

TESES DE DOUTORADO

1991

ALMEIDA, Teodoro Isnard Ribeiro de

Magnesita do depósito de Campo de Dentro, Serra das Éguas, Bahia: geoquímica e gênese. 29 de janeiro. 162p. 1 vol. Orientador: Reinholt Ellert.

Resumo: A área de pesquisa situa-se na Serra das Éguas, Brumado, Bahia, na mina de magnesita de Campo de Dentro e arredores. A jazida, de morfologia lenticular, encaixa-se em rochas dolomíticas localmente evaporíticas e estas em calciosilicáticas. Estas rochas foram interpretadas como metassedimentos químicos e pelíticos de águas rasas, deformados e metamorfizados no fácies anfibolito, com intercalação de anfibolitos, prováveis metavulcânicas básicas. A seqüência rochosa pertence ao Grupo Serra das Éguas, unidade superior do Complexo de Brumado. Embora os dados geocronológicos sejam escassos, pode-se supor idade proterozóica inferior.

A metodologia da pesquisa baseou-se no quimismo da fração carbonática das rochas e na composição isotópica do carbono, oxigênio e estrôncio. A amostragem procurou abranger o espectro de variações químicas e físicas das rochas dolomíticas e magnésiticas, tendo sido feita prioritariamente em testemunhos de sondagem rotativa, anteriormente descritos e analisados para os elementos maiores. Assim, de um total de 306 amostras apenas 11 foram coletadas em afloramentos.

A composição química das rochas foi estudada de forma particular, de acordo com as peculiaridades genéticas dos magnesititos. Fez-se ataque ácido controlado, solubilizando-se apenas a fração carbonática das amostras. Com este procedimento evitou-se a introdução de teores devidos a metapelitos, de presença provável em sedimentos químicos de águas rasas. Foram encaminhados para dosagem em espectrômetro de emissão atômica em plasma induzido os elementos Al, B, Ba, Ca, Co, Cu, Fe, Ga, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Sr, Ti, V e Zn e, por espectrometria de absorção atômica, K e Na. Destes elementos Co, Pb e Ti não puderam ser dosados por apresentarem teores abaixo do limite de detecção e Ga, Na e U por problemas técnicos. Foi ainda dosado F, pelo método do íon seletivo. O resíduo insolúvel foi calculado estequiometricamente e, objetivando-se verificar correlações, foram atribuídos valores para a granulação, a partir de uma escala arbitrária.

Este conjunto de dados foi comparado à razão Mg/Ca, em diagramas binários, não demonstrando correlações na maior parte dos casos. Já com o agrupamento de amostras segundo intervalos de razão Mg/Ca foi possível visualizar tendências para todos os elementos, com exceção de B e Cu, bem como para a granulação e resíduo insolúvel. Verificou-se diminuírem os teores destas variáveis com o aumento da razão Mg/Ca, o que foi interpretado como reflexo da diminuição da disponibilidade dos vários íons na água-mãe, tanto por precipitação prévia como por diluição da solução, bem como uma crescente eficiência do processo de maturação de precipitado. Para o P deu-se o contrário, indicando sua permanência em solução nos subambientes precipitadores de carbonatos mais ricos em cálcio e precipitação nas bacias magnésiticas, devido ao maior pH e à maior atividade biológica. O conjunto dos dados indicou ainda maior homogeneidade e especificidade de condições na formação dos magnesititos que na dos dolomititos encaixantes.

Para a análise dos isótopos do carbono e oxigênio, foram selecionadas 16 amostras, representativas do espectro de variação da razão Mg/Ca e da granulação. Foi feita uma abertura seqüencial por fase mineral (1º calcita, 2º dolomita e 3º magnesita), variando-se os parâmetros tempo e temperatura de reação com H₃PO₄ a 100%. Os resultados indicaram composições típicas de carbonatos precipitados em ambiente marinho restrito, metamorfizados e de idade proterozóica, enquadrando-se também na faixa admitida para magnesititos do tipo Veitsch. Indicaram ainda maior homogeneidade nas bacias formadoras de carbonatos hipermagnesianos, com contribuição de água doce e presença de

fermentação anaeróbica de matéria orgânica e/ou maiores pHs. O comportamento isotópico diferenciado entre dolomitas e magnesitas coexistentes indicou tanto diferentes equilíbrios isotópicos em sua formação como ausência de completa homogeneização isotópica.

Foram encaminhadas 10 amostras, selecionadas como anteriormente descrito, para a obtenção da razão inicial do estrôncio. Os resultados mostraram-se extremamente variados e alterados frente à razão inicial esperada, não permitindo interpretações paleoambientais e indicando ação de fluidos hidrotermais ricos em ^{87}Sr radiogênico. A inexistência de correlação entre as razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e Mg/Ca indicou independência entre os processos concentradores de Mg^{2+} e ^{87}Sr . A ampla variação das razões isotópicas sugeriu uma ação localizada dos fluidos hidrotermais, ocasionando homogeneização isotópica pontual deste elemento, para o que devem ter contribuído os baixos teores em que se apresenta.

O conjunto dos dados obtidos e a análise da literatura permitiu a proposição de um modelo genético esquemático para os magnesititos estudados, onde se prevê precipitação prévia de carbonatos menos magnesianos em ambiente marinho e marinho restrito, localmente evaporítico, seguindo-se a formação de magnesititos em bacias ainda mais restritas, supratidais e com influência de água doce continental, por precipitação e enriquecimento em Mg^{2+} no ambiente sedimentar, por maturação de precipitado.

Abstract: The study area comprises the Campo de Dentro magnesite mine and its surroundings, located at Serra das Águas, near the town of Brumado, Bahia. The deposit has a lens-shaped morphology, hosted by dolomitic and calc-silicate rocks. These sequences were interpreted as chemical and pelitic metasediments of shallow waters, deformed and metamorphosed under amphibolite facies, with amphibolite intercalations, probably representing basic metavolcanics. They belong to the Serra das Águas Group, representing the upper unit of the Brumado Complex. Although geochronological data are scarce, a Lower Proterozoic age is accepted.

The methodology of this research was based on the chemical characteristics of the carbonate fraction of the rocks and on the isotopic composition of carbon, oxygen and strontium. Sampling comprised chemical and physical variations of dolomite and magnesite rocks, carried out in drilling cores, after description and analysis for major elements. Only 11 samples came from outcrops, from a total of 306 samples.

The chemical composition of rocks was studied according to genetic characteristics of the magnesites. A controlled acidic attack was done, solubilizing only the carbonate fraction of the samples. Chemical contaminations due to pelites was therefore avoided. The elements Al, B, Ba, Ca, Co, Cu, Fe, Ga, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Sr, Ti, V and Zn were analysed by ICP and K and Na by AAS. From these elements, Co, Pb and Ti could not be analysed due to amounts below to the detection limit and Ga, Na and U due to technical problems. F was analysed using the method of selective ion. The insoluble residue was calculated stoichiometrically and values were attributed to the granulation, from an arbitrary scale, to verify possible correlations.

This data set was compared with the ratio Mg/Ca , using binary diagrams, with no correlation in most of the cases. Using samples clustered according to ranges of the Mg/Ca ratio, trends for all the elements were established, except for B and Cu, as well as for the granulation and the insoluble residue. The amounts of these variables was seen to decrease with an increase in the Mg/Ca ratio, what was interpreted as the result of the decrease in the availability of several ions in the parent water, due to previous precipitation and to dilution in the solution, together with a greater efficiency in the maturation process of the precipitate. For P an inverse situation occurred, showing that it remained in solution whereas

Ca-rich carbonates precipitates. In Mg-rich basins P precipitates due to a greater pH and biological activity. The data set also showed greater homogeneity and specificity of conditions in the formation of magnesites, rather than in the formation of the dolomitic country rocks.

Sixteen samples were selected for carbon and oxygen isotopic analysis, representing the variation range for the Mg/Ca ratio and the granulation. A sequential attack was carried out, according to the mineral phase (1st calcite, 2nd dolomite and 3rd magnesite), changing time and temperature of the reaction with H₃PO₄ at 100%. The results revealed isotop compositions typical of carbonates precipitated in a restrict marine environment metamorphosed and of Proterozoic age. The magnesites can be included in the range proposed for Veitsch-type magnesites. A greater homogeneity in the hyper-magnesian carbonate basins was also indicated by the results, with fresh water contribution and the occurrence of anaerobic fermentation of organic matter and/or greater pHs. Comparison of the isotopic characteristics of co-existing dolomites and magnesites revealed different isotopic equilibrium and absence of isotopic homogeneity.

