



# XIII CONGRESO GEOLOGICO BOLIVIANO

POTOSÍ - BOLIVIA

DEDALUS - Acervo - IGC



30900001174



**MEMORIAS  
TOMO I**

**4 al 7 de noviembre de 1998**



1028326

# CONTROLE TECTÔNICO DO MAGMATISMO ALCALINO DO PARAGUAI ORIENTAL<sup>1</sup>

Victor Fernandez Velázquez<sup>2</sup>, Claudio Riccomini<sup>3</sup>, Celso de Barros Gomes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Projeto Temático 97/01210-4)

<sup>2</sup> Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e Bolsista de Pós-Doutorado da FAPESP (Processo 97/00176-7). E-mail: vvf@usp.br

<sup>3</sup> Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

## ABSTRACT

The Mesozoic and Cenozoic alkaline magmatism of Eastern Paraguay is distributed in six provinces (Alto Paraguay, Rio Apa, Amambay, Central Misiones and Assunção), with ages varying between Permo-Triassic and Paleogene. These provinces are frequently associated with major structural features, mainly faults, with magnetic and/or gravimetric expression. In this paper geologic and geophysical data are integrated in order to establish, as a first approximation, the tectonic controls for this alkaline magmatism.

## INTRODUÇÃO

O Paraguai Oriental reúne inúmeras ocorrências de rochas alcalinas de idade permo-triássica a paleogena. Elas estão concentradas em seis províncias: Alto Paraguai, Rio Apa, Amambay, Central, Misiones e Assunção (Velázquez *et al.* 1996). Uma revisão das características geológicas principais, aliada à análise de mapas aerogravimétrico e aeromagnetométrico, permite delinear, ainda que em linhas gerais, o controle tectônico do magmatismo alcalino do Paraguai Oriental. Uma primeira aproximação sobre este tema é apresentada neste trabalho.

## AS GRANDES UNIDADES GEOLÓGICAS DO PARAGUAI ORIENTAL

No Paraguai Oriental são conhecidas duas exposições maiores de rochas pré-cambrianas. A primeira, na porção norte do país, corresponde à terminação sul do Cráton Amazônico, sendo composta por rochas gnáissicas, graníticas, metasedimentares e metavulcânicas (Proyecto PAR 83/005 1986, Wiens 1986), de provável idade arqueana a paleoproterozóica; sobre estas rochas foi depositada uma cobertura de margem cratônica eocambriana além de sedimentos arenosos carboníferos. A segunda exposição consiste numa associação de rochas metamórficas (gnaisses, anfibolitos, quartzitos) e granitóides, além de rochas vulcanosedimentares, de idade neoproterozóica (Bitschene & Lippolt 1986, Kanzler 1987).

No Paleozóico ocorreu marcante subsidência, com extensa deposição de sedimentos, relacionados a três seqüências: ordoviciana-siluriana, reunindo conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos; permo-carbonífera, com influência glacial (tilitos e diamictitos); e permiana, com sedimentos de caráter transgressivo (arenitos, siltitos e argilitos) (Harrington 1972, Orué 1996).

O Mesozóico foi palco de importante atividade magmática extrusiva relacionada com a abertura do Oceano Atlântico Sul. A região oriental do Paraguai esteve sujeita a um ambiente desértico (cf. Harrington 1950, Putzer 1962), com extensa sedimentação eólica, em parte interdigitada com os derrames vulcânicos toleíticos de idade eocretácea (Renne *et al.* 1992, Turner *et al.* 1995). Arenitos neocretáceos recobrem os derrames na porção leste do país (Proyecto PAR 83/005 1987).

Na região de Assunção ocorre espesso pacote rudáceo (Formação Patiño), com deposição associada à movimentação de falhas verticais. Sedimentos quaternários encontram-se distribuídos ao longo do leito dos principais rios, assim como

também em áreas de planícies alagadiças, incluindo depósitos arenosos muito heterogêneos e materiais argilosos (Orué 1996).

