

TESES DE DOUTORADO

1995

ALEXANDRE, Gisela Angelina Levatti

Contribuição ao estudo do comportamento geoquímico do As, Cu, Pb e Zn, originários de pesticidas agrícolas, nas zonas não saturada e saturada em área urbana e agrícola do município de Louveira (SP). 18 de setembro. Orientadora: Mária Szikszay.

Resumo: Este estudo foi desenvolvido em área localizada em terrenos constituídos por xistos muito ricos em quartzo, onde são cultivadas frutas de mesa com emprego de fungicidas e herbicidas.

Com o objetivo de estudar o comportamento do arsênio, cobre, chumbo e zinco, provenientes destes produtos, nas zonas não saturada e saturada em clima tropical, foram analisadas as presenças desses metais nas chuvas, pesticidas e fertilizantes aplicados, na matéria vegetal morta disposta sobre o solo, na parte sólida do perfil e nas águas.

Em dois pontos distintos, um dos quais entre as culturas, foram instaladas cápsulas porosas com diferentes profundidades e poços. Num dos pontos, foi instalada uma série de tensiômetros e um coletor de águas de chuva.

Para a análise de características físicas, químicas e mineralógicas dos perfis onde se processa a introdução desses produtos e identificação dos mecanismos de retenção desses metais, foram coletadas amostras de horizontes com diferenças texturais e estruturais, com as quais foram realizadas análises de teores de argila, químicas e mineralógicas. Durante o período de um ano foram realizadas coletas e análises das águas de chuva, da zona não saturada e do aquífero.

Os resultados indicam que as principais fontes dos metais estudados são: arsênio e zinco - rocha original, cobre - pesticidas, e chumbo - atmosfera, com os solos poluídos por cobre e chumbo. Os principais responsáveis pela retenção do cobre, chumbo e zinco, na zona não saturada, são os minerais ferruginosos.

Os argilominerais retêm o arsênio e a matéria orgânica, em concentrações reduzidas nos dois perfis, sendo responsáveis pela retenção do cobre na parte sólida dos horizontes superficiais, onde ocorre em maior quantidade.

As concentrações desses metais nas águas da zona saturada são muito baixas, e nos pesticidas somente o cobre se apresenta em quantidades significativas. A literatura contém elevados teores de cobre, liberando durante o período de estudo pouca parcela do metal nela acumulado. O arsênio e zinco das águas dessa zona se originam do material sólido. O cobre e chumbo, respectivamente, dos pesticidas e material introduzido pela atmosfera, mobilizados pelas águas de chuva e circulação das águas na zona não saturada.

As águas do aquífero, cloretadas magnesianas, indicam forte influência da introdução de compostos fertilizantes. Nestas águas os teores de chumbo atingem valores maiores que 0,05 mg/l, e os outros metais se apresentam, em geral, muito baixos, evidenciando a retenção que ocorre no material sólido da zona não saturada.

Abstract: The present study has been carried out on area situated on terrains composed of schists rich in quartz, where fruits are cultivated with the intense use of pesticides.

The aims of this study were to observe the behaviour of arsenic, copper, lead and zinc in the unsaturated and saturated zone under tropical climate. The presence of these metals was analyzed on the: rainwater, pesticides, litter, weathered profile and waters of the unsaturated zones.

At two different sites wells were drilled and porous cups were installed at various depths. At one site tensiometers were also installed and a rainwater collector was placed.

To recognize the retention mechanism of these metals, the profiles were analyzed for mineralogical, chemical and physical characteristics. At depths of different textures and structures, soil sample were collected for analysis of contents of arsenic, lead, copper, zinc, clay, organic matter and the mineralogical composition was also determined.

During the period of one year, rainwater and waters from the unsaturated and saturated zones of the sites, were monthly analyzed.

The results showed that the origin of the studied metals are: arsenic and zinc from the weathered rocks; copper from the applied pesticides and lead from the atmosphere.

The iron contents of the soil are responsible for the retention of copper, lead and zinc. The clay minerals retain arsenic and the organic matter, however with low values at both sites, retains the

copper on the superficial layers.

The concentration of these metals in waters of unsaturated and saturated zones is very low and in the pesticides only copper is present with high concentrations. Litter has large concentration of accumulated copper, releasing it during the year, in small amounts.