Ten samples were analysed for establishing the initial Sr ratio. The results reflected the action of radiogenic ⁸⁷Sr-rich hydrothermal fluids, being therefore not appropriate for paleoenvironmental interpretation. The inexistence of correlation between the ratios ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr and Mg/Ca showed independence between the Mg²⁺ and ⁸⁷Sr concentration processes. The wide variation of isotopic ratios is suggestive of a localized action of hydrothermal fluids, causing punctual homogeneization of this element, towards which its low concentration may have contributed.

The results allowed the proposition of a genetic model for the studied magnesite. The model comprises an early phase of precipitation of calcitic and dolomitic carbonates, in a marine and restricted marine environments, locally evaporitic. This phase is followed by the formation of magnesites in even more restricted basins, supratidal and with the influence of continental fresh water. The formation of these magnesites occurred by precipitation and enrichment in Mg²⁺ in the sedimentary environment due to maturation of the precipitated.

ATENÇAO, Daniel

Furcalita e outros minerais uraníferos secundários de Perus, São Paulo. 12 de julho. 147p. 1 vol. Orientador: Raphael Hypólito.

Resumo: Furcalita ocorre como preenchimento de fraturas no pegmatito granítico de Perus, noroeste do município de São Paulo, Brasil, constituindo agregados radiados de cristais eudrais de até 5 mm de comprimento. Os cristais apresentam cor amarelo-vivo, são transparentes e de brilho vítreo a adamantino. A cor do traço é amarelo-claro. A furcalita é quebradiça e apresenta fratura conchoidal. O mineral não é fluorescente. Dureza de Vickers = 86-95 (média 90,5) kg/mm², dureza de Mohs calculada 2,4. D_{medida} 4,22(4), D_{calc.} 4,220 g/cm³. Ópticamente, o mineral é biaxial (-), com α 1,677(2), β 1,732(2), γ 1,766(2), 2V_xmedido 75°, 2V_xcalc. 74°. A fórmula pleocróica é X = amarelo claro, Y = amarelo, Z = amarelo ouro, X = b, Y = a, Z = c, absorção X < Y < Z, dispersão r > v média, elongação positiva. O mineral é ortorrômbico, grupo espacial Pbc_a, a 17,415(2), b 16,035(3), c 13,598(3) Å, V 3.797(2) Å³, Z = 8. As sete reflexões mais intensas do padrão de difração de raios X [d em Å (I)(hkl)] são 8,863(3)(111 e 200), 8,014(100)(020), 7,648(3)(210), 4,008(15)(040), 3,844(4)(041), 3,128(3)(024 e 3,100(3)(502). A fórmula analítica, derivada de análises por microsonda eletrônica, é (Ca_{1,97}K_{0,05})₂₂O₂(UO₂)_{2,87}O_{1,93}(PO₄)_{1,90}(SiO₄)_{0,04}Σ_{1,94} 7.57H₂O. A curva de DTA apresenta um

pico endotérmico em 150 °C, correspondente a perda de H₂O, confirmada por TGA, e fusão a 900 °C. O espectro IR apresenta bandas de H₂O, PO₄ e UO₂. Furcalita é insolúvel em água e solúvel em HCl, HNO₃ e H₂SO₄, todos em concentração 1:1, a frio. A compatibilidade Gladstone-Dale é superior. Furcalita forma-se, provavelmente, a T ≤ 150 °C.

A estrutura cristalina da furcalita foi resolvida por métodos de difração de raios X de cristal único e refinada até R = 3,8% usando 2.065 reflexões observadas [I > 3σ(I)]. A estrutura consiste de camadas [(UO₂)₃O₂(PO₄)₂]⁴ⁿ⁻, paralelas a (010), conectadas por íons Ca²⁺ e H₂O. Os poliedros de coordenação são: para U(1) bipirâmide hexagonal; para U(2) e U(3) bipirâmides pentagonais; para Ca(4) e Ca(5) prisma trigonal monoencapuzado e dodecaedro triangulado, respectivamente; e para P(6) e P(7) tetraedros. Como consequência deste trabalho, a fórmula molecular da furcalita, previamente citada como Ca₂(UO₂)₃(PO₄)₂(OH)₄·4H₂O deve ser modificada para Ca₂(UO₂)₃O₂(PO₄)₂·7H₂O.

Outros minerais secundários de urânio associados à furcalita de Perus são autunita, torbernita, meta-autunita, metatorbernita, chernikovita, meta-uranocircita, fosfuranilita, uranofânio-alfa, uronofânio-beta, haiwecita, weeksita rica em bário, e, talvez, também bassetita, metatyuyamunita e meta-haiwecita. Opala, tridimita, cristobalita, quartzo secundário, saponita e rodocrosita ocorrem associados aos minerais de urânio.

Chernikovita é um novo nome de mineral proposto para (H₃O)₂(UO₂)₂(PO₄)₂·6H₂O em substituição a "hidrogênio autunita". A proposta para abandonar o nome "hidrogênio autunita" foi efetuada porque (a) o mineral contém íons oxônio (H₃O⁺); (b) o grau de hidratação não é aquele de minerais do grupo da autunita; e (c) o termo "hidrogênio autunita" foi utilizado para outros compostos naturais e artificiais.

Abstract: Phurcalite has been found filling fractures in the tourmaline-bearing granitic pegmatite of Perus, in the north-west part of São Paulo city, Brazil. It forms aggregates of radiating euhedral crystals up to 5 mm in length. The crystals are bright yellow, transparent and display vitreous to adamantine lustre. Its streak is pale yellow. Phurcalite is brittle, with a conchoidal fracture, and non-fluorescent. Vickers hardness = 86-95 (av. 90.5) kg/mm², calculated Mohs hardness about 2.4. D_{meas.} 4.22(4), D_{calc.} 4.220 g/cm³. Optically, the mineral is biaxial (-), with α 1.677(2), β 1.732(2), γ 1.766(2), 2V_Xmeas. 75°, 2V_Xcalc. 74°. Pleochroic scheme is X = pale yellow, Y = yellow, Z = golden yellow, X = b, Y = a, Z = c, absorption X < Y < Z, dispersion r > v medium, positive elongation. The mineral is orthorhombic, space group Pbc_a, a 17.415(2), b 16.035(3), c 13.598(3) Å, V 3797(2) Å³, Z = 8. The strongest seven lines of the X-ray diffraction pattern [d in Å (hkl)] are 8.863(3)(111 and 200), 8.014(100)(020), 7.648(3)(210), 4.008(15)(040), 3.844(4)(041), 3.128(3)(024) and 3.100(3)(502). The analytical formula derived from microprobe analysis is (Ca_{1.97}K_{0.05})Σ₂.02(UO₂)₂.87O_{1.93}[(PO₄)_{1.90}(SiO₄)_{0.04}]_Σ1.94·7.57H₂O. The DTA curve shows an endothermic peak at 150 °C, corresponding to loss of H₂O, as confirmed by TGA, and melting at 900 °C. IR spectrum show bands of H₂O, PO₄ and UO₂. Phurcalite is insoluble in water and soluble in cold 1:1 HCl, HNO₃ and H₂SO₄. Gladstone-Dale compatibility is superior. Phurcalite is probably formed at T ≤ 150 °C.

The crystal structure of phurcalite has been solved by single-crystal X-ray diffraction methods and refined to R = 3.8% using 2065 observed [I > 3σ(I)] reflections. The structure consists of [(UO₂)₃O₂(PO₄)₂]⁴ⁿ⁻ layers, parallel to (010), connected by Ca²⁺ ions and H₂O. The coordination polyhedra are: for U(1) hexagonal bipyramid; for U(2) and U(3) pentagonal bipyramids; for Ca(4) and Ca(5) capped trigonal prism and triangulated dodecahedron, respectively; and for P(6) and P(7) tetrahedra. As a consequence of this work, the molecular formula of phurcalite previously reported as Ca₂(UO₂)₃(PO₄)₂(OH)₄·4H₂O must be changed to Ca₂(UO₂)₃O₂(PO₄)₂·7H₂O.

Other secondary uranium minerals associated with Perus phurcalite arc autunite, torbernite, meta-autunite, metatorbernite, chernikovite, meta-uranocircite I, phosphuranylite, uranophane-alpha, uranophane-beta, hawecite, barian weeksite and perhaps also bassettite, meta-tyuyamunit and metahaiwecite. Opal, tridymite, cristobalite, secondary quartz, saponite and rhodochrosite occur associated to the uranium minerals.

