

TERRENOS SUSPEITOS A SUL DA PLACA SANFRANCISCANA (SE DA PLATAFORMA SUL-AMERICANA)*

A.R.S. Fragoso Cesar¹; R. Machado¹; R.P. Phillip²; F.M. Mello³; I. Endo⁴; A.R. Nummer⁵; F.P. Preciozzi⁵; G.L. Fambrini⁶; H.S. Sayeg⁶.

(1-IGc-USP; 2- IG-UFRGS; 3- DG-UFRRJ; 4-DEGEO-EM-UFOP; 5-IGc-USP(Prof. Visitante); 6-IGc-USP (Pós-Graduação) * Trabalho financiado pela FAPESP Processo Geologia Nº 93/3228-7

Abstract

To the south of the Sanfranciscana plate a number of tectonically interdigitated suspect terranes create a complex geological situation in which intercalated ancient, metasedimentary, metavolcanic, composite and granitic terranes are tectonically repeated. These terranes are briefly discussed here together with possible interpretations.

Introdução

A complexidade tectônica précambriana a sul do Cráton São Francisco e de suas faixas marginais, onde grandes zonas de cisalhamento transpressivo (Ebert *et al.*, 1993) interdigitam fragmentos crustais de incertas procedências e distintas evoluções paleogeográficas e tectônicas, requer a aplicação do conceito de terrenos suspeitos (Coney *et al.*, 1980; Howell, 1993): em um cinturão orogênico, uma vez determinado seu referencial tectônico - um cráton e sua margem passiva dobrada e empurrada, claramente pertencentes à mesma placa -, todos os fragmentos crustais tectonicamente isolados deste referencial são, até prova em contrário, inerentemente suspeitos, isto é, tanto podem representar fragmentos nativos e transportados desde o referencial quanto fragmentos exóticos, oriundos de outras placas. Na região aqui analisada, a definição do referencial tectônico - **Placa Sanfranciscana** (Alkmin *et al.*, 1993) - permite uma introdução à discussão dos terrenos suspeitos que a sul dele se situam (fig. 1).

A Placa Sanfranciscana é formada por complexos arqueanos e paleoproterozóicos de embasamento (>2.0 Ga; Teixeira, 1985; Endo, 1997) e por diversas coberturas que, em suas bordas, configuram margens passivas proterozóicas, desenvolvidas desde o término do Paleoproterozóico até meados do Neoproterozóico, acompanhadas por enxames de diques máficos que marcam as fases de ruptura que as afetaram, sendo dobradas e empurradas no

fim do Neoproterozóico em reflexo às colisões de terrenos que em suas margens se amalgamaram durante a Colagem Brasileira. A longa história anorogênica da Placa Sanfranciscana (~1.0 Ga) e sua contínua estruturação como um bloco litosférico e circundado por riftes, a qualifica como o fundamental referencial tectônico para o estudo das diversas faixas orogênicas e terrenos suspeitos do leste sul-americano, cuja porção meridional é aqui objeto de um sucinto exercício de geotectônica (Fig. 1).

Terrenos Antigos

A sul da Placa Sanfranciscana afloram vários fragmentos de crostas antigas (≥ 2.0 Ga), isolados dos terrenos vizinhos por zonas de cisalhamento transcorrente. Conforme esquematizado na fig. 1, estes fragmentos constituem três tipos principais: (i) não afetados por eventos orogênicos após 1.9 Ga; (ii) deformados no Neoproterozóico e (iii) injetados por batólitos graníticos neoproterozóicos.

Do primeiro tipo ocorrem dois fragmentos isentos de qualquer atividade orogênica após 1.9 Ga: Os Terrenos Cratônicos Luis Alves e Rio de la Plata¹. O Terreno Luis Alves é formado por ortognaisses diorítico-tonalíticos cálcio-alcalinos granulitizados com encraves máficos e ultramáficos e raros metassedimentos, de protólitos arqueanos metamorfisados e deformados nos estágios

iniciais do Paleoproterozóico, antes de 1.9 Ga (Basei *et al.*, 1997). O Terreno Rio de la Plata

corresponde a um fragmento paleoproterozóico (≥ 2.0 Ga) do tipo "granito-greenstone", afetado por um grande enxame de diques máficos toleíticos indeformados de idade em torno de 1.8 Ga (Bossi *et al.*, 1993).