Merecem destaque as seis províncias alcalinas (Alto Paraguai, Rio Apa, Amambay, Central, Misiones e Assunção), com idades entre o Permo-Triássico e o Paleogeno (Velázquez *et al.* 1996, Fig. 1).

## ARCABOUÇO ESTRUTURAL DO PARAGUAI ORIENTAL

A megaestruturação do Paraguai Oriental pode ser melhor compreendida graças ao aporte de dados geofísicos obtidos durante o programa de levantamentos geológicos básicos, coordenado pela empresa The Anschutz Corporation, desenvolvido na década de oitenta e princípios da década de noventa, quando foram elaborados mapas aeromagnetométrico (Aerial Geophysics Company 1980) e aerogravimétrico (Photo Gravity Corporation 1991).

O mapa aeromagnetométrico foi elaborado a partir de linhas de vôo de baixa altitude, com duas direções principais, N-S e E-W. As principais anomalias positivas correspondem a alinhamentos estruturais retilíneos, com direção predominante NW-SE, secundariamente NE-SW, separando blocos marcados por isolinhas de valores intermediários e comportamento não linear. Nota-se, com frequência, o deslocamento anti-horário dos alinhamentos de direção NW-SE pelos alinhamentos orientados segundo NE-SW. Esses deslocamentos são particularmente evidentes ao sul do paralelo 24°00'S e, com menor magnitude, nos arredores de Pedro Juan Caballero.

Os dados gravimétricos foram obtidos empregando-se o gravímetro modelo GRS-67, para a medição da aceleração da gravidade, tendo sido levantadas 3679 estações, distribuídas ao longo das principais estradas, estas por sua vez interligadas à rede gravimétrica internacional IGNS. Os registros permitiram elaborar um mapa residual de anomalia Bouguer, com um intervalo de 5 mGal entre os contornos, sob padrão de densidade de redução de 2,67 g/cm<sup>3</sup>. Em geral, as feições gravimétricas que podem ser observadas neste mapa guardam boa concordância com aquelas encontradas no mapa regional de anomalia Bouguer da América do Sul (Breville *et al.* 1973), como também no mapa elaborado por Quintas (1994) para a Bacia do Paraná. Numa primeira análise do mapa, pode-se verificar a existência dois tipos de anomalias de gradiente gravimétrico bem distintas. O primeiro é nitidamente circular, caracterizado por isolinhas de gradiente baixo, situados nas proximidades das cidades de Pedro Juan Caballero, Assunção e Encarnação. O segundo possui formato mais linear, descrevendo uma longa faixa entre os meridianos 56°00' e 58°00'W, com direção N-S até o paralelo 26°00'S e, a partir deste ponto, com uma leve deflexão para SE, mostrando assinatura gravimétrica de primeira ordem, com anomalia chegando até -25 mGal.

As variações observadas nas amplitudes das anomalias magnéticas e Bouguer foram consideradas como decorrentes de processos tectônicos, uma vez que os dados disponíveis não permitem detalhamento mais específico. O exame das anomalias foi orientado para caracterização de distintas formas dos gradientes e das orientações preferenciais das curvas de isovalores, feições estas integradas com dados geológicos de modo a permitir uma visão mais clara do arcabouço estrutural e sua relação com a distribuição das ocorrências de rochas alcalinas.

## RELAÇÕES TECTÔNICAS DO MAGMATISMO ALCALINO

A atividade magmática alcalina no Paraguai Oriental ocorreu em episódios geológicos distintos, com etapas relativamente bem marcadas, que podem ser agrupadas em quatro eventos tectono-magmáticos diferentes. O mais antigo deles, de idade permo-triássica (240-250 Ma) situa-se na parte norte do país e reúne nefelina sienitos e sienitos, com gradações até granitos alcalinos, ao lado dos correspondentes equivalentes vulcânicos, caracterizando a chamada Província Alto Paraguai. Este magmatismo, segundo Livieres & Quade (1987), estaria relacionado com o Arco do Rio Apa, estrutura de idade proterozóica. Entretanto, Velázquez *et al.* (1996) consideraram esta atividade alcalina ligada a uma margem cratônica. Apesar das atenções já merecidas, ainda não se dispõe de dados suficientes para uma melhor caracterização. Levando em consideração a sua forma ocorrência restrita, como corpos alinhados em estreita faixa ao longo do Rio Paraguai, cogita-se a possibilidade de um controle por falhas de direção geral N-S.