Chernikovite is a new mineral name proposed for $(\text{H}_3\text{O})_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2,6\text{H}_2\text{O}$ superseding "hydrogen autunite". The proposal to discard the name "hydrogen autunite" has been made because (a) the mineral contains H_3O^+ ions; (b) the degree of hydration is not that of an autunite-group mineral; and (c) the term "hydrogen autunite" has been used for other natural and artificial compounds.

CAMPOS NETO, Mário da Costa

A porção ocidental da Faixa Alto Rio Grande - ensaio de evolução tectônica. 16 de dezembro. 210p. 1 vol. Orientador: Benjamim Bley de Brito Neves.

Resumo: A Faixa Alto Rio Grande (FARG) é uma Província Tectônica Uruaçuana, do Proterozóico Médio, instalada sobre fragmentos de um microcontinente aglutinado em orógenos sucessivos no Arqueano e no Proterozóico Inferior. Foi intensamente retrabalhada na orogênese neoproterozóica brasileira, cujos terrenos foram a ela acrescidos, como os terrenos suspeitos na Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (NESG), quando do sistema de colagens da Orogênese Cambriana Rio Doce.

Com uma abertura oceânica admitida há 1,7-1,8 Ga., iniciou-se o Ciclo Uruaçuano, no qual a FARG correspondeu a evolução de um arco vulcano-grauváquico separado de uma margem continental passiva, na borda sul-sudoeste do Cráton do São Francisco (CSF).

Em ambientes deposicionais dominados por processos de ressedimentação por fluxos gravitacionais de massa, grauvacas vulcano-clásticas de afinidades cálcio-alcalinas, associam-se a leques psamo-pelíticos distais. Controlados pela atividade vulcânica no arco e pela ascensão de um alto fundo que separou dois ambientes em um domínio de *back arc*, esses depósitos (Seqüência Depositional Andrelândia) representaram o período de maior expansão das bacias. Transicionaram, através de uma séric sedimentar condensada, a um estágio de convergência e de fechamento das bacias, que foram assoreadas por uma seqüência psamítica progradacional ou regressiva (Seqüência Depositional Itapira). Plutonismo alcali-cálcico, de arco magmático maduro (Granito Gnaisses Taquar), podem representar as últimas manifestações identificadas no domínio do arco vulcânico.

Depósitos psamíticos e subordinadamente pelito-carbonosos e pelito-carbonáticos, de um sistema deposicional costeiro (Seqüência Depositional Carrancas), foram transgressivos sobre restos de um estágio rife precursor (Seqüências Depositionais Carandaí, Lenheiro e Tiradentes) na margem continental passiva.

O substrato sílico antigo da FARG registrou a evolução de microplacas arqueanas, dominadas por uma sucessão de séries magmáticas cálcio-alcalinas. Foram marcadas por adelgaçamentos crustais e geração de bacias com extrusões máfico-ultramáficas de afinidades komatitíficas. Aglutinaram-se nas orogêneses do Proterozóico Inferior, organizadas de forma a constituir, na fragmentação e deriva uruaçuana, domínios coerentes como substrato do arco vulcânico (Migmatitos Amparo com os Ortognaisses Serra Negra e Seqüência Máfico-Ultramáfica Arcadas e o Complexo São Gonçalo do Sapucaí) e da margem passiva (Gnaisses Heliodora). Batólitos de uma séric cálcio-alcalina (Suíte Serra de São Gonçalo e Ortognaisses Serra do Quiabeiro), deformados e metamorfizados, foram os últimos registros, pós aglutinação, da história destes fragmentos crustais antigos.

A colisão do arco vulcânico contra a margem continental passiva (Subciclo Orogênico Taguar), registro há 1,4 Ga., embriçou, em um complexo sistema de cavalgamentos, lascas dos substratos antigos com as seqüências deposicionais, transportando-os contra o CSF. Esta pilha chegou a condições metamórficas no limite entre os graus médio-forte, materializando a foliação S_1 nas supracrustais. Estruturas relacionadas com outro evento colisional (Subciclo Orogênico Andrelandiano) marcaram, há cerca de 1,1 Ga., o fim da evolução dos ambientes deposicionais uruçuano. O cisalhamento dúctil, dentro das lascas alóctones e no transporte retomado contra o CSF, levou ao empilhamento de nappes anticlinais, soterradas, no domínio interno da FARG, a condições de grau médio, zona de sillimanita, de um metamorfismo barrovião materializado na foliação S_2 .

A esta dinâmica de placas opo-se, há 1,3 Ga., regimes de intenso adelgaçamento crustal, que foram precursores do espaço oceânico do Ciclo Tectônico Brasileiro. Uma longa evolução de um arco magmático tipo cordilherano e de natureza compressional, mantém registros até 650 Ma. Um estágio orogênico colisional foi registrado em intenso imbricamento de distintos andares crustais, a partir dos granulitos inferiores, provavelmente descolados sob altas pressões. A ascensão e transporte, para NW, do arco magmático da província brasileira, foi acompanhado de um metamorfismo de baixa pressão e anatexia das supracrustais.

A FARG comportou-se como um orógeno, transpressivo ao longo de cinturões transcorrentes destrais, orientados E.NE-W.SW, oblíquos à compressão advinda da dinâmica do arco magmático e do fechamento do espaço oceânico na Orogênese Brasileira. Um dobramento assimétrico e inclinado para o interior das zonas em transpressão, ocorreu sob condições (grau fraco, zona da biotita) compatíveis com a estabilização metamórfica nas zonas de cisalhamento. Seguiram-se domínios em transtensão, com a abertura de bacias lacustres (Formação Pouso Alegre e Eleutério).

A estabilização da Orogênese Brasileira se deu há 585-600 Ma., com as séries plutônicas subalcalinas e do tipo-A, intrusivos no interior da NESG.

Episódios orogênicos cambrianos, relacionados com a evolução de nova microplaca (a Orogênese Rio Doce), retomaram o campo de esforços anterior e cresceram a raiz do arco magmático brasileiro sobre a FARG, como os terrenos suspeitos da NESG. Esses domínios tectônicos, agora justapostos, foram dobradas em estruturas anticlinoriais E.NE-W.SW, que admitiram uma clivagem e crenulação e clivagem ardósiana como plano axial. O extremo ocidental da FARG foi redobrado na Inflexão Bueno Brandão-Sapucaí, como uma megaestrutura em bainha, devida ao avanço episódico da NESG para noroeste.

Um regime compressivo, quase perpendicular, deixou os últimos registros deformacionais. Um amplo dobramento N-S se superpôs aos anteriores e as zonas de cisalhamento verticais foram retomadas com tração (aquelas próximas a E-W), ou em transcorrência rúptil destrai (aquelas a NE-SW). Essas deformações seguiram um magmatismo sienito-granítico restrito.

No Ordoviciano Inferior o domínio da FARG e da NESG entrou em condições plataformais.

Abstract: The Alto Rio Grande Belt (FARG) is a Middle Proterozoic Uruçuano tectonic province thrust upon fragments of a microcontinent which came together in successive orogenies during the Archean and Early Proterozoic. It was strongly reworked in the Late Proterozoic Brasileiro orogeny, whose terranes - the suspect terranes of the Socorro-Guaxupé Thrust Nappe (NESG) - were accreted to it during the Cambrian Rio Doce orogeny.

The Uruçuano cycle may have begun at 1.8-1.7 Ga by an oceanic opening and the FARG corresponds to the products of a graywacke-volcanic arc, separated from a passive continental margin in the

south-southwest border of the São Francisco Craton (CSF).

Calc-alkaline volcano-clastic graywackes are associated to distal psammo-pelitic fans in depositional environments dominated by gravity flow reworking processes. These deposits (Ardrelândia Depositional Sequence) formed during the main basin expansion and were controlled by volcanic arc activity and by a rise which separated two environments in a back-arc domain. A condensate sedimentary series represent a transition to a convergent stage and during closure the basin was filled by a prograded or regressive psammitic sequence (Itapira Depositional Sequence). Alkali-calcic plutonism of a mature magmatic arc (Taguar Granite Gneisses) may represent the last identified manifestation of the volcanic arc domain.

Psammitic and subordinately carbonaceous - and carbonatic-pelitic deposits, from a costal system (Carrancas Depositional Sequence), transgressed over remains of a precursor rift stage (Carandaí, Lenheiro and Tiradentes Depositional Sequences) in the passive continental margin.