O segundo tipo de terrenos antigos é representado pelos **Terrenos Paraibides** (Ebert, 1971) e **Setuva**, ambos com idades ≥ 2.0 Ga, formados por orto e paragneisses de alto grau metamórfico (fácies anfibolito e granulito), localmente com ocorrência de mármore, anfibolitos e raros ultramafitos, apresentando deformações neoproterozóicas relacionadas a transporte tectônico destrai de NE para SW durante compressão E-W (Ebert *et al.*, 1993; Endo & Machado, 1993; Machado & Endo, 1993, 1994), e intrudidos apenas por granitos contemporâneos e posteriores a este transporte.

Os **Terrenos Guaxupé, Socorro e Valentines**, do terceiro tipo, são análogos aos terrenos do segundo tipo, possuindo, no entanto, duas distinções fundamentais: (i) possuem batólitos cálcio-alcálicos neoproterozóicos gerados por subducções entre 0.65-0.60 Ga, anteriores às suas colisões, além de granitos (e localmente vulcânicas) contemporâneos e posteriores a estas, e (ii) são tectonicamente transportados de Oeste para Leste (Ebert *et al.*, 1993), possivelmente representando fragmentos de um microcontinente de um oceano ocidental - o Oceano Charrua (Fragoso Cesar, 1991).

Terrenos Metassedimentares

Fragmentos crustais predominantemente metassedimentares compreendem dois tipos: (i) com presença abundante de metacalcários, e (ii) com ausência de metacalcários. Todos estes terrenos são intrudidos por granitos contemporâneos e posteriores a seus transportes no fim do Neoproterozóico.

O primeiro tipo de terrenos metassedimentares é representado por fragmentos disruptos de margem passiva carbonática-siliciclástica, cujos dados isotópicos disponíveis indicam idade de deposição mesoproterozóica (Reis Neto, 1994; Basei *et al.*, 1997). Litologicamente são formados por (meta) calcários, lutitos rítmicos, quartzo arenitos (raros ruditos), e vulcânicas básicas (raros serpentinitos), localmente possuindo exposições do embasamento antigo, além de pequenos encraves tectônicos de meta-riolitos, supostamente exóticos. Estes terrenos se agrupam em duas regiões: São Paulo-

Paraná e Santa Catarina-Rio Grande do Sul-Uruguaí. Na primeira região (*Faixa Ribeira*) ocorrem os **Terrenos São Roque, Itaiacoca, Apiaí e Embú**, sendo que este último possivelmente possui continuidade física com o Terreno Apiaí, constituindo ambos apenas um terreno com grande variação faciológica. Dentro do Terreno Apiaí, o mais estudado até o momento (e.g. Campanha, 1991), a distribuição de fácies indica mar aberto para leste, onde situam-se depósitos profundos com encraves de metabásicas, interpretados como depósitos de talude e sopé continental (leque submarino), intercalados com basaltos de fundo oceânico, sugerindo a existência de um oceano mesoproterozóico a leste da região. Indicadores cinemáticos nos limites destes terrenos sugerem transporte de NE para SW durante compressão E-W.

Na segunda região (*Faixa Tijucas*) ocorrem quatro terrenos cuja possível continuidade física é obliterada por depósitos da Bacia do Paraná, os **Terrenos Brusque, Serra das Encantadas, Serra dos Pereira e Lavalleja**, litológica e faciológicamente análogos aos da Faixa Ribeira, também com sugestões de oceano aberto para leste e pequenas escamas de serpentinitos (ofiolitos?), porém com freqüentes exposições do embasamento. A principal distinção reside no sentido de transporte tectônico sinistral, de SW para NE durante compressão N-S. É possível que este transporte seja tardio, sobreposto ao transporte anterior de NE para SW durante compressão E-W. Se correta esta presunção, podemos visualizar todos estes terrenos como fragmentos de uma única margem passiva mesoproterozóica aberta para um oceano a leste.