O segundo evento magmático apresenta duas principais fases e compreende essencialmente rochas potássicas. A primeira, de idade eocretácea (135-140 Ma), precede os basaltos toleíticos da Formação Serra Geral. Esta bem representado nas localidades de Vallemí (Província Rio Apa) e Pedro Juan Caballero (Província Amambay), ao norte e



nordeste do país, respectivamente. O magmatismo da Província Rio Apa é pouco expressivo, aparecendo como pequenos diques de filiação lamprofírica e carbonatítica, alojados em falhas de pequeno rejeito de direção geral NE-SW, mas com magnitudes suficientes para permitir a migração de líquidos primitivos de natureza mantélica até a superfície da crosta, seccionando todo o pacote de rochas carbonáticas de idade eocambriana. Na Província Amambay, a atividade alcalina é representada por complexos anelares, como Cerro Chiriguelo e Cerro Sarambí, tendo fácies carbonatíticas como o principal tipo litológico dessas intrusões. Ocorrem também piroxenitos, shonkinitos, fenitos e diques de traquitos e fonolitos, presentes em Cerro Guazú, Cerro Apuá e Cerro Tayay. Tectonicamente, esta região encontra-se no domínio do Arco de Ponta Porã (Thomas & Associates 1976). Este arco, com direção NE-SW, interpõe-se entre duas importantes depressões evidenciadas pelas anomalias Bouguer, situadas a NW e SE de Pedro Juan Caballero. É provável que tais depressões representem bacias sedimentares, tendo o Arco de Ponta Porã o comportamento de um bloco tectonicamente soerguido, controlando as intrusões alcalinas de Cerro Chiriguelo e Cerro Sarambí. A presença de anomalias magnéticas de intensidade mais elevada no extremo sudoeste do arco soma a favor desta hipótese. Um controle tectônico destas intrusões pelo Arco de Ponta Porã já havia sido anteriormente proposto por Livieres & Quade (1987).

O terceiro evento é representado pelo magmatismo da Província Central (118-132 Ma), concentrado na porção centro-oriental do país, que reúne um conjunto de rochas com grande diversidade petrográfica, de moderada a fortemente potássicas. São agrupados em duas séries distintas, a primeira com basanitos a fonolitos e a segunda com basaltos alcalinos a traquitos, ambas incluindo seus respectivos termos intrusivos (Comin-Chiaramonti & Gomes 1996). Adicionalmente, pequenos diques de carbonatitos foram também reconhecidos nas imediações de Sapucaí. No conjunto, as rochas desta província ocorrem como *stocks*, *plugs*, lavas, diques, incluindo também a grande intrusão de Cerro Acahay, e tem como principal controle estrutural o *Rift* de Assunção (DeGraff 1985), instalado no Eocretáceo. Esta depressão tectônica, com forte expressão nos dois mapas geofísicos, apresenta uma largura variando entre 25 a 45 km e é constituída por três segmentos bem definidos: inicialmente com um segmento de orientação NW-SE, com cerca de 90 km de comprimento, desenvolvido para sudeste a partir dos arredores de Assunção, entre Benjamin Aceval e Paraguari, com expressivas anomalias gravimétricas e magnetométricas; em seguida um segmento orientado segundo E-W, de Paraguari a Villarrica, com aproximadamente 75 km; finalmente, a partir de Villarrica, um trecho menos definido, novamente de orientação NW-SE, até a região da Cordilheira de Ybytyruzú, numa extensão de 40 km. Em trabalho recente, Velázquez *et al.* (1998) sugerem que o *rift* foi gerado sob regime tectônico transcorrente dextral, com binário orientado segundo E-W.