The old sialic terranes of the FARG registered the evolution Archean microplates dominated by a succession of calc-alkaline magmatic series. The microplates were marked by crustal thinning and generation of basins with komatiite-like mafic-ultramafic rocks. During the Early Proterozoic orogenies they were welded and during the Uruaçuano fragmentation and drift constituted coherent domains as both volcanic arc (Amparo Migmatites with Serra Negra Orthogneisses and Arcadas Mafic-Ultramafic Sequence and São Gonçalo do Sapucaí Complex) and passive margin (Heliódora Gneisses) basements. Deformed and metamorphosed calc-alkaline batholiths (Serra de São Gonçalo Suite and Serra do Quiabeiro Orthogneisses) were the last records of the post-welding history of these old crustal blocks.

The collision of the volcanic arc with the passive continental margin (Taguar Orogenic Subcycle), registered at 1.4 Ga, piled up slices of old basement and the depositional sequences in a complex thrust system and transported it towards the CSF. This pile reached the limit between medium and high grade metamorphic conditions which promoted the S_1 foliation in the supracrustals. Another collisional event (Ardrelândiano Orogenic Subcycle), at about 1.1 Ga, is marked by related structures and marks the end of the Uruaçuano depositional environment evolution. Ductile shearing in the allochthonous slices together with a new transport towards the CSF led to the piling up of anticlinal nappes under medium grade, sillimanite zone, Barrovian type metamorphism related to the S_2 foliation, in the western internal domain of the FARG.

At 1.4 Ga, strong crustal thinning regimes which preceded the formation of oceanic basins of the Brasiliano tectonic cycle opposed the plate dynamics which acted previously. A long evolution of a cordilleran-type magmatic arc of compressional nature lasted up to 650 Ma. A collisional orogenic event was registered by tectonic stacking of distinct crustal segments, starting with the lowermost granulites which were probably decoupled under high pressures. The upward movement and northwestward transport of the Brasiliano magmatic arc was followed by low pressure metamorphism and anatexis of the supracrustals.

The FARG acted as a transpressive orogen along dextral transcurrent belts, ENE-WSW oriented, oblique to the compression of the magmatic arc dynamic phase and the direction of closing of the oceanic basin in the Brasiliano Orogeny. Asymmetric folding, tilted to the interior of the transpressive zones, occurred under low grade, biotite zone, metamorphic conditions compatible with metamorphic stabilization in the shear zones. Transtensive regimes followed with the opening of lacustrine basins (Pouso Alegre and Eleutério Formations).

Stabilization of the Brasiliano Orogeny occurred at 585-600 Ma with A-type subalkaline plutonic series intrusive into the interior of the NESG.

Cambrian orogenic episodes related to the evolution of a new microplate (the Rio Doce

Orogeny) resume the earlier stress field and accreted the Brasiliano magmatic arc over the FARG, as the suspect terranes of the NESG. These tectonic domains, now juxtaposed, were folded in ENE-WSW anticlinorial structures which have axial plane crenulation and slaty cleavages. The westernmost portion of the FARG was refolded as a megasheath fold, in the Bueno Brandão-Sapucaí Inflection, due to the northward episodic movement of the NESG.

An almost perpendicular compressive regime is responsible for the last deformational records, a N-S open folding is superposed onto the earlier and the vertical shear zones were reactivated in extensive regimes (the near E-W previous zones) or in dextral brittle transcurrency (the near NE-SW ones). These deformations followed a restricted syenite-granitic plutonism.

In the Early Ordovician the FARG and NESG domain reached platformal conditions.

FERREIRA, Francisco José Fonseca

Aerogamaespectrometria e aeromagnetometria de um trato ocidental do Pré-cambriano Paulista.
23 de setembro. 150p. 1 vol. Orientador: Benjamim Bley de Brito Neves.

Resumo: Neste trabalho foram processados dados aerogamaespectrométricos e aeromagnetométricos corrigidos, distribuídos em área aproximada de 20.000 km² entre São Paulo e Pirassununga (SP), limitada pelas seguintes coordenadas: 47°30'/22°00'; Div.SP-MG/22°00'; 46°30'/Div.SP-MG; 46°30'/23°45'; 47°30'/23°45'. As linhas de vôo foram espaçadas de 1 km, perfazendo cerca de 21.000 km de perfis. As medidas foram tomadas a cada 100 m e a uma altura média constante sobre o terreno de 150 m. Nos capítulos pertinentes à aerogamaespectrometria foram gerados e geologicamente interpretados mapas de contorno de K, U, Th, U/Th, K/U, K/Th e F = K.U/Th, todos em escala 1:500.000. Inclui também comparações, visual e numérica, entre dados de espectrometria gama terrestres e aéreas da Suíte Intrusiva de Itu, em escala 1:200.000; além de correlações entre informações aerogamaespectrometria e geológicas de alguns maciços granitóides como Sorocaba, São Francisco e Morungaba, os quais possuem mapeamentos faciológicos. Em relação à aeromagnetometria, foi elaborada uma interpretação qualitativa a partir dos produtos da aplicação de diversos filtros como gaussiano, passa-baixa, continuação para cima, redução ao pólo e susceptibilidade magnética aparente bem como uma tentativa preliminar e simplificada de integração com dados geológicos disponíveis. Os principais resultados obtidos foram os seguintes: 1) a comparação entre dados aerogamaespectrométricos e geológicos, a níveis de semidetalhe (1:50.000), das Suietes Granitóides de Itu, Sorocaba, São Francisco e Morungaba mostrou-se satisfatória no que diz respeito à individualização de corpos; discriminação de segmentos distintos e/ou unidades de mapeamento; relações entre os padrões de zonidade das fácies e a distribuição dos níveis de radiação de K, U e Th. 2) Em geral, foram sugeridas, a partir dos dados aerogamaespectrométricos, aeromagnetométricos e do cotejo com informações geológicas, classificações para as rochas granitóides segundo as principais proposições correntes na literatura internacional. 3) A partir da parametrização aeromagnética dos terrenos pré-cambrianos expostos, foi possível inferir o arcabouço tectônico do embasamento oculto sob sedimentos e lavas da Bacia do Paraná, baseado nos diversos mapas filtrados. Outro aspecto interessante foi a definição de uma borda tectônica da bacia, na área estudada, que, além de condicionar o *emplacement* dos granitóides pertencentes ao *Itu Belt*, pode ter, uma vez reativada, influenciado a sedimentação nessa bacia. 4) Finalmente mostrou-se que os métodos utilizados constituem importantes ferramentas de trabalho, os quais podem contribuir para o conhecimento dos granitóides e do arcabouço tectônico assim como para o estudo de suas potencialidades metalogênicas.

Abstract: This work includes processing and interpretation of airborne spectrometric and magnetometric data of a 20,000 km² area between the cities of São Paulo and Pirassununga (São Paulo State, Brazil), limited by the following coordinates: 47°30'W/22°00'S; SP-MG boundary/22°00'S; 46°30'W/SP-MG boundary; 46°30'W/23°45'S; 47°30'W/23°45'S. The space between flight was 1 km and the total length of profiles was 21,000 km. The sampling interval along profiles was 100 m and terrain clearance was approximately constant and equal to 150 m. Spectrometric maps were produced and interpreted, showing isorad curves for K, U and Th channels, U/Th, K/U and K/Th ratios, and $F = K.U/Th$; the common scale was 1:500,000. Visual and numerical comparisons were presented between ground and airborne spectrometric data of Itu Intrusive Suite at scale 1:200,000, and correlations were made between spectrometric and geological data of some granitoids as Sorocaba, São Francisco and Morungaba. As for magnetometry, a qualitative interpretation was carried, based on the products of a variety of filtering processes as gaussian, low-pass, upward continuation, reduction-to-the pole and apparent magnetic susceptibility, as a preliminary and simplified trial of integration with available geological data. Main results are the following ones: 1) a comparison between spectrometric and geological data at scale 1:50,000 of Itu, Sorocaba, São Francisco and Morungaba Granitoids showed satisfactory individualization of the bodies, discrimination of different sectors and/or mapping units and relations between facies zonality patterns and distribution of radioactivity levels of K, U and Th channels; 2) airborne spectrometric and magnetometric data compared with geological data generally suggest classifications for granitoid rocks following main current proposals of international literature; 3) on the basis of magnetometric features of outcropping Precambrian terrains and with the help of filtered maps, it was possible to induce the tectonic framework of the basement complex covered by sediments and lavas of Paraná Basin, with the help of filtered maps. Another interesting aspect was the definition of the tectonic border of this basin inside the studied area, which not only controlled the localization of Itu Belt Granitoids, but also may have affected the sedimentation in the basin by reactivation processes; 4) Finally it was shown that used methods are important mapping tools, which may contribute for the knowledge of the granitoids and the tectonic framework and for the study of metallogenic potential.

