que teria resultado a geração de magmas e suas ascensão às zonas superficiais da crosta.

5. As rochas alcalinas da Província Serra do Mar, e as de idade neocretácea do Arco de Ponta Grossa, provavelmente surgiram em decorrência de movimentos opostos entre o bloco continental emerso, em parte submerso, e a Bacia de Santos. O desnível entre esses blocos, desenvolvido após haver cessado o vulcanismo basáltico, ultrapassou 11 km.

6. A freqüente associação de diques básicos ecretáceos às intrusões alcalinas neocretáceas adotando idênticas direções estruturais, indica que os soerguimentos falhados que as abrigam já estavam em ascensão pelo menos há meia centena de milhões de anos antes da segunda fase do magmatismo alcalino. No Arco de Assunção, este magmatismo manifestou atividade recorrente durante cerca de 200 milhões de anos.

7. A situação geográfica das alcalinas em relação às grandes entidades tectônicas mencionadas, independentemente de sua idade, influenciou no caráter petrográfico dominante nessas províncias. Assim se observa que as províncias dispostas às bordas da Bacia do Paraná são acentuadamente subsaturadas e parecem pertencer todas às associações genéticas alcalino-gabróide e alcalino-ultrabásica, sem que se possa por ora distinguir subassociações. As da Província Serra do Mar, na periferia da Bacia de Santos, constituem uma associação alcalino-gabróide, mas suas rochas são no geral félsicas e menos subsaturadas que as das províncias marginais à Bacia do Paraná. A Província Candelária, no Cráton Amazônico na Bolívia, tem caráter comparável à da Serra do Mar, e como esta, também resulta da reativação de antigas falhas do embasamento. A Província Velasco, na mesma região, é de natureza alcalino-granitóide, rochas graníticas constituindo cerca de um terço da área do complexo. Verifica-se que as rochas alcalinas afastadas da Bacia do Paraná são no geral menos subsaturadas e de natureza mais félsica que as marginais a ela. Em sua localização adotaram direções de antigas falhas do embasamento reativadas no Mesozóico.

8. Não há elementos seguros comprovando que, na região meridional da Plataforma Sul-Americana, as intrusões alcalinas se situem em extensões continentais de fraturas, ou alinhamentos oceânicos. As rochas alcalinas, assim como os enxames de diques básicos, alinham-se predominantemente segundo direções variáveis entre WNW e NNW, ou ainda adotam as direções das grandes falhas NE-ENE do embasamento (Província Serra do Mar), enquanto as referidas estruturas oceânicas têm orientações sublatitudinais.

9. As diversas hipóteses que têm sido propostas visando a compatibilizar a distribuição geográfica e as idades das rochas alcalinas com a teoria da tectônica de placas esbarram com as dificuldades decorrentes das dúvidas a ela inerentes e dos conhecimentos, ainda limitados, disponíveis sobre as alcalinas mesozóicas sul-americanas e do Sudoeste africano, inclusive suas idades. Especialmente difíceis de explicar de modo convincente são a manifestação alcalina em estruturas pré-mesozóicas marginais à Bacia do Paraná e a presença das províncias Velasco e Candelária no oriente boliviano, afastadas até 1 500 km da costa atlântica.

10. As mineralizações conhecidas, e as prognosticáveis, dos diversos complexos alcalinos, mostram-se relacionadas com o tipo de associação genética a que pertencem suas rochas. É nas províncias da associação alcalino-ultrabásica, marginais à Bacia do Paraná, sobretudo ligadas a seus carbonatitos, que é conhecida a maioria das concentrações minerais a nível comercial, o que as torna as mais promissoras para a prospecção.

As províncias do tipo alcalino-gabróide são prospectáveis para uma série de metais, e Poços de Caldas é um exemplo de sua potencialidade.

As províncias Serra do Mar e Candelária, por suas peculiaridades petroquímicas, parecem as menos favoráveis

para conterem concentrações minerais significativas, mas são prospectáveis sobretudo para F e Ba, embora outras substâncias minerais possam ser previstas, dependendo de sua melhor classificação petrogenética, como relacionadas por Sheynmann *et al.* (*op. cit.*). Bauxita, sobretudo em nefelina-sienitos, fonólitos e tinguaitos, é substância naquela conhecida e que merece investigações adicionais.

A Província Velasco, grandemente constituída de gra-

nitos e álcali-granitos, é prospectável para diversos metais. É ainda pouco investigada, nesse sentido.