Um evento magmático relativamente mais novo que o anterior (~120 Ma) está registrado na parte sul do país, nos arredores da localidade de San Juan Bautista, enfeixado na denominada Província Misiones. Inclui rochas alcalinas de composição sódica (nefelinitos e fonolitos peralcalinos), que ocorrem como pequenos *plugs* e diques. Os dados magnetométricos e gravimétricos aqui apresentados apontam a existência de uma feição estrutural de grande porte, aproximadamente a 90 km ao sul do *Rift* de Assunção, formando uma faixa de direção NW-SE, com uma extensão superior a 150 km, considerada como resultante de fraturamento crustal (DeGraff & Orué 1984). As observações de campo mostram que os corpos alcalinos desta província encontram-se distribuídos e orientados ao longo dessa estrutura.

O último evento marca importante atividade tectono-magmática durante o Terciário (39-61 Ma) na região centro-oeste do Paraguai Oriental e reúne rochas de composição marcadamente sódica, principalmente nefelinitos e ankaratritos, portadoras de nódulos mantélicos que gradam desde dunitos a lherzolitos. As ocorrências estão relacionadas a um alinhamento magnético de direção NW-SE e a um baixo gravimétrico situado sobre a Cidade de Assunção. Estudos sistemáticos das falhas e fraturas presentes nos focos magmáticos concentrados no segmento ocidental do *Rift* de Assunção foram conduzidos por Riccomini *et al.* (1998). Nesse trabalho, os autores postularam que esses corpos foram colocados em zonas de falhas profundas de direção NW-SE, controlados pelo mesmo regime tectônico vigente durante a implantação do *rift*, no Eocretáceo.

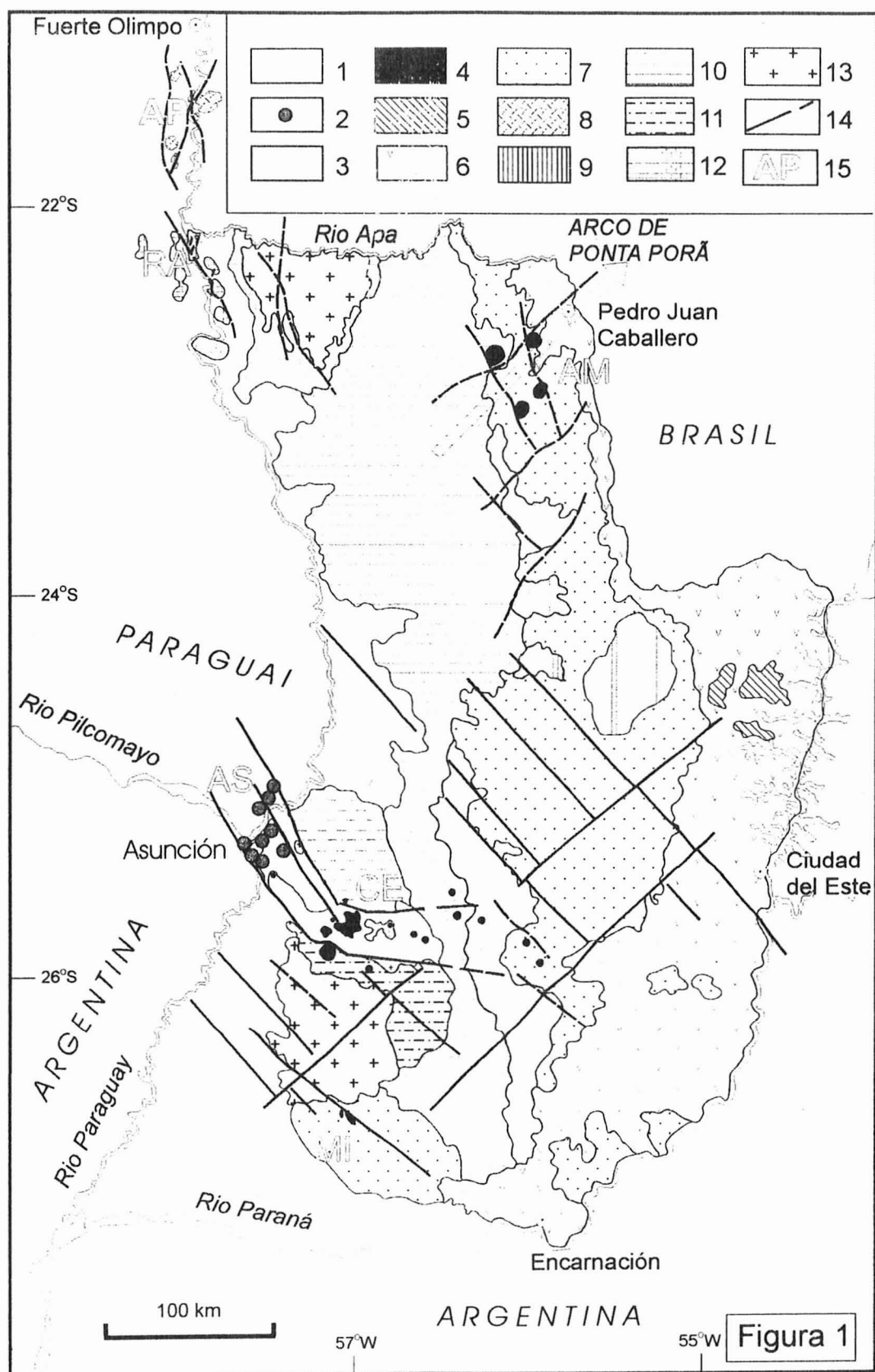
## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição das ocorrências de rochas alcalinas no Paraguai Oriental mostra freqüente associação com feições estruturais maiores, principalmente falhas, que configuram anomalias magnéticas e/ou gravimétricas expressivas. Esta associação representa um critério básico na busca de ocorrências ainda não conhecidas.