Arsenic and zinc in the waters of the unsaturated and saturated zones are furnished by the soil, copper the pesticides and lead from the atmosphere, mobilized by the infiltrating rainwater and by the water circulating in the unsaturated and saturated zones. In these waters lead showed high concentrations and the other metals, generally, had quite low values, suggesting occurrence of retention on the soil of the unsaturated zone.

ALMEIDA, Afonso Rodrigues de

Petrologia e aspectos tectônicos do Complexo Granítico Quixadá-Quixeramobim, CE. 01 de dezembro. 279p. 1 vol. Orientador: Horstpeter Herbert Gustavo José Ulbrich.

Resumo: O Complexo Granítico Quixadá - Quixeramobim, situado na porção central do Estado do Ceará, distante cerca de 160 km a sudoeste de Fortaleza, está constituído por dois batólitos: o Quixadá e o Quixeramobim. O primeiro, situado na porção setentrional do Complexo, exhibe uma área aflorante com forma de péra de cerca de 260 km², está constituído por uma suite cálcio-alcálica de alto potássio, composta por dioritos, monzonitos (dominantes) e sienitos, todos porfíricos, com megacristais de plagioclásio e feldspatos potássicos imersos em uma matriz de cor preta esverdeada, granulação média a grossa, composta essencialmente por anfibólios e biotita.

Os dioritos ocorrem principalmente na forma de encaves elipsoidais e diques sinplutônicos. Sua forma diapírica é ressaltada pelas foliações internas paralelas aos contatos e às foliações externas, formando na sua porção norte, um "trend" circular, indicando um baloneamento "in situ". Seus litotipos são essencialmente intermediários e metaluminosos, ricos em álcalis, MgO ($K_2O/MgO \cong 1$), CaO Sr, Ba, e ETRL, caracterizando-os como uma suite shoshonítica pós-colisional.

O batólito Quixeramobim com cerca de 1600 km² de área está constituído por seis grandes subdivisões litológicas ou fácies; o Muxuré Novo, o Muxuré Velho, o Água Doce, o Serra Branca, o Uruguê, o Mobilizados Tardios e os Sub-Fácies Boa Fé e Uruguê Transicional Muxuré Novo. As fácies Muxuré Novo, Serra Branca e o Sub-Fácies Boa Fé constituem uma suite cálcio-alcálica de médio potássio, composta por quartzo-dioritos, tonalitos, granodioritos (dominantes) e monzogranitos a biotita e anfibólio. Eles são diferenciados por seu padrão textural porfírico, com o Serra Branca apresentado fenocristais de feldspatos variando de 20 a 6 cm, o Muxuré Novo com fenocristais variando de 5 a 1,5 cm e o Boa Fé exibindo fenocristais aproximadamente equidimensionais em torno de 2,5 cm. Os litotipos do Água Doce constituem uma suite cálcio-alcálica de baixo potássio, composta essencialmente por quartzo-dioritos e tonalitos de cor cinza azulado, granulação média, afíricos, com biotita e anfibólios como minerais máficos essenciais. O fácies Uruquê está composto essencialmente por granodioritos e monzogranitos a biotita. São rochas leucocráticas, de cor cinza claro a cinza amarelado, granulação média a fina e afíricas. Juntamente com os encaves microgranulares compõem uma suite cálcio-alcálica de médio potássio. O fácies Muxuré Velho, uma suite tonalítica de variável potássio, está presente na forma de encaves e diques sinplutônicos, inclusos no seio dos litotipos dos demais fácies. São rochas de cor escura e de granulação média a fina, geralmente contendo xenocristais de feldspatos potássicos. Seus litotipos são essencialmente metaluminosos, ricos em álcalis, Sr, Ba e ETRL, e pobres em CaO e MgO caracterizando-os como uma suite cálcio-alcálica tardi-colisional.

A geometria dos batólitos Quixeramobim junto com a que mostra o vizinho Senador Pompeu, bem como o grande número de lâminas de rochas encaixantes adentrando ao batólito Quixeramobim, sugerem que estes batólitos ascenderam através de fraturas extensionais geradas durante o movimento sinistral da zona de cisalhamento Senador Pompeu. Uma rotação no campo de esforços regionais ocasionou a inversão dos movimentos da zona de cisalhamento Senador Pompeu, imprimindo nos litotipos do batólito Quixeramobim uma deformação no estado sólido, caracterizada pela presença de planos S-C, sombras de recristalização assimétrica, etc., cujos indicadores cinemáticos indicam que o último movimento dúctil, foi de natureza dextra, também responsável pela abertura de fraturas extensionais, por onde ascenderam os magmas Quixadá e pelo desenvolvimento da zona de cisalhamento

Quixeramobim, através do arrasto das rochas encaixantes contra o batólito Quixeramobim.