Agradecimentos O autor agradece, ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT, pelo apoio que possibilitou a execução do trabalho, e aos colegas, Geól. Celso Dal Ré Carneiro e Dr. Yociteru Hasui, pelas sugestões que contribuíram para a melhoria do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGARTE, J. P. — 1972 — A influência dos arqueamentos cratônicos no condicionamento das alcalinas dos Estados de São Paulo e Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL., 26, Belém, 1972. *Anais...* Belém, SBG. v. 1, p. 65-69.
- ALMEIDA, F. F. M. de — 1967 — Origem e evolução da plataforma brasileira. *Bol. Div. Geol. Min.*, Rio de Janeiro, (241):36 p.
- ALMEIDA, F. F. M. de — 1969 — Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. In: CONGR. BRAS. GEOL., 23, Salvador, 1969. *Anais...* Salvador, SBG. p. 29-46.
- ALMEIDA, F. F. M. de — 1971 — Condicionamento tectônico do magmatismo alcalino mesozóico do Sul do Brasil e do Paraguai Oriental. *An. Acad. bras. Ciênc.*, (43):835-836.
- ALMEIDA, F. F. M. de — 1972 — Tectono-magmatic activation of the South American platform and associated mineralization. In: INTERN. GEOL. CONGR., 24, Montreal, 1972. *Proceedings...* Montreal. Section 3, p. 339-346.
- ALMEIDA, F. F. M. de — 1976 — The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brasil. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 48 (supl.): 15-26.
- ALMEIDA, F. F. M. de, *et al.* — 1980 — Informações geofísicas sobre o oeste mineiro e seu significado tectônico. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 52(1):50-60.
- ALVES, E. da C. — 1981 — Estruturas da margem continental sul brasileira e das áreas oceânicas e continentais adjacentes. In: PETROBRÁS. *Estruturas e tectonismo da margem continental sul brasileira e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais*. Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP. p. 145-170 (Série Projeto REMAC, nº 9.)
- AMARAL, G. — 1966 — Idade do distrito alcalino de Jacupiranga. In: CONGR. BRAS. GEOL., 20, Rio de Janeiro. *Resumo das Comunicações...* Rio de Janeiro, SBG. Boletim Especial 1. p. 81-82.
- AMARAL, G. — 1978 — Potassium-argon age studies on the Jacupiranga alkaline district. State of São Paulo, Brasil. In: SIMP. INTERN. CARBON., 1, Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas, DNP/MME. p. 207-302.
- AMARAL, G., *et al.* — 1966 — Potassium-argon ages of basaltic rocks from Southern Brazil. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 30:159-189.
- AMARAL, G., *et al.* — 1967 — Potassium-argon ages of alkaline rocks from Southern Brazil. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 31:117-142.
- ARRUDA, M. & FRANCISCO, B. H. R. — 1966 — Colapso pós-vulcânico em Lajes, Santa Catarina. *Bol. Div. Geol. Min.*, Rio de Janeiro, (14):13 p.
- ARSENEV, A. A. — 1963 — *Tectonique cassante et mineralization en diamant de la partie orientale de la plateforme sibérienne*. Orléans, BRGM. (Trad. nº 5063.)
- ASMUS, H. E. — 1975 — Controle estrutural da deposição mesozóica nas bacias de margem continental brasileira. *Rev. Bras. Geoc.*, 5(3):160-175.