Estudos estruturais de maior detalhe, como aqueles realizados nas províncias Central e Assunção, aliados às informações de ordem petrológica e geofísica, levaram à caracterização do controle tectônico do magmatismo e dos regimes de esforços associados, além de permitir inferências mais seguras sobre a profundidade das falhas envolvidas. A realização de estudos dessa natureza nas demais províncias alcalinas paraguaias deverá permitir o refinamento dos modelos ora propostos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aerial Geophysics Company 1980. *Composite Map of Aeromagnetic Survey Eastern Paraguay (Scale 1:1.000.000)*. Asunción, Archivo DRM-MOPC.
- Bitschene, P.R. & Lippolt, H.J. 1986. Acid magmatites of the Brasiliano Cycle in East Paraguay. *Zbl. Geol. Paläont.*, (9/10):1457-1468.
- Breville, G.L.; Beierle, C.W.; Sanders, J.R.; Voss, J.T.; Wilcox, E.L. 1973. *A Bouguer anomaly map of South America (Scale 1:10.000.000)*. St. Louis, Missouri. DMAAC (Defense Mapping Agency) *Tech. Paper 73.2*.
- Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. 1996. *Alkaline magmatism in Eastern Paraguay. Relationships with coeval magmatism in Brazil*. São Paulo, EDUSP/FAPESP, 458p.
- DeGraff, J.M. 1985. Late Mesozoic crustal extension and rifting on the western edge of the Paraná Basin, Paraguay. *Geol. Soc. Amer. Abst.*, 17:560.
- DeGraff, J.M. & Orué, D. 1984. *Proyecto tectónico del Paraguay Suroriental: informe de progreso al termino del trabajo de campo (2da. etapa)*. Asunción, MDN-DIM, Rep. Inter., 12p.
- Harrington, H.J. 1950. Geología del Paraguay Oriental. *Fac. Ci. Exac. Fis. Nat., Contrib. Cient., Série E, Geología*, 1:1-82.
- Harrington, H.J. 1972. Silurian of Paraguay, In Bevy B.W.B.N. & Bougot A..J., eds., *Correlation of the South American Silurian Rocks*. v. 133: 41-50.
- Kanzler, A. 1987. The Southern Precambrian in Paraguay; geological inventory and age relations. *Zbl. Geol. Paläont.*, (7/8):753-765.
- Livieres, R.A. & Quade, H. 1987. Distribución regional y asentamiento tectónico de los complejos alcalinos del Paraguay. *Zbl. Geol. Paläont.*, (7/8):791-805.
- Orué, D. 1996. *Síntese da geologia do Paraguai Oriental, com ênfase para o magmatismo alcalino associado*. São Paulo, 163 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo).
- Photo Gravity Corporation 1991. *Regional Bouguer Gravity data and station location Map of the Paraguay (Scale 1:2.000.000)*. Asunción, Archivo DRM-MOPC.
- Proyecto PAR 83/005 1986. Mapa geológico del Paraguay. Asunción, PNUD-MDN, Texto Explicativo, 270p.
- Putzer, H. 1962. Die geologie von Paraguay. *Beitr. Reg. Geol. Erde*, 2:182p.