Os litotipos Quixeramobim exibem teores de SiO_2 que variam de 51 a 73%, são essencialmente metaluminosos, ricos em álcalis, Sr, Ba e ETRL e pobres em ETRP, MgO e CaO. Seus teores em ETRL são de 2 a 3 vezes mais altos que os exibidos por suites cálcio-alcálicas normais.

A ocorrência universal de enclaves microgranulares e diques sinplutônicos descontínuos em ambos os batólitos, sugere que o mecanismo de mistura de magmas foi de primordial importância na geração destes batólitos. Em Quixeramobim, as inclinações das curvas de mistura indicam uma participação de magmas crustais em torno de 65%, e os mantélicos participando com 35%. Em Quixadá parece não haver a participação de magmas crustais. Os altos teores de Sr, Ba e ETRL, com anomalias de Eu ausentes e baixos teores de ETRP, sugerem que os magmas mantélicos são o resultado da fusão de um manto litosférico metassomatizado enriquecido em ETRL, controlada principalmente por hornblenda e flogopita. Em Quixadá, magmas potássicos leves, cujas fusões foram controladas por flogopitas, parecem ter sido os primeiros a invadirem a crosta, seguidos e inundados imediatamente por magmas mais magnesianos, cujas fusões foram controladas principalmente por hornblenda.

A mistura dos magmas, em ambos os casos, ocorreu quando os magmas estavam essencialmente líquidos, com baixos percentuais de cristais. Os líquidos resultantes da mistura evoluíram por cristalização fracionada, com um mecanismo de cristalização "side wall" se adaptando perfeitamente ao batólito Quixeramobim. Modelamento matemático utilizando ETR e K, Rb, Ba e Sr sugere que 45% de fracionamento de uma associação mineralógica similar ao fácies Muxuré Novo, a partir de uma fonte similar ao Água Doce, gera líquidos ricos em álcalis, menos densos, que cristalizam para formar uma carapaça Serra Branca. Injeções intermitentes de magmas máficos Muxuré Velho, são os responsáveis por manter a câmara magmática suficientemente aquecida para a formação dos megacristais. Magmas residuais correspondem ao fácies Uruquê.

O batólito Quixadá não exhibe zoneamento conspicuo, com os seus litotipos distribuídos conforme mecanismos de diferenciação local. Modelamento matemático em K, Rb, Ba e Sr, sugere que os granitos finos filonianos correspondem a líquidos endógenos intersticiais, resultantes do fracionamento da granito que agora constitui a sua rocha encaixante adjacente à fratura na qual eles são encontrados.

Abstract: The granitoid Quixadá-Quixeramobim Complex, centrally located in the State of Ceará, northeastern Brazil, some 160 km to the SW of Fortaleza, is made up by the northern Quixadá and the southern Quixeramobim batholiths. The first, with ca. 260 km² of outcrops, is pear-shaped and constituted by a high-K calc-alkaline series showing mainly diorites, syenites and predominate monzonites, all strongly porphyritic, with K-feldspar and plagioclase set up in a black-greenish, medium-coarse grained matrix with biotite and amphiboles. Diorites occur mainly as a ellipsoidal enclaves and synplutonic dikes. The diapiric outlines of the whole batholith is enhanced by internal foliations set parallel to the contacts, forming at its northern part a circular suggestive of "in situ" ballooning. The rocks are essentially intermediate and meta-aluminous types, enriched in alkalis, MgO ($\text{K}_2\text{O}/\text{MgO} \approx 1$), CaO, Sr, Ba and LREE, chemically akin to a shoshonitic post-collisional suite.