Um terreno apenas siliciclástico ocorre no extremo sudeste do Uruguai, o **Terreno Rocha**. Este terreno, formado por (meta) quartzo arenitos e lutitos rítmicos de idade ainda não definida, representa um fragmento de uma faixa dobrada e empurrada para SE, cujas fácies e suas distribuições permitem interpretá-la como uma margem passiva com mar aberto para oeste (Fragoso Cesar & Machado, 1997). Desta forma, além da distinção litológica, este terreno representaria uma margem antípoda à margem passiva dos demais terrenos metassedimentares, pois enquanto aquela abria-se para um oceano a leste, portanto com continente a oeste, este, o mais oriental dos terrenos, representa uma margem que se abria com oceano a oeste, sendo que sua possível área continental deveria situar-se a leste. É possível

'Usa-se aqui o adjetivo "cratônico" em função de suas longas estabilidades tectônicas internas, mas evita-se o substantivo "cráton" pois este os qualificariam como referenciais tectônicos, um conceito impróprio frente aos limites transcorrentes destes fragmentos, pois tanto podem ser fragmentos da porção cratônica da Placa Sanfranciscana quanto da porção cratônicas de outras placas; em relação à Placa Sanfranciscana são, portanto, suspeitos.

que os dois tipos de terrenos metassedimentares representem fragmentos das duas margens de um oceano proterozóico, de difícil correlação com o Oceano Adamastor definido em referência ao Cabo da Boa Esperança, no extremo sul africano (Hartnady *et al.*, 1985).

Terreno Metavulcanogênico

Embora alguns dos terrenos citados possuam pequenas ocorrências de metavulcânicas ácidas, o **Terreno Cerro da Árvore** é formado apenas por este tipo de metavulcânicas - (meta) riolitos, dacitos, andesitos e piroclastitos cálcio-alcalinos - associadas a metassedimentos exalativos, em um conjunto de escamas vergentes para oeste, interpretadas como lascas alóctones da supraestrutura de um arco andinotipo (Jost & Bitencourt, 1980), de possível idade (Rb-Sr) em torno de 0.8 Ga (Soliani Jr., 1986).

Terrenos Compostos

São reconhecidos dois terrenos compostos na região estudada: os terrenos Andrelândia e Rio Vacacai. O **Terreno Andrelândia**, de idade(s) ainda não definida(s), é formado por um complexo jogo de escamas tectônicas vergentes contra a Placa Sanfranciscana, constituídas por orto e paragneisses diversos, granitóides foliados, quartzitos (principalmente quartzo milonitos), xistos e filitos (principalmente filonitos), metassedimentos químicos, cálcio-silicáticas e pequenos e abundantes corpos básico-ultrabásicos, por vários autores interpretados como ofiolitos. Possivelmente estas escamas representam imbricações de litosfera oceânica com a margem meridional da Placa Sanfranciscana e com fragmentos oriundos do oeste (Terreno Guaxupé e Socorro?).

O **Terreno Rio Vacacai** é formado pela repetição de espessas escamas básico-ultrabásicas, metavulcanogênicas e ortogneissicas, vergentes para leste. Desde Ribeiro e Fantinel (1978), as escamas básico-ultrabásicas são interpretadas como fragmentos de litosfera oceânica, o que vem

sendo corroborado em diversos trabalhos recentes. Os ortogneisses tectonicamente imbricados são cálcio-alcalinos de baixa K O, com idades variáveis entre 0.9 a 0.7 Ga (*vide* Leite, 1997) e as metavulcanogênicas, com idades neste intervalo, variam de toleíticas de alta Al O a cálcio-alcalinas de baixa K O. Estas escamas³ são interpretadas como fragmentos imbricados de arcos de ilhas do Oceano Charrua, obductados sobre a borda ocidental do Terreno Valentines (Fragoso Cesar, 1991). Sobre os metamorfitos deste terreno ocorrem coberturas sedimentares e vulcânicas não metamórficas, além de intrusões graníticas neoproterozóicas posteriores a 0.64 Ga.