- Quintas, M.C.L. 1994. *O embasamento da Bacia do Paraná: reconstrução geofísica de seu arcabouço*. São Paulo, 218p. (Tese de Doutorado, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo).
- Renne, P. R.; Ernesto, M.; Pacca, I.G.; Coe, R. S.; Glen, J.M.; Prévot, M.; Perrin, M. 1992. The age of Paraná Flood Volcanism, rifting of Gondwanaland, and the Jurassic-Cretaceous boundary. *Science*, 258:975-979.
- Riccomini, C.; Velázquez, V.F.; Gomes, C.B. 1998. Padrão de fraturamento das rochas alcalinas ultramáficas cenozóicas do Rift de Assunção, Paraguai Oriental (submetido ao 40º Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, MG).
- The Anchutz Corporation 1987. *Generalized Geological Map Paraguay and Adjacent Areas (Scale 1:2.000.000)*. Archivo DRM-MOPC, Asunción.
- Thomas & Associates 1976. *Preliminary ERST interpretation southeastrn Paraguay*. Asunción, DRM-MOPC, Rep. Inter., 20p.
- Turner, S.; Regelous, M.; Kelley, S.; Hawkesworth, C.; Mantovani, M. 1994. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar geochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 124:333-348.
- Velázquez, V.F.; Gomes, C.B.; Orué, D.; Comin-Chiaramonti, P. 1996. Magmatismo alcalino do Paraguai: uma revisão e atualização das províncias. *Bol. IG-USP, Sér. Cient.*, 27:61-79.
- Velázquez, V.F.; Riccomini, C.; Gomes, C.B. 1998. Tectônica Mesozóica no Rift de Assunção, Paraguai Oriental (submetido ao 40º Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, MG).
- Wiens, F. 1986. Zur lithostratigraphischen und strukturellen entwickling des Rio Apa Hoclandes, Nordost Paraguay. *Clausth. Geowiss. Diss.*, 19:280p.



**Figura 1** – Mapa geológico do Paraguai Oriental (distribuição das unidades baseada em The Anschutz Corporation 1987): 1. Coberturas sedimentares quaternárias; 2. Rochas alcalinas cenozóicas; 3. Depósitos cenozóicos da Formação Patiño; 4. Rochas alcalinas cretáceas; 5. Depósitos sedimentares neocretáceos da Formação Acaray; 6. Derrames toleíticos eocretáceos da Formação Alto Paraná; 7. Arenitos eocretáceos da Formação Misiones; 8. Rochas alcalinas permo-triássicas; 9. Unidades sedimentares permianas do Grupo Independência; 10. Unidades sedimentares permo-carboníferas do Grupo Coronel Oviedo; 11. Unidades sedimentares ordovicianas-silurianas dos grupos Caacupé e Itacurubí; 12. Rochas carbonáticas neoproterozóicas do Grupo Itapucumí; 13. Embasamento arqueano a neoproterozóico; 14. Falhas principais, tracejadas quando inferidas; 15. Províncias alcalinas (AP – Alto Paraguai; RA – Rio Apa; AM – Amambay; CE – Central; MI – Misiones; AS – Assunção).