The Quixeramobim batholith, covering about 1600 km², shows six main petrographic divisions or facies, informally called Muxuré Velho, Muxuré Novo, Água Doce, Serra Branca, Uruquê and Late Mobilizates and the secondary units Boa Fé and Uruquê transitional Muxuré Novo. The Muxuré Novo, Serra Branca facies and the Boa Fé subunits constitute a medium-K calc-alkaline series, made up by quartz-diorites, tonalites, predominant granodiorites and monzogranites, all with biotite and hornblende. Sizes and forms of feldspars vary in these facies from lathlike (20 to 6 cm, Serra Branca; 6 to 1,5 cm, Muxuré Novo) to almost equidimensional (ca. 2,5 cm; Boa Fé). The Água Doce rocks are mainly aphyric, greyish-bluish, medium-grained, low-K calc-alkaline types showing predominant quartz-diorites and tonalites, with biotites and sometimes amphiboles. The Uruquê facies is constituted by leucocratic, light grey to yellowish grey, aphyric, medium-grained biotite granodiorites and monzogranites; they form a together with their enclaves, a medium-K calc-alkaline series. The Muxuré Velho facies, a tonalite series with variable K contents is found as enclaves and synplutonic dikes within the other granitoids facies; they are dark grey, medium-fine grained types, usually containing K-feldspar xenocrysts.

As a whole, the Quixeramobim rocks, with SiO_2 contents between 51 and 73%, are meta-aluminous, enriched in alkalis, Sr, Ba and LREE and poor in HREE, MgO and CaO. LREE abundances are 2 to 3 times those usually found in normal calc-alkaline suites.

The outline of the Quixeramobim batholith (as well as that of the nearby Senador Pompeu batholith), coupled with large number of sheets of country rocks found within the granites, suggests that the batholiths were formed by sequential intrusions along extensional fractures generated during the sinistral movement of the large Senador Pompeu shear zone. An inversion in the shear movement occurred later on, as characterized by the presence and orientation of S-C planes, asymmetric recrystallization shadows, etc. The last movement generated another set of extensional fractures, now serving as pathways for the invasion of the Quixadá magmas, and was also responsible for the development of the Quixeramobim shear zone, dragging wall rocks against the already emplaced Quixeramobim batholith.

The ubiquitous presence of enclaves and synplutonic dikes in both batholiths suggests that magma mixing played a significant part in rock genesis. In Quixeramobim, the inclination of mixing curves, as observed in variation diagrams, points to a contribution of about 65% of crustal magmas to the final composition, the remainder being attributed to mantle-derived magmas. Quixadá rocks seem to be made up entirely by mantle-derived magmas.

The high contents of Sr, Ba, and LREE, with no anomaly of Eu and low abundances of HREE, indicate that the mantle derived magmas that occur in Quixeramobim batholith, were formed by melting controlled by hornblende of a metasomatized lithospheric mantle. In Quixadá, the first magmas to invade the crust were less dense magmas potassic magmas, generated by a melting process controlled by phlogopite, followed by more magnesian magmas derived of a hornblende-bearing protolith.

Mixing of magmas occurred at a stage when they were mainly liquid. The mixed magmas evolved later by crystal fractionation, with the mechanism "side-wall" crystallization well adapted to Quixeramobim batholith. Fractionation modelling using REE, K, Rb, Ba, and Sr suggest that a source similar to Água Doce facies can generate Muxuré Novo magmas, in turn producing, by a 35-45% fractionation, a less dense and alkali-rich liquid that form the outer shell of Serra Branca types. Regular injections of the more basic magmas Muxuré Velho liquids add heat to the crystallizing magma chambers, allowing for growth of megacrysts. Extract of residual magmas formed the Uruqué rocks.

The Quixadá batholith does not exhibit a conspicuous zoning pattern. Fractionation modelling using K, Rb, Sr and Ba indicates that is finer-grained late granites correspond to the composition of interstitial liquids, extracted from the larger masses of crystallizing early granites, into which they were emplaced.

ALVARINHO, Silvio Benedicto

Processo hidrotermal de obtenção de carvão a partir de biomassas de alta umidade (capim, turfa e bagaço de cana). 05 de junho. 98p. Orientador: José Vicente Valarelli.

Resumo: O presente estudo propõe um processo hidrotermal para converter biomassa de alta produtividade e alta umidade em carvão. O processo promove a carbonização de biomassa em polpa aquosa, possibilitando que se trate biomassa sem operação prévia de secagem.

O estudo é efetuado sobre três tipos de matérias primas, capim elefante, bagaço de cana e turfa. O capim elefante foi escolhido em razão de sua alta produtividade e as duas outras matérias primas foram escolhidas em razão de sua alta umidade, por sua disponibilidade e por carecerem de tecnologia bem estabelecida para seu aproveitamento.