- ASMUS, H. E. — 1978 — Hipótese sobre a origem dos sistemas de fraturas oceânicas/alinhamentos continentais que ocorrem nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. In: PETROBRÁS. *Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil*. Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP. p. 39-73. (Série Projeto REMAC, nº 4.)
- ASMUS, H. E. — 1982a — Geotectonic significance of Mesozoic-Cenozoic magmatic rocks in the Brazilian Continental margin and adjoining emerged area. In: CONGR. LATIN. GEOL., 5, Buenos Aires. *Actas...* Buenos Aires, v. 3, p. 761-779.
- ASMUS, H. E. — 1982b — Características estruturais e estratigráficas da margem continental brasileira como elementos críticos do modelo de sua evolução. In: CONGR. LATIN. GEOL., 5, Buenos Aires. *Actas...* Buenos Aires, v. 3, p. 781-798.
- ASMUS, H. E., & FERRARI, A. L. — 1978 — Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região Sudeste do Brasil. In: PETROBRÁS. *Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil*. Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP. p. 75-88. (Série Projeto REMAC, nº 4.)
- ASMUS, H. E., & GUAZZELLI, W. — 1981 — Descrição sumária das estruturas da margem continental brasileira e das áreas oceânicas e continentais adjacentes, hipótese sobre o tectonismo causador e implicações para os prognósticos do potencial de recursos minerais. In: PETROBRÁS. *Estruturas e tectonismo da margem continental sul brasileira e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais*. Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP. p. 187-269. (Série Projeto REMAC, nº 9.)
- BAILEY, D. K. — 1964 — Crustal warping a possible tectonic control of alkaline magmatism. *J. Geoph. Res.*, 69(6):1103-1111.
- BAILEY, D. K. — 1974 — Melting in the deep crust. In: H. SORENSEN, ed. *The alkaline rocks*. New York, John Wiley & Sons. p. 436-442.
- BARBOSA, O., *et al.* — 1970 — Geologia da região do Triângulo Mineiro. *Bol. Div. Geol. Min. DNP/M*, Rio de Janeiro, (136): 140 p.
- BARBOUR, A. P., *et al.* — 1979 — Geocronologia do complexo máfico-ultramáfico alcalino de Santa Fé, Goiás. *Bol. Inst. Geoc. USP*, 10:11-18.
- BARDET, M. G. — 1964 — Controle géotectonique de la répartition des venues diamantifères dans le monde. *Chroniques de Mines*, 328:67-87.
- BASEI, M. A. S., & VLACH, S. R. F. — 1981 — O enxame de diques da região de Cunha e Lagoinha, SP. In: SIMP. REG. GEOL., 3. Curitiba. *Atas...* Curitiba, Núcleo São Paulo/SBG. v. 1, p. 305-309.
- BERBERT, C. O. — 1973 — Rochas alcalinas do Centro-Oeste brasileiro. In: CONGR. BRAS. GEOL., 27, Aracaju. *Anais...* Aracaju, SBG. v. 1, p. 469-473.
- BERBERT, C. O., & TRIGUIS, G. — 1973 — Carbonatito de Pedro Juan Caballero, Paraguai. In: CONGR. BRAS. GEOL., 27, Aracaju. *Resumos...* Aracaju, SBG. v. 1, p. 77-78.
- BJORNBERG, A. J. S., & ELLÉRT, R. — 1955 — Observações geológicas sobre a ilha dos Búzios. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 27(2): 169-182.
- BORN, H. — 1975 — Pesquisa do minério fosfático de Ipanema. *Geol. Metal.*, São Paulo, (37):25-34.
- BORN, H.; KAWASHITA, K.; CARVALHO, R. M. — 1972 — Geocronologia do complexo alcalino de Juquiá. In: CONGR. BRAS. GEOL., 26, Belém. *Resumo das Comunicações...* Belém, SBG. p. 20.