FRAGOSO CESAR, Antonio Romalino Santos

Tectônica de placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul. 05 de dezembro. 367p. 1 vol. Orientador: Mario Cesar Heredia de Figueiredo.

Resumo: A exposição do Escudo Gaúcho no Rio Grande do Sul compreende duas faixas móveis brasileiras de orientação geral em torno de NE-SW tectonicamente justapostas: (1) O Cinturão Dom Feliciano e (2) o Cinturão Ribeira. Antes desta justaposição, que deve ter ocorrido no Cambriano Superior (≤ 530 Ma.), estes cinturões tiveram evoluções separadas e distintas relacionadas ao desenvolvimento de dois oceanos neoproterozóicos e suas interações com uma massa continental interposta: (1) o Oceano Adamastor, situado a leste do Continente Rio de La Plata e envolvido nas orogenias do Cinturão Dom Feliciano, e (2) o Oceano Charrua, a oeste deste continente e responsável pelas orogenias do Cinturão Ribeira.

A edificação do Cinturão Dom Feliciano resulta de três orogenias superpostas: (1) a Orogenia Piratini (885-775 Ma.), um sistema andino-tipo representado por (meta)granitóides calci-alcalinos de raiz de arco magmático e por (meta)seqüências vulcano-sedimentares de bacia de retro-arco; (2) a Orogenia

Porongos (650-620 Ma.), caracterizada pela colisão do sistema anterior contra a margem oriental do Continente Rio de La Plata afetando seu embasamento e cobertura miogeoclinal com o empilhamento de nappes das unidades pré-colisionais sob condições metamórficas variáveis de xistos verdes inferior a anfíbolito superior e geração de *sheets* sin- e tardi-tectônicas de leucogranitos e, refletindo o relevo então criado, sedimentação *flysch* localmente preservada; e (3) a Orogenia Serra do Herval (~550 Ma.), um evento tardi-colisional transpressional relacionado à instalação de grandes zonas de cisalhamento subverticais sinistrais, dobramentos em padrão "domo & bacia" e intensa formação de granitos subalcalinos associados a enxames de diques riolíticos, platôs riolíticos e pequenos corpos básico-ultrabásicos às expensas de fusões crustais profundas e mantélicas associadas, em superfície, à espessa (~6.000 m) sedimentação *flysch & molasse* na Antefossa Camaquã.

Como resultado da interação entre o Oceano Charrua e o Continente Rio de La Plata também ocorreram três orogenias na formação do Cinturão Ribeira no Rio Grande do Sul, cujas distinções decorrem de sua disposição neste, se no Bloco São Gabriel ou no Bloco Taquarembó, limitados ao longo dos eventos orogênicos pela Transformante Ibaré: (1) a Orogenia Cambaí ($\geq 770 - \geq 650$ Ma.), cujos produtos estão restritos ao Bloco São Gabriel, representa a geração de um sistema de arco de linhas no Oceano Charrua por subdução oceânica para oeste e instalação de um arco magmático intra-oceânico constituído por (meta)granitóides calci-alcalinos de baixo-K e baixa razão inicial Sr^{87}/Sr^{86} ($\leq 0,7040$) e por (meta)seqüências vulcânicas e vulcano-clásticas toleíticas de alta Al_2O_3 a calci-alcalinas de baixo-K de bacia de ante-arco limitado a sudeste de uma região continental através da Transformante Ibaré, sobre a qual formou-se uma bacia de cisalhamento com sedimentação *flysch*; (2) a Orogenia Rio Vacacá (~650 Na), referida à obdução sobre a margem ocidental do Continente Rio de La Plata e de sua cobertura miogeoclinal de nappes e escamas tectônicas de ofiolitos, ortognaisses e xistos diversos do sistema de arco de ilhas da orogenia anterior sob condições metamórficas variáveis de xistos verdes inferior a anfíbolito superior e geração de granitóides calci-alcalinos por subdução residual e sedimentação molássica, sendo o conjunto alóctone restrito ao Bloco São Gabriel e balizado a sudoeste pela Transformante Ibaré durante seu transporte tectônico; e (3) a Orogenia Bom Jardim (< 650 - < 530 Ma.), um sistema andino-tipo *in situ*, pouco deformado e não metamórfico, exposto nos Blocos São Gabriel e Taquarembó cujas distinções devem-se às duas zonas de subdução do Oceano Charrua sob o Continente Rio de La Plata situadas a oeste e limitadas pela Transformante Ibaré, sendo a mergulhante sob o Bloco Taquarembó mais afastada que a em subdução sob o Bloco São Gabriel, refletindo em plutonismo calci-alcalino a shoshonítico de raiz de arco magmático com polaridade para leste e razões iniciais Sr^{87}/Sr^{86} variáveis de 0,7045 a 0,7067 no Bloco São Gabriel, enquanto no Bloco Taquarembó, com igual polaridade, o plutonismo avança até alcalino e possui razões iniciais Sr^{87}/Sr^{86} mais elevadas, entre 0,7070 e 0,7077. Contemporânea a este plutonismo e caracterizando em superfície esta polaridade para leste formou-se uma bacia de retro-arco, particularmente bem preservada no Bloco São Gabriel, composta por seqüências progradacionais com igual sentido de depósitos *flysch & molasse* intercalados com vulcanismo consangüíneo ao plutonismo de arco magmático.

Marcando o encerramento dos eventos orogênicos dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira, possivelmente quando eles então se conjugaram graças ao transporte tectônico de terrenos do Cinturão Dom Feliciano por falhamentos transcorrentes tardi-colisionais, o Escudo Gaúcho no Rio Grande do Sul, refletindo o estiramento crustal do período, foi reestruturado em *horsts* e *grábens*, sendo o produto da erosão daqueles depositados nestes como *molasse* durante o Evento Pós-Orogênico Guaritãs (< 530 Ma.).

Após o término do Ciclo Brasileiro no Rio Grande do Sul foi seu escudo reativado no Evento Anorogênico Serra Tupanci durante o Ordoviciano (~465 Ma.) por intrusões graníticas plutônicas e hipobássais localizadas associadas a vulcanismo ácido alcalino. Com o encerramento deste evento reinaram

as condições plataformais de estabilidade tectônica no Rio Grande do Sul, como bem atestam as seqüências neopaleozóicas da Bacia do Paraná neste Estado, só rompidas durante a reativação mesozóica ligada à abertura do Oceano Atlântico e o início de um novo "Ciclo de Wilson".

Abstract: The Gaúcho Shield in Rio Grande do Sul State is made up of two tectonically juxtaposed NE-SW Late Proterozoic-Early Paleozoic mobile belts, the Dom Feliciano and Ribeira Belts. Before the Late Cambrian (≤ 530 Ma) juxtaposition, these belts had separate and distinct evolutions related to the development of two Late Proterozoic oceanic basins and their interaction with an interposed continent. The Adamastor Ocean eastward of the Rio de La Plata Continent is related to the Dom Feliciano Belt orogenies while the Charrua Ocean westward of that continent is responsible for the Ribeira Belt orogenies.

The building up of the Dom Feliciano Belt is the result of three superposed orogenies, named Piratini, Porongos and Serra do Herval.

The Piratini Orogeny (885-775 Ma) is an Andean-type system with calc-alkaline metagranitoids and back-arc metavolcano-sedimentary sequences.

The Porongos Orogeny (650-620 Ma) is characterized by collision of the earlier system with the eastern margin of the Rio de La Plata Continent, affecting both its basement and miogeoclinal cover, with the piling up of nappes formed from the precollisional units. Metamorphism was of lower greenschist to upper amphibolite facies. Generation of syn and late tectonic leucogranitic sheets and, reflecting the ongoing uplift, locally preserved flysch sedimentation also occur.

The Serra do Herval Orogeny (ca. 550 Ma) is a late collisional transpressional event related to large sinistral subvertical shear zones, dome and basin-like folding, and generation of subalkaline granites associated to rhyolitic dyke swarms, rhyolitic plateaus, and small basic-ultrabasic bodies, due to mantle and deep crustal melts, associated to the thick (ca. 6,000 m) flysch and molasse sedimentation in the Camaquã Foredeep.

Three orogenies also occur in the Ribeira Belt and result from the interaction between the Charrua Ocean and the Rio de La Plata Continent. Their distinction is due to their occurrence either in the São Gabriel Block or in the Taquarembó Block, separated during the orogenic events by the Ibaré Transform Fault.