O estudo apresenta os resultados do tratamento hidrotermal dessas três matérias primas e também o desenvolvimento de alguns itens de processo, aplicados ao capim, de modo a melhor visualizar o processo como um todo.

Os ensaios de laboratório de tratamento hidrotermal das três matérias primas foram realizados em autoclaves de 1 litro de capacidade com controles de temperatura e pressão. As temperaturas de ensaio foram de 180°C a 300°C para o capim e de 200°C a 300°C para a turfa e o bagaço de cana. Os tempos de residência na autoclave foram de 5, 15 e 45 minutos.

As condições de tempo de residência de 15 minutos, temperatura de 260°C para capim e 250°C para a turfa e bagaço de cana, apresentaram os seguintes resultados:

| | turfa | bagaço de cana | capim |
|---------------------------------|-------|----------------|-------|
| Rendimento em carvão (%) | 77,5 | 43,0 | 60,0 |
| Rendimento energético (%) | 88,0 | 50,0 | 80,0 |
| Rendimento em carbono (%) | 85,2 | 50,9 | 80,0 |
| Aumento do poder calorífico (%) | 13,4 | 16,4 | 32,0 |

Os produtos apresentaram as seguintes características:

Análise imediata

| | Material volátil (%) | Cinzas (%) | Carbono Fixo (%) |
|----------------|----------------------|------------|------------------|
| Turfa | 47,5 | 7,4 | 45,1 |
| Bagaço de cana | 72,7 | 3,2 | 24,1 |
| Capim | 58,6 | 4,9 | 36,5 |

Análise elementar

| | Carbono (%) | Hidrogênio (%) | Nitrogênio (%) |
|----------------|-------------|----------------|----------------|
| Turfa | 61,4 | 4,8 | 1,0 |
| Bagaço de cana | 56,1 | 5,5 | 0,1 |
| Capim | 60,0 | 5,3 | 1,0 |

Poder calorífico superior

| | Poder calorífico superior (kcal/kg) |
|----------------|-------------------------------------|
| Turfa | 6,266 |
| Bagaço de Cana | 5,086 |
| Capim | 6,208 |

O estudo mostra que o processo, por trabalhar em temperaturas moderadas e altas pressões, retém no carvão grande parte das matérias voláteis contidas na matéria prima, possibilitando altos rendimentos energéticos e em massa, gerando um combustível com alto poder calorífico, na faixa de 6.000 kcal/kg, e reatividade alta.

O produto é um combustível sólido, bastante friável, que necessita de muito pouco trabalho de moagem para ser utilizado em maçarico.

As cinzas da matéria prima são em parte lixiviadas durante o processo, resultando num carvão com teores de cinza muito menores do que seria esperado numa carbonização seca.

O carvão produzido é facilmente desaguado por meios mecânicos, como filtragem, com baixo dispêndio de energia.

Abstract: To convert biomass of high productivity and high moisture to coal, the author proposes a hydrothermal process. This way, the carbonization proceeds under wet conditions and drying before processing is not needed.

Three raw materials have been tested: *Pennisetum Purpureum Shum* (elephant grass), peat and sugar cane bagasse. The first material has high productivity, the latter two show high moisture, they are easily available and up to now, a good coalification technology has not been developed.

This study gives results of the hydrothermal process applied and characterizes some steps of this process in more detail to enhance understanding of process.

Tests have been conducted in autoclaves of 1 L capacity with external pressure and temperature control. The range of temperatures used is 180 to 300°C and the coalification time has been 5, 15 and 45 minutes.

At the test time of 15 minutes and 260°C for the elephant grass and 250°C for sugar cane bagasse and peat, the results are as follow:

| | peat | sugar cane bagasse | grass |
|--------------------------------------|------|--------------------|-------|
| Coalification (%) | 77.5 | 43.0 | 60.0 |
| Energy efficiency (%) | 88.0 | 50.0 | 80.0 |
| Amount of carbon (%) | 85.2 | 50.9 | 80.0 |
| Increase of high calorific power (%) | 13.4 | 16.4 | 32.0 |

Concerning the amounts of volatiles, ashes and fixed carbon, the study found:

| | Volatiles (%) | Ashes (%) | Fixed Carbon (%) |
|--------------------|---------------|-----------|------------------|
| Peat | 47.5 | 7.4 | 45.1 |
| Sugar cane bagasse | 72.7 | 3.2 | 24.1 |
| Grass | 58.6 | 4.9 | 36.5 |