- BOSSI, J., et al. - 1975 - *Carta Geológica del Uruguay*. Montevideo, Direc. de Suelos y Fertiliz., map. (Texto explicativo, 32 p.)
- BOSUM, W. - 1973 - O levantamento aeromagnético de Minas Gerais e Espírito Santo e sua seqüência quanto à estrutura geológica. *Rev. Bras. Geoc.*, 3(3):149-159.
- BOWEN, R. L. - 1966 - *The Parana Basin flood lavas and their structural relations with the Ponta Grossa arch, Brazil*. Washington Intern. Field Inst. p. XI-X5.
- BRANDALISE, L. A.; RIBEIRO, J. H.; FERRARI, P. G. - 1976 - *Projeto Vale do Paraíba do Sul*. Relatório final. Belo Horizonte, CPRM/DNPM. 411 p. (Inédito.)
- BULLARD, E.; EVERETT, J. E.; SMITH, A. G. - 1965 - The fit of the continents around the Atlantic. *Phil. Trans. Royal Soc., London*, 258(1088):41-51.
- BUSHEE, J. - 1974 - *Potassium-argon ages of some alkaline rocks from southern Brazil*. Berkeley, Univ. Califórnia. 145 p.
- BUTAKOVA, E. L. - 1974 - Regional distribution and tectonics of the alkaline rocks of Siberia. In: SORENSEN, H. (ed.). *The alkaline rocks*. s.l., John Wiley. p. 172-183.
- CARRARO, C. C.; ISSLER, R. S.; FORMOSO, M. L. L. - 1967 - *Mapeamento do distrito alcalino de Altos do Rio Pinheiros, município de Anitápolis, Estado de Santa Catarina*. Porto Alegre, Univ. Fed. Rio Grande do Sul. 45 p. (Publ. Esp. n.º 16.)
- CAVALCANTE, J. C., et al. - 1979 - *Projeto Sapucaí*. Relatório final. Brasília, DNPM. 292 p. (Série Geologia 5. Sec. Geol. Básica n.º 2.)
- COMTE, D., & HASUI, Y. - 1971 - Geochronology of Eastern Paraguay by potassium-argon method. *Rev. Bras. Geoc.*, 1(1): 33-43.
- CORDANI, U. G.; HALPERN, M.; BERENHOLC, M. - 1974 - Comentários sobre as determinações geocronológicas da folha de Porto Alegre. In: SCHOBENHAUS FILHO, C., et al. *Carta geológica do Brasil ao milionésimo*; folhas Porto Alegre (SH. 22) e Lagoa Mirim (Si. 22). Brasília, DNPM/MME. 99 p.
- CORDANI, U. G., & HASUI, Y. - 1968 - Idades K-Ar de rochas alcalinas do primeiro planalto do Estado do Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL., 22, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, SBG, p. 149-153.
- CORDANI, U. G., & HASUI, Y. - 1975 - Comentários sobre as idades geocronológicas disponíveis para a folha de Goiânia. In: SCHOBENHAUS FILHO, C., et al. *Carta geológica do Brasil ao milionésimo*; folha Goiânia (SE. 22). Brasília, DNPM/MME. p. 57-62.
- CORDANI, U. G. & TEIXEIRA, W. - 1979 - Comentários sobre as determinações geocronológicas existentes para as regiões das folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguape. In: SCHOBENHAUS FILHO, C. et al. *Carta geológica do Brasil ao milionésimo*; folhas Rio de Janeiro (SF. 23), Vitória (SF. 24) e Iguape (SG. 23). Brasília, DNPM/MME. p. 175-207.
- CORREA, G. V. - 1971 - Diatremas na região de Bambuí. In: CONGR. BRAS. GEOL., 25, São Paulo. *Anais...* São Paulo, SBG, v. 2, p. 103-109.
- COUTINHO, J. M. V., et al. - 1982 - Lavas alcalinas analcimíticas associadas ao Grupo Bauru (Kb) no Estado de São Paulo, Brasil. In: CONGR. LATIN. GEOL., 5, Buenos Aires. *Actas...* Buenos Aires. t. 2., p. 185-196.
- DAMASCENO, E. C. - 1966 - Estudo preliminar dos diques de rochas básicas e ultrabásicas da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 38(2):293-304.
- DANNI, J. C. M. - 1974 - *Géologie des complexes ultrabasiqes alcalins de la région d'Iporá, Goiás (Brésil)*. Paris. 104 p. (Thèse Université de Paris Sud, Centre d'Orsay.)
- DANNI, J. C. M. - 1978 - Magmatic differentiation of the alkaline-ultrabasic intrusions of the Iporá region, South West Goiás, Brazil. In: SIMP. INTERN. CARBON., 1, Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas, DNPM/MME. p. 149-167.
- DAVINO, A. - 1976 - Estudos geológicos e geofísicos da serra de Araçoiaba e arredores. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 48(3):531-545.
- DEGRAFF, J. M.; FRANCO, R.; ORUE, D. - 1981 - Interpretación geofísica y geológica del valle de Ypacaraí (Paraguay) y su formación. *Rev. Assoc. Geol. Argentina*, 36(3):240-256.