Terrenos Graníticos

Ao longo da região estudada ocorrem diversos terrenos essencialmente graníticos com muitas analogias entre terrenos dos tipos de granitos que neles afloram, destacando-se aqueles claramente gerados por subducção (Fragoso Cesar, 1991; Campos Neto & Figueiredo, 1995; Machado, 1997), evidenciando seu caráter exótico em relação à Placa Sanfranciscana, além de granitos contemporâneos e posteriores aos seus transportes tectônicos. Esses granitos, que variam de intensamente foliados a isótopos, de cálcio-alcalinos a shoshoníticos e de bi-hb tonalitos a leucogranitos, possuem idades concentrando-se entre 0.65 - 0.60 Ga, porém variando desde 0.8 Ga até 0.55 Ga. Em alguns dos terrenos localmente são preservados testemunhos de cobertura vulcânica ácida. Exposições da encaixante antiga (gneisses e mármore) são incomuns e ocorrem como pendentes de teto e xenólitos. Na fig.1 esquematizamos a distribuição destes terrenos: **Terrenos Serra do Mar, Agudos Grandes, Três Córregos, Cunhaporanga, Rio Piêm, Paranaguá, Florianópolis e Pelotas**. Alguns deles podem ter continuidade física obliterada pela cobertura fanerozoica, mas como regra ocorrem tectonicamente isolados.

Interpretamos estes terrenos graníticos como fragmentos exóticos oriundos de um arco andinotipo neoproterozóico transportados e imbricados entre os outros terrenos.

Considerações Finais

A complexidade da organização dos terrenos suspeitos situados a sul da Placa Sanfranciscana permite múltiplas interpretações tectônicas. Na linha que vimos desenvolvendo, visualizamos uma placa central - Placa Sanfranciscana - cercada por oceanos proterozóicos - Oceano Charrua a oeste e Oceano Adamastor(?) a leste. Neste modelo, o Terreno Rio de la Plata representaria um fragmento cratônico nativo, originalmente ligado à Placa Sanfranciscana. Da mesma forma, os Terrenos Paraibides e Setuva também poderiam ser relacionados à esta placa, principalmente quando comparados às regiões antigas de alto grau da porção baiana do embasamento da placa (Cinturão Itabuna), de onde podem ter-se originado. Ainda supostamente ligados a esta placa, como possíveis fragmentos nativos de uma margem passiva mesoproterozóica oriental, estariam os terrenos São Roque, Apiaí, Itaiacoca, Embú, Brusque, Serra das Encantadas, Serra dos Pereira e Lavalleja. Assim todos estes terrenos seriam nativos, originalmente pertencentes à mesma placa. Os demais seriam exóticos, individualizados em dois grupos, um advindo do oeste e outro dos quadrantes orientais.

Entre os terrenos advindos do oeste, destacam-se os terrenos Guaxupé, Socorro e Valentines, de embasamentos antigos afetados por subducção neoproterozóica, fragmentos de um possível microcontinente interior do Oceano Charrua. O Terreno Rio Vacacaí, claramente exótico, uniria fragmentos de arcos de ilhas deste oceano, enquanto o Terreno Andrelândia poderia constituir uma mistura tectônica de fragmentos exóticos deste oceano com fragmentos nativos da borda da Placa Sanfranciscana.