The Cambaí Orogeny ($\geq 770 - \geq 650$ Ma), whose products are restricted to the São Gabriel Block, represents the generation of an island arc system in the Charrua Ocean by westward ocean plate subduction with the formation of an intraoceanic magmatic arc made up of low-K calc-alkaline metagranitoids with low $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ initial ratio (0.7040) and by metamorphosed volcano-clastic-volcanic sequences ranging from high-Al tholeiitic to fore-arc low-K calc-alkaline. This magmatic arc is separated at SW from a continental region by the Ibaré Transform Fault over which was formed a shear basin with flysch sedimentation.

The Rio Vacacaí Orogeny (ca. 650 Ma) refers to the obduction over the western margin of the Rio de La Plata Continent and its miogeoclinal cover, of nappes and tectonic slices of ophiolites, orthogneisses and schists of the island arc system of the earlier orogeny. Metamorphism was of the lower greenschist to upper amphibolite facies. Generation of calc-alkaline granitoids by residual subduction and molassic deposition occurred as well. The allochthonous terrain formed by this orogeny is restricted to the São Gabriel Block and was limited southwestwards by the Ibaré Transform Fault during the tectonic transport.

The Bom Jardim Orogeny ($\leq 650 - \leq 530$ Ma) is a little deformed, non-metamorphosed, autochthonous Andean-type system exposed in the São Gabriel and Taquarembó blocks whose distinctions

are due to the different locations of the subduction zones on either side of the Ibaré Transform Fault. The subduction zone under the São Gabriel Block is reflected by a calc-alkaline to shoshonitic plutonism with eastward polarity and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ initial ratios ranging from 0.7045 to 0.7067 while that under the Taquarembó Block, with the same polarity, reaches alkaline compositions and has $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ initial ratios of 0.7070 to 0.7077. This same eastward polarity was formed at the surface by a coeval back-arc basin with prograded flysch and molasse deposits intercalated with volcanism, consanguineous with the magmatic arc plutonism, particularly well exposed in the São Gabriel Block.

At the end of the Dom Feliciano and Ribeira belts orogenic events, possibly when they came together due to the tectonic transport of the Dom Feliciano Belt terrains by late collisional transcurrent faults, the Gaúcho Shield in Rio Grande do Sul State was restructured in horsts and grabens by crustal stretching with deposition of molasse in the grabens during the Guaritas PostOrogenic Event (< 530 Ma).

After the end of the Brasiliano Cycle in Rio Grande do Sul State the Gaúcho Shield was reactivated by the Serra do Tupanci Anorogenic Event during the Ordovician (ca. 465 Ma) by localized plutonic and hypabyssal granitic intrusions associated to alkaline acid volcanism. After this event, tectonically stable platform conditions were reached in Rio Grande do Sul State, as attested by the Late Paleozoic Paraná Basin sequences, reactivated during the Mesozoic due to the Atlantic Ocean opening with the beginning of a new Wilson Cycle.

IWANUCH, Woldemar

Geologia dos complexos alcalinos proterozóicos do centro do Estado do Tocantins. 09 de setembro. 202p. 1 vol. Orientador: Umberto Giuseppe Cordani.

Resumo: Os Complexos Alcalinos de Estrela e Eldorado localizam-se na parte central do Estado do Tocantins; o primeiro, em partes dos municípios de Porto Nacional e Paraíso do Tocantins e o segundo, no município de Barrolândia.

O Complexo Alcalino de Estrela é constituído por uma série de corpos tabulares, alongados e mais ou menos paralelos, orientados no sentido NNE-SSW, que exibem mergulhos moderados a subverticais voltados para SE, com espessura inferior a 300 metros. Esse complexo estende-se por mais de 21 km e é afetado por vários sistemas de falhas; o mais importante destes sistemas tem direção NNE, é subparalelo ao complexo e corresponde a uma falha transpressional de provável deslocamento dextral, que produz interdigitações e intercalações entre rochas encaixantes e diques de rochas alcalinas, além do desenvolvimento de uma foliação inicial. O outro sistema de falhas importante, de direção N50-60W e *en echelon*, corta o sistema de direção NNE e segmenta, bascula e rotaciona os corpos de rochas alcalinas e a foliação metamórfica e cataclástica anterior.

O Complexo Alcalino de Eldorado é constituído por vários corpos maiores com formas irregulares e dimensões variadas. O corpo maior abrange uma área com cerca de 0,75 km² e uma série de corpos menores, cuja largura em geral não ultrapassa 100 metros, com comprimento de 200 a 1000 metros que tendem a alongar-se no sentido WNW-ESE. Esse conjunto apresenta uma estruturação ondulada, resultante de dois grupos de dobras com eixos direcionados para NW e NE.

Ambos os complexos são constituídos predominantemente por gnaisses e granofels leucocráticos, meta-aluminosos, miaskíticos e sódicos, correspondendo petrograficamente a litchfielditos, mariupolitos, miaskitos s.s., nefelina sienitos, sienitos, monzossienitos com nefelina, com raros nefelinólitos e pegmatitos alcalinos. As texturas exibidas pelos gnaisses e granofels dos dois complexos são

predominantemente características de processos metamórficos e metamórfico-metassomáticos, apresentando várias gerações de minerais.

Esses complexos alcalinos estão alojados nas rochas metamórficas do "Complexo Goiano", de idade arqueana, que apresentam associações de minerais compatíveis com a fácies metamórfica almandina-anfibolito alta; fora da zona de influência do falhamento transpressivo, o grau metamórfico é um pouco mais brando. O "Complexo Goiano" e os complexos alcalinos se sotopõem às rochas metassedimentares do Grupo Estrondo (Formação Morro do Campo) em aparente não-conformidade. O metamorfismo do Grupo Estrondo é datado de 580 Ma, em isócrona Rb-Sr em rocha total. Dados radiométricos U-Pb em zircão de sienito do Complexo Alcalino de Estrela em diagrama de Wetherill indicam idades de 540 Ma., enquanto a determinação Rb-Sr convencional indica 1.520 Ma.; a primeira é considerada a idade de formação de zircão do Ciclo Brasileiro por metassomatose, sendo a segunda considerada indicativa da idade de cristalização das rochas alcalinas.

Os complexos alcalinos de Estrela e Eldorado são provavelmente coevos e resultaram de uma seqüência de processos de múltiplos estágios que envolveram fenômenos magnéticos e pelo menos dois diferentes eventos metamórfico-metassomáticos.

Abstract: The Estrela and Eldorado Alkaline Complexes are located in the central part of Tocantins State, central Brazil; the former is located in parts of Porto Nacional and Paraíso do Tocantins townships, and the latter in Barrolândia township.

The Estrela Alkaline Complex is made up of a series of tabular, elongated, roughly parallel former dikes, lying in a NNE-SSW direction, exhibiting a moderate to steep dips to the SE, with thicknesses less than 300 meters. The complex extends over more than 21 km. It is affected by several fault systems. The most important of these systems trends NNE, is subparallel to the complex and corresponds to a transpressional fault of probable dextral displacement, leading to a complex mingling of country rocks and alkaline dikes, and the development of an early foliation. The other important fault system, in the N50-60W direction and *en echelon*, cuts the NNE system, further segmenting, tilting and rotating the alkaline bodies and the previously acquired metamorphic and cataclastic foliation.

The Eldorado Alkaline Complex is constituted by several larger bodies with irregular shapes and various dimensions. The largest body covers and outcrop area of about 0.75 km², and a series of smaller bodies elongated in an approximately WNW-ESE direction, usually less than 100 meters thick and about 200 and 1000 meters long; a wavy structure is here observed resulting from a superposed pair of fold sets with NW and NE axes, respectively.

Both complexes are predominantly made up of leucocratic, meta-aluminous, miaskitic and sodic gneisses and granofels, petrographically corresponding to litchfieldites, mariupolites, miaskites s.s., nepheline syenites, syenites, nepheline bearing monzosyenites, also with scarce occurrences of nephelinolites and alkaline pegmatites. Gneissic and granofelsic textures and structures are predominant in both complexes. Several mineral generations can be determined as a result of string metamorphic and metasomatic processes.

These alkaline complexes are associated with the "Complexo Goiano" metamorphic rocks of Archean age that present mineral assemblages consistent with a high almandine-amfibolite metamorphic facies; outside of the influence zone of the transpressive faulting, metamorphic grade is somewhat lower. The "Complexo Goiano" and the alkaline complexes underlie the metasedimentary rocks of the Estrondo Group (Morro do Campo Formation) in

an apparent non-conformity. Metamorphism in Estrondo Group is dated at 580 Ma by whole-rock Rb-Sr isochron. Zircon U-Pb dating from the syenites of the Estrela Alkaline Complex indicates ages of 540 Ma on the Wetherill diagram, whereas a Rb-Sr age determination indicates 1530 Ma. The age of 540 Ma is considered to indicate metasomatic zircon formation in the Brasiliano Cycle, whereas the older age is considered to indicate a minimum age of crystallization for the alkaline rocks.