- DEL'ARCO, J. O., et al. - 1982 - *Folha SE-21-Corumbá e parte da folha SE-20*. Rio de Janeiro. Projeto RADAMBRASIL. Geologia. p. 25-159.
- DELBOUX, C. V.; TAVARES, J. R. P.; PAIVA, I. B. - 1982 - Proposição de modelo mineralizador básico-alcalino para pesquisa mineral na região meridional do escudo pré-cambriano brasileiro. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador. *Anais...* Salvador, SBG, v. 3, p. 1061-1072.
- DERBYSHIRE, D. P. F., & FLETCHER, C. J. N. - 1979 - A mesozoic alkaline province in eastern Bolivia. *Geology*, 7:545-548.
- ECKEL, E. B. - 1959 - Geology and mineral resources of Paraguay, a reconnaissance. Washington U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 327. 110 p.
- ELLERT, R. - 1959 - Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letras Univ. São Paulo*, (237):5-63. (Geol. 18.)
- FERRANDO, L. A., & FERNANDEZ, A. N. - 1971 - Esquema tectônico cronoestratigráfico del predevoniano en Uruguay. In: CONGR. BRAS. GEOL., 25, São Paulo. *Anais...* São Paulo, SBG, v. 3, p. 199-210.
- FERREIRA, F. J. F. - 1982a - *Alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro-ocidental da bacia do Paraná e seu significado tectônico*. São Paulo, IPT. p. 143-166. (IPT, Publicação n.º 1217.)
- FERREIRA, F. J. F. - 1982b - *Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do arco de Ponta Grossa*. São Paulo. 170 p. (Dissertação de Mestrado. IGUSP. Inédita.)
- FERREIRA, F. J. F., & ALGARTE, J. P. - 1979 - O comportamento aeromagnetométrico-cintilométrico das principais rochas alcalinas dos Estados de São Paulo e Paraná. In: SIMP. REG. GEOL., 2, Rio Claro, 1979. *Atas...* Rio Claro, SBG, v. 2, p. 195-208.
- FERREIRA, F. J. F., et al. - 1981 - Contribuição ao estudo do alinhamento estrutural de Guapiara. SIMP. REG. GEOL., 3, Curitiba. *Anais...* Curitiba, SBG, v. 1, p. 226-240.
- FIGUEIREDO, A. J. A. & PENA, G. S. - 1973 - Mapa geológico do maciço de Montes Claros de Goiás. In: CONG. BRAS. GEOL., 27, Aracaju. *Anais...* Aracaju, SBG, v. 1, p. 103-105.
- FLETCHER, C. J. N., & LITHERLAND, M. - 1981 - The geology and tectonic setting of the Velasco Alkaline Province, eastern Bolivia. *Jour. Geol. Soc., London*, 138:541-548.
- FRANCHETEAU, F., & LE PICHON, X. - 1972 - Marginal fracture zones as structural framework of continental margins in South Atlantic Ocean. *AAPG Bulletin*, 56(5):991-1007.
- FREITAS, R. O. de - 1944 - Jazimentos de rochas alcalinas do Brasil Meridional. *Min. Met.*, Rio de Janeiro, 8(43):45-48.
- FREITAS, R. O. de - 1947 - Geologia e petrologia da ilha de São Sebastião. *Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letras*, São Paulo, (85):244 p. (Geol. n.º 3.)
- FREITAS, R. O. de - 1956 - Considerações sobre a tectônica e a geologia do vale do Paraíba. *Eng. Min. Metal.*, Rio de Janeiro, 24(143):276-283.
- FREITAS, R. O. de - 1976 - Definição petrológica, estrutural e tectônica das cintas orogênicas antigas do litoral norte do Estado de São Paulo. *Bol. Inst. Geol.*, São Paulo, 1, 176 p.
- FÚLFARO, V. J. - 1970 - Contribuição à geologia da região de Angatuba, Estado de São Paulo. *Bol. Div. Geol. Min.*, Rio de Janeiro, (253):83 p.
- FÚLFARO, V. J. - 1974 - Tectônica do alinhamento estrutural do Paranapanema. *Bol. Inst. Geoc.*, São Paulo, 5:129-138.
- GOMES, C. B. - 1970 - Petrologia do maciço alcalino de Itapirapuã, São Paulo. *Bol. IGA, Univ. São Paulo*, São Paulo, 1:77-188.
- GOMES, C. B., & BERENHOLC, M. - 1980 - Some geochemical features of the Toninhas Dike, Ubatuba, State of São Paulo. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 52(2):339-346.
- GOMES, C. B., & CORDANI, U. G. - 1965 - Geocronologia do maciço alcalino de Itapirapuã. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 37(3/4): 497-501.
- GOMES, C. B., & VALARELLI, J. V. - 1970 - Nova ocorrência de rochas alcalinas no Estado de São Paulo. In: CONGR. BRAS.