Dos terrenos oriundos do oceano oriental (Oceano Adamastor?), os terrenos graníticos (terrenos Serra do Mar, Agudos Grandes, Três Córregos, Cunhaporanga, Rio Piêm, Paranaguá, Florianópolis e Pelotas) são considerados fragmentos da raiz de um arco andinotipo instalado em um microcontinente do interior do oceano. Considerando a analogia geoquímica e isotópica dos granitóides deformados mais antigos desse arco (e.g. Complexo Pinheiro Machado do Terreno Pelotas, com cerca de 0.8 Ga) com as metavulcânicas do Terreno Cerro da Árvore, tem-se interpretado este último como testemunho deformado e metamorfoisado da cobertura vulcânica do arco. Os demais terrenos (Rocha e Luis Alves) podem ter outra interpretação. O Terreno Rocha pode representar uma fração da margem passiva da outra borda oceânica (outra placa ou uma microplaca). O Terreno Luis Alves é ainda mais complexo, podendo ser oriundo da Placa Sanfranciscana (nativo), da placa ou (microplaca) que contém o terreno Rocha (exótico), ou mesmo advindo de outro contexto exótico.

O modelo discutido neste texto é, evidentemente preliminar, carecendo ainda de muitas informações para sua fundamentação, principalmente paleontológicas e paleomagnéticas, além de geocronológicas, geoquímicas e geofísicas mais refinadas. Evidencia, no entanto, a importância do conceito de terreno suspeito no complexo quadro de interdigitação tectônica pré-cambriana do sudeste sul-americano. Em consequência, dificulta tentativas de correlação desta região com as áreas pré-cambrianas da África Ocidental, pois as existentes, além de prematuras e simplistas, são subjetivamente fixistas. Por outro lado, o longo intervalo anorogênico pós-2.0 Ga da Placa Sanfranciscana e os eventos orogênicos predominantemente neoproterozóicos dos terrenos amalgamados durante a colagem brasileira, também dificultam correlações desta região dentro do contexto do Supercontinente Rodínia (Fragoso Cesar, 1996).

Agradecimentos - Nossos especiais agradecimentos ao mais recente membro da equipe, o geólogo Renato Paes de Almeida, e à dedicada desenhista Thelma Samara.

Referências Bibliográficas

- ALKMIN, F.F.; BRITO NEVES, B.B.; ALVES, J.A.C. - 1993 - Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco - uma revisão. *O Cráton do São Francisco*. SBG.p:45-62.
- BASEI, M.A.S., SIGA Jr. O.; REIS NETO, J.M.; HARARA, O.M.; PASSARELI, C.R.; MACHIAVELLI, A. - 1997 - Geochronological map of the Precambrian terrains of Paraná and Santa Catarina States, southern Brazil: Tectonic implications. In: SOUTH AMERICAN SIMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, *Extended Abstracts*, Campos do Jordão, SP, p.44-46
- BOSSI, J.; CAMPAL, N.; CIVETTA, L.; DEMARCHI, G.; GIRARDI, V.A.V.; MAZZUCHELLI, M.; NEGRINI, L.; RIVALENTI, G.; FRAGOSO CESAR,