The Estrela and Eldorado Alkaline Complexes are probably coeval and resulted from a sequence of multiple-stage processes evolving a magmatic stage and at least two different metamorphic-metasomatic events.

UHLEIN, Alexandre

Transição cráton-faixa dobrada: exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasiliano) no Estado de Minas Gerais. Aspectos estratigráficos e estruturais. 20 de maio. 295p. 1 vol. Orientador: Roland Raymond Trompette.

Resumo: Esta tese desenvolve um estudo estratigráfico, sedimentológico e estrutural sobre a transição entre as províncias brasileiras/pan-africanas do Cráton do São Francisco e da Faixa de Dobramentos Araçuaí, na região centro-norte do Estado de Minas Gerais.

Três domínios estruturais foram caracterizados pela intensidade da deformação e do metamorfismo brasileiro (~600 Ma.): domínio externo, representado pela borda oriental do Cráton do São Francisco; domínio transicional, correspondendo às unidades mais externas da Faixa Araçuaí; e domínio interno, com unidades mais transformadas e apresentando metamorfismo de fácies anfíbolito.

As principais unidades litostratigráficas estão representadas pelo embasamento, de idade arqueana ou transamazônica (2000 Ma.), os metassedimentos do Supergrupo Espinhaço, de idade proterozóica média, do Supergrupo São Francisco e do Grupo Macaúbas, de idade proterozóica superior, o Complexo Salinas (um provável equivalente do Grupo Macaúbas) e os granitóides leucocráticos brasileiros. O embasamento aflora nos três domínios descritos. O Sg. São Francisco constitui uma cobertura do Cráton do São Francisco. O Sg. Espinhaço ocorre no domínio cratônico e também no domínio transicional. O Gr. Macaúbas aflora no domínio transicional e o Complexo Salinas, assim como os granitóides, ocorrem no domínio interno.

O Supergrupo Espinhaço foi depositado num *rift* continental sub-meridiano. A individualização *rift* iniciou-se com um vulcanismo ácido a intermediário subcalino e prosseguiu com a sedimentação de Sequência Inferior (Formações São João da Chapada e Sopa-Brumadinho), na forma de um sistema de leques aluviais que passa, lateralmente, para fácies marinho raso. Para o topo, a sedimentação mostra relativa estabilidade tectônica que caracteriza a Sequência Média (sistema desértico costeiro) e Sequência Superior (sistema marinho raso com ciclos transgressivos e regressivos). Um tectonismo epirogenético, com intrusão de rochas básicas toleíticas continentais e uma glaciação, marcam a passagem entre o Proterozóico Médio a Superior. Na margem oeste, associado ao relevo deste tectonismo, depositou-se a Formação Jequitá (fácies glácio-continental) que passa, lateralmente, para a sedimentação glácio-marinha, em parte retrabalhada como fluxos gravitacionais e correntes de turbidez que caracterizam o Grupo Macaúbas e o Complexo Salinas. Os turbiditos finos e mais distais constituem o Complexo Salinas. Esta evolução faciológica de oeste para este indica a passagem de um domínio continental sob influência glacial para uma plataforma continental e uma bacia marinha profunda, as duas últimas separadas por um

paleotalude, com fácies de leque submarino. Esta bacia assimétrica constitui o prisma de uma margem continental passiva. Para oeste, a fácies glácio-continental desaparece e o Grupo Bambuí (parte superior do Supergrupo São Francisco) repousa diretamente sobre o embasamento do Cráton do São Francisco, não tendo sido identificado na Faixa Araçuaí, devido a não deposição ou erosão. Os metassedimentos do Grupo Bambuí foram depositados em ambiente marinho raso e, para o topo, mostram fácies deltaica e fluvial *braided*, sugerindo sedimentação molássica (Formação Três Marias).

A estrutura da Faixa Araçuaí (domínios transicional e interno) é progressiva (fases D_{p-1} e D_p) e polifásica (D_{p+1}). A deformação principal (D_p) é caracterizada por uma sucessão de zonas com dobras assimétricas com vergência para oeste, separadas por corredores de cisalhamentos dúcteis. Esta deformação (D_p) se manifesta por uma xistosidade S_p e uma lineação de estiramento (L_x) proeminente, que indica um transporte de material de leste para oeste, em direção do Cráton do São Francisco. Muito localmente, identificou-se ainda, uma xistosidade S_{p-1} que representa, provavelmente, uma manifestação precoce da D_p (deformação progressiva). A fase D_{p+1} está relacionada a dobras abertas e uma clivagem de crenulação (S_{p+1}) pouco penetrativa. O metamorfismo regional está associado a deformação principal. Ele aumenta do anquimetamorfismo à fácies xisto verde, junto a borda cratônica, evolui até a fácies xisto verde alto (cianita) no domínio transicional e à fácies anfíbolito alto no domínio interno. Os granitóides são na maior parte sintectônicos, do tipo S, leucocráticos, geralmente a duas micas, com granada, cordierita e silimanita.

A Faixa Araçuaí representa a parte setentrional do flanco ocidental de um megaórgeno, separado, posteriormente, pela abertura do Oceano Atlântico, no início do Mesozóico. A cadeia é caracterizada por uma deformação do tipo cisalhamento simples, com vergência para oeste. O substrato é, dentro da zona estudada, síalico. A tectogênese brasileira está relacionada ao intervalo 600-500 Ma.

Abstract: It is a stratigraphical, sedimentological and structural study of the transitional zone between two Brasiliana (= Pan-African) Provinces: the São Francisco Craton and the Araçuaí Fold Belt, both located in Central-North Minas Gerais.

Three main structural domains can be distinguished using the intensity of Brasiliano (~600 Ma) deformation and metamorphism. The external domain is represented by the eastern border of the São Francisco Craton. In the transitional domain outcrop the external structural units of the Araçuaí Fold Belt and in the internal domain the highly deformed and metamorphosed internal units.

The main lithostratigraphic units involved are Archean and/or Transamazonian (2000 Ma) basement, Middle Proterozoic metasediments of the Espinhaço Supergroup, Upper Proterozoic metasediments of the São Francisco Supergroup, the Macaúbas Group and the Salinas Complex and finally Brasilianos granitoids. The basement outcrops on the craton and in the external domain where it is polycyclic. The cover of the São Francisco Craton is made of São Francisco Supergroup. The Espinhaço Supergroup is found in both external and transitional domains. The Macaúbas Group is confined to the transitional domain and the Salinas Complex and the Brasilianos to the internal domain.

The Espinhaço Supergroup has been deposited in a roughly submeridian continental rift located in the transitional domain. Its lower part is made of acid to intermediate subalkaline metavolcanics and fluvial metasediments grading laterally to low depth marine sediments. Its middle part is made of eolian quartzites deposited in a beach environment. Its upper part is composed of low depth marine deposits showing alternate regressive and transgressive cycles. After its deposition the Espinhaço Supergroup has suffered a general uplift and intrusions of continental tholeiites. On the highest up lifted parts continental glaciogenic facies of the Jequitai Formation (lower part of São Francisco Supergroup) are

deposited. Eastwards, in the Araçuaí Geosyncline, they grade into glaciomarine deposits associated to gravitation debris flows, mud flows and turbidites. Fine distal turbidites are characteristics of the Salinas Complex. This facies change from West to East mark out the evolution from a continental englacial environment to a platform glaciomarine environment and finally to a deep oceanic basin. Gravity reworked deposits are concentrated along the slope separating the marine platform from the oceanic basin. The whole sequence of facies build a typical prism of passive margin. Westward, on the craton, continental glacial facies disappear and the Bambuí (middle part of the São Francisco Supergroup) lies directly on the basement. The upper (molassic Três Marias Formation) parts of the São Francisco Supergroup is only known on the craton. No equivalents have been identified in the Araçuaí Fold Belt because non deposited or eroded.

The structure of the Araçuaí Fold Belt - transitional and internal domains - is progressive (phase D_{p-1} and D_p) and polyphased (D_{p+1}). The first or main (D_p) deformation generate a serie of wide undulated zones with asymmetric folds showing westwards vergence separated by thin belts of ductile shearing. S_p slaty cleavage bears a proheminent stretching or/and mineral lineation indicating a westward transport of materials towards the São Francisco Craton. Locally and S_{p-1} cleavage has been identified. It probably represents an early phase of the main progressive deformation (D_p). D_{p+1} generates open folds with a non-penetrative crenulation cleavage. Covers of the cratonic domain are subautochthonous: they are folded and thrust by D_p on a width of about 100 kilometers. The regional barrowian metamorphism is associated to D_p . It increases from anchizone (cratonic domain) to greenschist facies (intermediate domain) and deep amphibolite facies (internal domain). Granitoids are mainly syntectonic, of S-type, leucocratic, generally with two micas, garnets, cordierite and sillimanite.