- GEOL., 24, Brasília. *Resumo das Comunicações...* Brasília, SBG. p. 336-337.
- GUIMARÃES, D. - 1947 - Origem das rochas alcalinas. Belo Horizonte, *Inst. Tec. Ind. Minas Gerais*, 103 p. (Bol. 5.)
- GUIMARÃES, G.; GLASER, I.; MARQUES, V. J. - 1968 - Sobre a ocorrência de rochas alcalinas na região de Iporá, Goiás. *Min. Met.*, Rio de Janeiro, 48(283):11-15.
- HAMA, M., et al. - 1977 - Idade potássio-argônio do maciço alcalino de Banhadão e do Complexo Bairro da Cruz. In: SIMP. GEOL. REG., 1, São Paulo. *Atas...* São Paulo, SBG. Núcleo São Paulo. p. 170-178.
- HAMZA, V. M. - 1981 - Terrestrial heat flow in the alkaline intrusive complex of Poços de Caldas, Brazil. *Tectonophysics*, 83: 45-62.
- HARALYI, N. L. E. - 1978 - *Carta gravimétrica Bouguer do oeste e sul de Minas Gerais, nordeste de São Paulo e sul de Goiás*. São Paulo. (Tese. IGUSP. Inédito.)
- HARRINGTON, H. - 1950 - *Geología del Paraguay Oriental*. Buenos Aires, Fac. Ciên. Fis. y Naturales. Série E. Geol. 1.)
- HASUI, Y. & CORDANI, U. G. - 1968 - Idades potássio-argônio de rochas eruptivas mesozóicas do leste mineiro e sul de Goiás. In: CONGR. BRAS. GEOL., 22, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, SBG. p. 139-143.
- HASUI, Y.; DYER, R. C.; IWANUCH, H. - 1971 - Geocronologia das rochas alcalinas de Santo Antônio da Barra, Goiás. In: CONGR. BRAS. GEOL., 25, São Paulo. *Anais...* São Paulo, SBG, v. 1, p. 253-258.
- HASUI, Y., et al. - 1975 - The Phanerozoic tectonic evolution of the Western Minas Gerais State. *An. Acad. bras. Ciên.*, 47 (3/4):431-438.
- HASUI, Y., et al. - 1982 - *Geologia, tectônica, geomorfologia e sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da praia de Itaorna*. São Paulo. (IPT. Monografia 7.)
- HENNIES, T., & HASUI, Y. - 1968 - Geocronologia das rochas eruptivas alcalinas da ilha de São Sebastião, São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 22, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, SBG. p. 145-148.
- HERZ, N. - 1977 - Time of spreading in the South Atlantic; information from Brazilian alkalic rocks. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 88:101-112.
- ILLIES, J. H. - 1970 - Graben tectonics as related to crust-mantle interaction. In: ILLIES, J. G., & MULLER, S. *Graben problems*. Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. p. 4-27. (Int. Upper Mantle Project. Rep. n.º 27.)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT - 1980 - *Tectônica da Bacia do Paraná*. São Paulo. 187 p. (IPT. Relatório n.º 091. Inédito.)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT - 1983 - *Estudos geológicos da Bacia de Resende (RJ) e sedimentos terciários da área de Volta Redonda (RJ) e Bacia de Taubaté (área de Cruzeiro, SP)*. São Paulo. 124 p. (Inédito.)
- KOWSMANN, R. O., et al. - 1982 - Geologia estrutural do Platô de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador. *Anais...* Salvador, SBG. v. 4, p. 1558-1569.
- KUMAR, N., et al. - 1977 - Geologic history and origin of São Paulo plateau (southeastern Brazilian margin), comparison with the Angolan margin and the early evolution of Northern South Atlantic. In: SUPKO, P. K., et al., eds. *Initial reports of the Deep Sea Drilling Project*. Washington, U. S. Gov. Printing Office. v. 39, p. 927-945.
- LADEIRA, E. A., et al. - 1971 - O Cretáceo em Minas Gerais. In: CONGR. BRAS. GEOL., 25, São Paulo. *Atas...* São Paulo; v. 1, p. 15-31.
- LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V. - 1973 - Carbonatitos de Angola. *Luanda, Mem. Trab. Inst. Invest. Cient. de Angola*, 11:242 p.
- LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V. - 1982 - A província alcalino-carbonática Brasil-Angola. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador. *Anais...* Salvador, SBG., v. 3, p. 1045-1058.