- A.R.S.; SINIGOI, S.; TEIXEIRA, W.; PICIRILLO, E.M. & MOLESINI, M. - 1993 - Early Proterozoic dike swarms from western Uruguay: geochemistry, Sr-Nd isotopes and petrogenesis. *Chemical Geology*. 106(3-4):263-277.
- CAMPANHA, G.A.C.; - 1991 - *Tectônica Prateozóica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná*. São Paulo, Universidade de São Paulo, 296p. (Tese de doutoramento - Instituto de Geociências/USP), 2.vol.
- CAMPOS NETO, M. C. & FIGUEIREDO, M.C.H. - 1995 - The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil. *J.South Amer. Earth Sci.*, 8 (2):143-162.
- CONEY, P.J.; JONES, D.L. & MONGER, J.W.H. -1980- Cordilleran suspect terranes. *Nature*, 288: 329-333.
- EBERT, H. -1971- *Os Paraibides entre São João Del Rey, Minas Gerais e Itapira, São Paulo e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides*. Rio Claro, UNESP, Fac. Fil. Ciênc. e Letras, 37 p.
- EBERT, H.D.; HASUI, Y.; SARTORATO, G.; ALMEIDA, S.H.; COSTA, J.B.S. - 1993- Arcabouço Estrutural e Tectônica Transpressiva das Faixas Móveis da borda Sul e Sudeste do Cráton do São Francisco e do Sintaxe de Guaxupé. 40 Simp.Nac.Est.Tect., BH, Bol. 12, p.166-171.
- ENDO, I. -1997- Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da Placa Sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo, 382p. (inédito).
- ENDO, I. & MACHADO, R. -1993- Sistema de cisalhamento transatlântico: Um modelo tectônico transpressional para o Mesoproterozóico do Brasil oriental. IV Simp. Nac. Est. Tect., BH, Bol. 12, p.356-359.
- HARTNADY, C.; JOUBERT, P. & STOWE, C. -1985- Proterozoic crustal evolution in Southeastern Africa, *Episodes*, 8 (4): 236-244, Ontario.
- HOWELL, D. G.- 1993 - *Tectonics of Suspect Terranes - Mountain Building and Continental Growth*. Shapman & Hall., London, 232p.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S. -1991- *Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo, SP, 366 p. (inédito).
- FRAGOSO CESAR, A.R.S. - 1996 - The Neoproterozoic Brazilides collage in the Southern South America platform. XXXIX Congr. Bras. Geol. (BA). *Bol. Res. Exp.*, SBG, Núcleos Bahia e Sergipe, v.6, p.9-11.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S. & MACHADO, R. -1997- Neoproterozoic terranes of the Gaúcho Shield (southern Brazil and Uruguay). In: SOUTH AMERICAN SIMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, *Extended Abstracts*, Campos do Jordão, SP, p. 65-67.
- HARTNADY, C.; JOUBERT, P. & STOWE, C. -1985- Proterozoic crustal evolution in Southeastern Africa, *Episodes*, 8 (4): 236-244, Ontario.
- JOST, H.; BITENCOURT, M.F. - 1980 - Estratigrafia e tectônica de uma fração da faixa de dobramentos Tijucas no Rio Grande do Sul. *Acta Geol. Leop.*, 11 (7):27-29, São Leopoldo.
- LEITE, J.A.D.; *A origem dos harzburgitos da Sequência Cerro Mantiqueiras e implicações tectônicas para o desenvolvimento do Neoproterozóico na porção Oeste do escudo Sul-riograndense* Tese de Doutorado, IG-UFRGS, Porto Alegre. 224 p. (inédito).
- MACHADO, R.; - 1997 - *Litogeoquímica e Tectônica dos Granitóides Neoproterozóicos do Cinturão Paraíba do Sul no Estado do rio de Janeiro*. Tese de Livre Docência, IG-USP, São Paulo, 215p (inédito).
- REIS NETO, J.M. - 1994 - *Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no Neoproterozóico*. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo. 253 p. (inédito).
- MACHADO, R. & ENDO, I. -1993- Cinturão de cisalhamento Atlântico: Um exemplo de tectônico transpressivo Mesoproterozóico. IV Simp. Nac. Est. Tect., BH, Bol. 12, p.189-191.
- MACHADO, R. & ENDO, I. -1994- Superposição cinemática brasileira no cinturão de cisalhamento Atlântico e na Cunha de Guaxupé. XXXVIII Congr. Bras. Geol., Camboriú, Anais, v.2, p.269-270.
- RIBEIRO, M. & FANTINEL, L.M. -1978- Associações petrotectônicas do Escudo Sul-Riograndense: I Tabulação e distribuição das associações petrotectônicas do Escudo do Rio Grande do Sul. *Iheringia, Série Geologia*, Porto Alegre, 5, p. 19-54.
- SOLIANI Jr., E. -1986- *Os dados geocronológicos do Escudo Sul-Riograndense e suas implicações de ordem geotectônica*. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo. 425 p. (inédito).
- TEIXEIRA, W. -1985- A evolução geotectônica da porção meridional do cráton do São Francisco, com base em interpretações geocronológicas. Tese de doutoramento - IG-USP, São Paulo, 207p. (inédito).