The Araçuaí Fold Belt represents the northern part of the western flank of a mega orogen divided in two during the opening of the South Atlantic Ocean in Early Mesozoic time. It is characterized by a main ductile shearing with a westwards vergence. Metasediments are cross-cut by low angle shearing zones, the most important of which are used to separate the three main structural domains. The substrate is sialic in the whole studied area. The Brasiliana tectono-genesis is roughly dated at 600 Ma.

YAMAMOTO, Jorge Kazuo

Comparação de métodos computacionais para avaliação de reservas: um estudo de caso na jazida de cobre de Chapada, GO. 26 de abril. 175p. 1 vol. Orientador: Gilberto Amaral.

Resumo: Este trabalho apresenta os resultados da comparação entre métodos computacionais para avaliação de reservas através de um estudo de caso na jazida de cobre de Chapada, Comarca e Município de Mara Rosa, GO.

Os métodos computacionais utilizados foram: ponderação pelo inverso ao quadrado da distância, ponderação espacial e krigagem ordinária. Estes métodos foram revistos neste trabalho sendo propostas algumas alterações, que acredita-se aprimoraram os métodos citados. As principais alterações propostas referem-se ao cálculo de teor e variância em blocos de lavra por meio de sua discretização em sub-blocos, os quais são avaliados pontualmente e os valores de teor e variância são então compostos para o domínio original. Estas alterações foram adaptadas aos métodos da ponderação pelo inverso ao quadrado da distância e ponderação espacial. Para a krigagem ordinária foi proposta uma alternativa ao cálculo de variância de interpolação em substituição à variância de krigagem, que mede apenas a configuração espacial dos dados.

Para o caso estudado, a krigagem ordinária revelou-se como o melhor método, seguida pela

ponderação espacial e ponderação pelo inverso ao quadrado da distância. Estas indicações foram obtidas analisando-se os resultados de validações cruzadas com medidas de dispersão em torno da reta ideal. As reservas de cobre são confiáveis para os estudos futuros de viabilidade técnica e econômica, entretanto, as reservas de ouro calculadas devem ser interpretadas com reserva, devido, principalmente, à densidade insuficiente de dados na região sudoeste onde ocorrem valores anômalos de ouro e, também, devido a análises inadequadas realizadas para esta região.

As classificações geoestatísticas de reservas baseadas na variância de krigagem não se adaptam para medidas reais de dispersão, pois foram elaboradas para medidas relativas de dispersão. Portanto, sugere-se, como tema de pesquisa futura, a elaboração de uma classificação baseada em medidas reais de dispersão que levem também em consideração a variabilidade natural do depósito.

Abstract: This thesis presents the results of a comparative study between computation methods for ore reserve estimation. This study was developed on the copper deposit of Chapada, Mara Rosa Country, State of Goiás, Brazil. Over ten thousand analytical results for copper and gold were studied.

The computational methods used were: inverse of distance squared, spatial weighting and ordinary kriging. These methods were revised in this work and some alterations proposed, which it is believed that improved the first two methods. They are essentially punctual and they could be altered to perform block estimations for grade and interpolation variance. The last method was also improved by computing an actual measure of interpolation variance instead of kriging variance, which only measures the spatial configuration of data sells.

For the studied case the best method proved to be ordinary kriging followed by spatial weighting and inverse distances squared. This was indicated by cross validation analysis with dispersion measures along the ideal line. The copper reserves can be used for future studies, because there is enough information for them. However, the same conclusion can not be taken for gold reserves, because of sampling and analytical problems occurred mainly in southwestern area, where anomalous grades of gold occur.

The existing classifications based on kriging variances do not work well with actual measures of dispersion, such as obtained ones. Therefore if is proposed as future research the study of an adequate classification that must take into account the natural variability of ore bodies and also the actual measures of dispersion.

ZAINE, Mariselda Ferreira

Análise dos fósseis de parte da Faixa Paraguai (MS, MT) e seu contexto temporal e paleoambiental. 13 de junho. 199p. 1 vol. Orientador: Thomas Rich Fairchild.

Resumo: O objetivo principal desse trabalho foi a análise dos fósseis, no contexto temporal e paleoambiental, em unidades sedimentares da Faixa Paraguai (Grupos Jacadigo e Corumbá, formações Araras e Raizama) nas regiões de Corumbá e Bonito - Serra da Bodoquena, MS, e de Cárceres e Bauxi/Jangada, MT. O conjunto paleontológico destas seqüências é de grande importância para o melhor entendimento cronológico da transição Proterozóico/Cambriano em território brasileiro. Os fósseis presentes incluem megafósseis (metazóários e metáfítas), microfósseis, icnofósseis e estromatólitos, embora de ocorrências restrita.

No Grupo Jacadigo foram encontrados microfósseis (melanocirílídeos) em clastos

carbonáticos, que, no registro mundial estão limitados ao intervalo entre 950 e 700 Ma. A maior diversificação fossilífera está presente na Formação Tamengo, a unidade superior do Grupo Corumbá, com metazoários (*Cloudina lucianoi* e *Corumbella weneri*), metáfitas (*Tyrasotaenia* sp.), microfósseis (*Sphaerocongregus variabilis*) que, em conjunto apontam para uma idade vendiana superior para esta sequência sedimentar. Na Formação Araras, unidade considerada equivalente ao Grupo Corumbá, os quatro tipos de estromatólitos encontrados não fornecem indicações de idade, apenas informações de cunho paleoambiental. Os icnofósseis, pouco conhecidos no registro paleontológico do Pré-Cambriano do Brasil, foram descritos, pela primeira vez, nos sedimentos arenosos da Formação Raizama, e incluem formas horizontais, simples, semelhantes aos assinalados no final do Proterozóico.

As análises isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ mostraram valores coerentes com os de seqüências mundiais do final do Vendiano e também puderam complementar os estudos paleoambientais, ao lado das evidências fornecidas pelo conjunto litológico e de estruturas sedimentares, e algumas análises de $\delta^{18}\text{O}$. As composições isotópicas de Sr isoladamente concordaram com valores registrados no Proterozóico Superior, mas, associadas às evidências paleontológicas podem sugerir um intervalo de idade mais restrito ao final desse eon.

Abstract: This dissertation describes fossils and their temporal and paleoenvironmental contexts from the Jacadigo and Corumbá Groups and Araras and Raizama Formations of the Paraguai Belt in the regions of Corumbá and Bonito/Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Cárceres and Bauxi/Jangada in Mato Grosso, in Central Western Brazil. The paleontologic record of these sequences is of great importance for a better understanding of the Proterozoic Cambrian transition in Brazil. The fossils studied include metazoans, metaphytes, organic-walled microfossils, ichnofossils and stromatolites, all of rather limited occurrence.

Within the Jacadigo Group, vase-shaped microfossils apparently restrict the age of the carbonate clasts in which they occur to the interval between 700 and 950 Ma. Greater paleontological diversity is displayed by the overlying Corumbá Group in the form of metazoans (*Cloudina lucianoi* and *Corumbella weneri*), metaphytes (*Tyrasotaenia* sp.) and microfossils (*Sphaerocongregus variabilis*), that together point to a latest Vendian age at least for the uppermost part of this sedimentary sequence. In the Araras Formation, a lateral equivalent of the Corumbá Group, stromatolites provide no significant indication of age but are of considerable paleoenvironmental interest and may be useful in local correlation. Above the Araras Formation, in the Raizama Formation, simple, horizontal ichnofossils are here registered for the first time in the Paraguai Belt and are forms known elsewhere from the end of the Proterozoic although not necessarily restricted to this eon.

Isotopic analyses of the stable isotopes of C in limestone of the Corumbá Group and Araras Formation furnished $\delta^{13}\text{C}$ values consistent with those exhibited by other terminal Vendian sequences in the world; they also complement paleoenvironmental studies, together with evidence derived from study of lithologies, sedimentary structures and a few analyses of $\delta^{18}\text{O}$. Isotopic compositions of Sr for many of the same samples analysed for C and O fall within the general range of values known for the Late Proterozoic; in conjunction with the associated fossil evidence, however, they appear to be consistent with a more restricted interval at the end of this eon.