- LE BAS, M. J. - 1971 - Pre-alkaline volcanism, crustal swelling, and rifting. *Nature Phys. Sci.*, 230:85-87.
- LEINZ, V. - 1940 - Petrologia das jazidas de apatita de Ipanema, São Paulo. *Bol. Div. Fom. Prod. Min. DNPM*, Rio de Janeiro, 40:52 p.
- LITHERLAND, M., et al. - 1979 - *Proyecto precámbrico, Phase 1. The geology and mineral potential of the Las Petas-San Martin area*. Santa Cruz de la Sierra. 106 p. Rep. n.º 4. (Inédito.)
- LOCZY, L. - 1968 - Basic and alkalic volcanics of the State of Santa Catarina, Brasil. *An. Acad. bras. Ciên.*, 40 (supl.): 187-193.
- LUZ, J. da S.; ARAUJO, E. S.; GODOI, H. de O. - 1980 - *Projeto Coxipó*. Convênio DNPM/CPRM, Goiânia, Relatório Final, Fase I. v. 1, 136 p.
- MACIEL FILHO, C. L., & SARTORI, P. L. P. - 1979 - Aspectos estruturais da região de São Francisco de Assis, RS. *Ciên. Nat.*, Santa Maria, (1):53-65.
- MARSH, J. R. - 1973 - Relationship between transform directions and alkaline igneous rocks lineaments in Africa and South America. *Earth Planet. Sci. Let.*, 18:317-323.
- MARTIN, H. - 1968 - Upper mantle and the evolution of the Parana and Karoo basins. *An. Acad. bras. Ciên.*, 40(supl.): 149-157.
- MARTINS, C. R., & BORGHI, G. S. N. - 1982 - Morro dos Gatos, foco de rochas alcalinas, Silva Jardim, Rio de Janeiro. *Min. Met.*, Rio de Janeiro, 46(439):18-20.
- MELCHER, G. C., & COUTINHO, J. M. V. - 1966 - Rochas alcalinas e carbonatito de Anitápolis, Estado de Santa Catarina. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, 15:59-93.
- MELFI, A. - 1967 - Potassium-Argon ages for core samples of basaltic rocks from Southern Brazil. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 31:1079-1089.
- MESNER, J. C., & WOOLDRIDGE, L. C. P. - 1964 - Maranhão Paleozoic basin and Cretaceous coastal basins, North Brazil. *AAPG Bulletin*, 48(9):1475-1512.
- MINIOLI, B. - 1971 - Determinações potássio-argônio em rochas localizadas no litoral Norte do Estado de São Paulo. *An. Acad. bras. Ciên.*, 43(2):443-448.
- MORIÑIGO, G. V., & PENAYO, B. G. - 1967 - *Las rocas eruptivas alcalinas de Sapukai*. Asunción, Inst. de Ciênc. Univ. Nac. Asunción. (Publ. Série C. Investigaciones n.º 9.)
- NORTHFLEET, A. A.; MEDEIROS, R. A.; MULHMANN, H. - 1969 - Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Bol. Téc. Petrobrás*, 12(3):291-346.
- OJEDA, H. A. O. Y. - 1981 - Estrutura, estratigrafia e evolução das bacias marginais brasileiras. *Rev. Bras. Geoc.*, 11(4):257-273.
- PALMIERI, J. H. - 1973 - *El complejo alcalino de Sapukai (Paraguay Oriental)*. Rec. Ciên. Univ. Salamanca, Espanha. (Tese, inédito.)
- PALMIERI, J. H., & ARRIBAS, A. - 1975 - El complejo alcalino potássico Sapukai (Paraguay Oriental). In: CONGR. IBERO-AMER. GEOL. ECON., 2, Buenos Aires. *Anais...* Buenos Aires, v. 4, p. 267-300.
- PALMIERI, J. H.; PLUGFELDER, P. M.; CUEVAS, F. K. - 1974 - Contribución a la geología regional del área Ñe'a-Cerro Sarambi. *Rev. Soc. Ciên.*, 14(1/2):63-65.
- PALMIERI, J. H., & VELASQUEZ, J. C. - 1982 - *Geología del Paraguay*. Col. Apoyo a Catedra. Asunción, Ediciones Napa, 65 p.
- PENA, G. S., et al. - 1975 - *Projeto Goiânia II*. Goiânia, DNPM/CPRM. v. 1. (Relatório final, inédito.)
- PENA, G. S., & FIGUEIREDO, A. J. de A. - 1972 - *Projeto Alcalinas, geologia das folhas de Iporá, Amorinópolis, Piranhas e Caipó no sudoeste de Goiás*. Conv. DNPM/CPRM. 143 p. (Relatório final, inédito.)
- PENALVA, F. - 1967 - *Geologia e tectônica da região do Itatiaia*. São Paulo. Fac. Fil. Ciên. Let. USP. p. 95-196. (Bol. 32. Geol. 22).
- PINOTTI, R. F., et al. - 1970 - Levantamento de solos, contribuindo para descoberta geológica. In: CONGR. BRAS. GEOL., 24, Brasília. *Resumo das Comunicações...* Brasília, SBG. p. 59-60.
- PINTO, J. F.; VILLWOCK, J. A.; LOSS, E. L. - 1975 - *Relatório da geologia da província alcalina do Rio Grande do Sul, folhas*