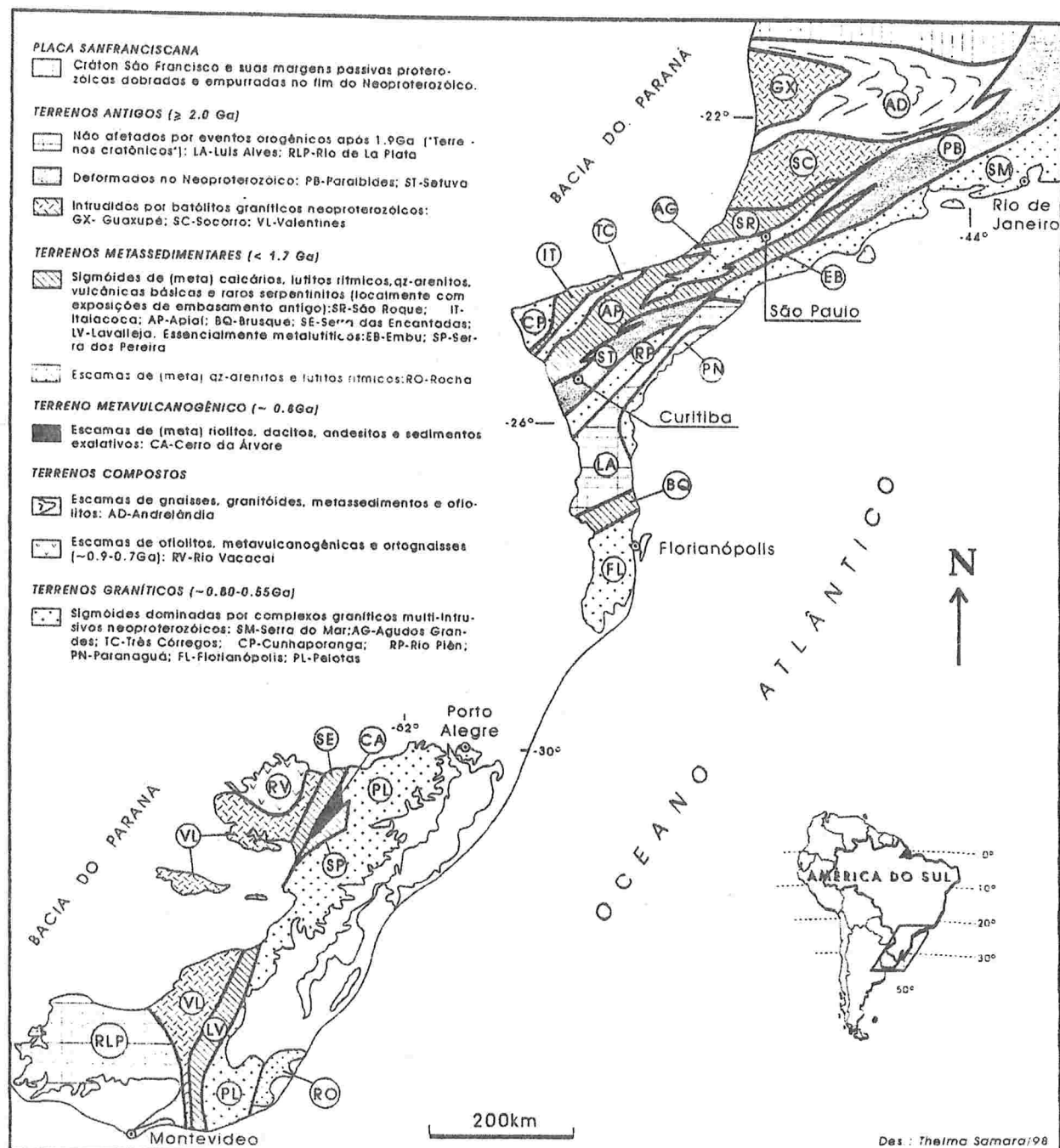


Figura 1 - Proposta de estruturação tectônica para o SE Sul-Americano.