- Arroio Barracão e Arroio da Bica. Porto Alegre. Inst. Geoc. UFRGS. DNP/M/MEC. 48 p. (Inédito.)
- PONTE, F. C., & ASMUS, H. E. - 1976 - The Brazilian marginal basins: current state of knowledge. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 48 (supl.):215-239.
- PUTZER, H. - 1952 - Camada de carvão mineral e seu comportamento no sul de Santa Catarina. *Bol. Div. Fom. Prod. Mìn., DNP/M*, 91:1-182.
- PUTZER, H. - 1962 - *Geologie von Paraguay*. Beitr. Regional Geol. Erde, 2, 182 p., Berlin.
- PUTZER, H., & VAN DEN BOOM, G. - 1961 - Auftreten von Alkali-Gestein in Paraguay. *Geol. Jahrb.*, Hannover, 79.
- REDMOND, J. L. - 1979 - *Paraná basin, Paraguay: tectonics and hydrocarbon potential*. (Trab. apres. 4th Latin-American Geol. Congr., Trinidad-Tobago).
- RIBEIRO, M. - 1971 - *Uma província alcalina no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Iheringia, Museu Riograndense de Ciências Naturais. p. 59-71. (Série Geologia 4.)
- RIBEIRO, M. - 1978 - Structural setting of some alkaline pipes in Rio Grande do Sul Shield. In: SIMP. INTERN. CARBON. 1, Poços de Caldas. *Anais... Poços de Caldas, DNP/M/ME*. p. 171-175.
- RIBEIRO FILHO, E., & CORDANI, U. G. - 1966 - *Contemporaneidade das intrusões de rochas alcalinas do Itatiaia, Passo Quatro e Morro Redondo*. Núcleo do Rio de Janeiro/Soc. Bras. Geol. p. 62-63. (Publ. n^o 1.)
- RICCOMINI, C., et al. - 1983 - Sobre a ocorrência de um derrame de ankaramito na Bacia de Volta Redonda (RJ) e sua importância na datação das bacias tafrogênicas continentais do sudeste brasileiro. In: SIMP. REG. GEOL., 4, São Paulo. *Resumos... São Paulo, SBG*. p. 23-24.
- RIDEG, P. - 1974 - Ubatuba lineament: identification of a new predrift feature. *AAPG Bull.*, 58(11):2362-2366.
- RÓSIER, G. F. - 1965 - Pesquisas geológicas na parte oriental do Estado do Rio de Janeiro e na parte vizinha do Estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro, *Bol. Div. Geol. Miner.*, 222, 41 p.
- RUELLAN, F. - 1944 - Evolução geomorfológica da baía de Guanabara e regiões vizinhas. *Rev. Bras. Geogr.*, Rio de Janeiro, 6 (4):445-509.
- SADOWSKI, G. R., & DIAS NETO, C. M. - 1981 - O lineamento sismotectônico de Cabo Frio. *Rev. Bras. Geoc.*, 11(4):209-212.
- SANFORD, R. M., & LANGE, F. W. - 1968 - Basin study approach to oil evaluation of Parana miogeosyncline, South Brazil. *AAPG Bull.*, 44(8):1316-1370.
- SCHEIBE, L. F. - 1978 - Fazenda Varela carbonatite, Lajes, Santa Catarina, Brasil. In: SIMP. INTERN. CARBON., 1, Poços de Caldas. *Anais... Poços de Caldas, DNP/M/ME*. p. 137-146.
- SCHEIBE, L. F., & FORMOSO, M. L. L. - 1982 - Contribuição da geoquímica das terras raras à caracterização dos carbonatitos da Fazenda Varela, Lajes, SC. *Rev. Bras. Geoc.*, 12(4):553-561.
- SHEYNMANN, Y. M.; APEL TSIN, F. R.; NECHAYEVZ, Y. A. - 1961 - *Alkalic intrusions, their mode of occurrence and associated mineralization*. Geologiya. Mestorozhdenii Redkikh Elementov. Moscow. 177 p. (Resumo por W. T. TARR. In: *Intern. Geol. Rev.*, 5:451-8.)
- SCHOBENHAUS FILHO, C., et al. - 1974 - *Carta geológica do Brasil ao milionésimo*; folha Porto Alegre (SH. 22) e Lagoa Mirim (SI. 22). Brasília, DNP/M/ME. 99 p. mapa.
- SCHOBENHAUS FILHO, C., et al. - 1975 - *Carta geológica do Brasil ao milionésimo*; folha Goiás (SD. 22). Brasília, DNP/M/ME. 113 p. mapa.
- SILVA, A. T. S. F. da, et al. - 1977 - *Projeto Santos-Iguaçu*. São Paulo, Convênio CPRM/DNP/M. v. 1. 640 p. (Relatório final de Geologia.)
- SOARES, P. C., & LANDIM, P. M. B. - 1976 - Comparison between the tectonic evolution of the intracratonic and marginal basins in South Brazil. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 48(supl.):313-324.
- STORMER, J. C.; GOMES, C. B.; TORQUATO, R. F. - 1975 - Spinel Iherzolite nodules in basanite lavas from Asunción. Paraguay. *Rev. Bras. Geoc.*, 5(3):176-185.
- SVISERO, D., et al. - 1983 - A província kimberlítica do Alto Paranaíba, MG. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 55(1):137-138.
- TOMMASI, E. - 1973 - Geologia do flanco sudeste da Bacia do Paraná - Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 27, Aracaju. *Anais... Aracaju, SBG*. v. 3, p. 179-188.
- TORQUATO, J. R. - 1974 - *Geologia do sudoeste de Maçamedes e sua relação com a evolução tectônica de Angola*. São Paulo, 243 p. (Tese. IGUSP. Inédito.)
- TORQUATO, J. R. - 1976 - Geotectonic correlation between SE Brazil and SW Africa. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 48(supl.):353-362.
- TREIN, E.; MARINI, O. J.; FUCK, R. A. - 1967 - Rochas alcalinas do primeiro planalto do Estado do Paraná. *Bol. Paran. Geoc.*, Curitiba, (23-25):325-347.
- ULBRICH, H. H. G. J., & GOMES, C. B. - 1981 - Alkaline rocks from continental Brazil. *Earth Sci. Rev.*, 17:135-154.
- UMPIERRE, M., & HALPÉRN, H. - 1971 - Edades estroncio-rubídio en rocas cristalinas del sur de la Republica Oriental del Uruguay. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, Buenos Aires, 26(2):133-151.
- VIEIRA, A. J. - 1973 - Geologia do centro e nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 27, Aracaju. *Anais... Aracaju, SBG*. v. 3, p. 259-277.

MANUSCRITO

Recebido em 31 de agosto de 1983
Aceito em 23 de novembro de 1983