Elemental analysis

| | Carbon (%) | Hydrogen (%) | Nitrogen (%) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| Peat | 61.4 | 4.8 | 1.0 |
| Sugar cane bagasse | 56.1 | 5.5 | 0.1 |
| Grass | 60.0 | 5.3 | 1.0 |

High calorific power

| | High calorific power(kcal/Kg) |
|--------------------|-------------------------------|
| Peat | 6.266 |
| Sugar cane bagasse | 5.086 |
| Grass | 6.208 |

The results of this study show that during the hydrothermal process a high quantity of volatile material is retained in the newly formed coal due to working with low temperature and high pressures. This gives a product of high calorific power (about 6.000 kcal/kg), of high reactivity and mass.

The resulting product does not need much grinding to be used by burnes.

The process partially removes the ashes and the coal is much lower than the one produced by dry coalification.

Dewatering is very easily done by mechanical means, filter pressing for instance, and does not require high amounts of energy.

BERNARDES JÚNIOR, Cyro

Avaliação de risco de longo prazo, em casos de contaminação de águas subterrâneas como instrumento de gerenciamento da remediação. 21 de dezembro. 192p. 1 vol. Orientador: Aldo da Cunha Rebouças.

Resumo: Uma das questões mais críticas em uma situação de contaminação ambiental é a definição do que é "limpo". Até a década de 70 em todo o mundo, esta resposta era dada exclusivamente por padrões de qualidade de água ou de ar estabelecidos pela legislação, sem se levar em conta o contexto onde o problema ocorria, e sem considerar a presença de compostos orgânicos tóxicos. Como forma de solucionar isto, a agência americana de controle ambiental (USEPA) introduziu no começo da década de 80, o conceito de **análise de risco ambiental**, onde de forma adicional aos padrões legais de qualidade, se

introduz a análise do contexto onde ocorre o problema e de forma detalhada os efeitos de cada substância tóxica presente ou potencialmente presente. Esta metodologia, embora faça uma análise individualizada de cada substância envolvida, em cada um dos meios de transporte existentes (ar, água, solo, biota) e dos receptores existentes ou potenciais (pessoas e biota) da contaminação, o resultado da análise é sistematizado em índices, que podem ser comparados. Estes índices, além de representarem de forma simples uma situação complexa de contaminação, tornam explícita a necessidade ou não de remediação, bem como os níveis de remoção que serão necessários, evitando que essa decisão se faça com base em critérios não científicos.

No Brasil este tipo de abordagem de problemas de contaminação ainda está muito longe de ser utilizada, mesmo porque, são poucos os órgãos de controle de poluição que conhecem esta metodologia. Este trabalho teve como objetivo desenvolver esta metodologia para as condições brasileiras, ampliando sua representabilidade pela adição de conceitos probabilísticos. Além disso, foram desenvolvidas expressões para a determinação das concentrações objetivo de substâncias tóxicas em um processo de remediação, envolvendo águas subterrâneas, onde hajam vários compostos contaminantes, utilizando também conceitos estocásticos, o que não era previsto na metodologia original.

Para a aplicação prática da sistemática foi utilizado o caso de poluição das águas subterrâneas ocorrido no Polo Cloroquímico de Alagoas. Neste processo os contaminantes envolvidos são compostos organoclorados voláteis, como 1,2 dicloroetano, 1,2,3 tricloropropano cloreto de metileno, 1,2 dicloropropano e clorofórmio. A poluição causada por uma das empresas instaladas no Polo foi detectada em 1990 e o processo de remediação continua em atividade.

Para o estabelecimento das curvas de distribuição de probabilidade dos Índices de Toxicidade e das Concentrações Objetivo se utilizou o método de simulação de Monte Carlo. Isto foi feito com o auxílio de um programa de computador desenvolvido nos EUA, o Cristal Ball.

Com base nas análises de qualidade de água executadas no Brasil pela CINAL (empresa do polo) e por laboratórios americanos foi possível estabelecer uma distribuição de probabilidade para os desvios nas análises de laboratório, incorporando este fator (qualidade de análises) ao processo de análise de risco, procedimento este pouco considerado neste tipo de análise. Com base em dados censitários foram estabelecidas as distribuições para peso e área corpórea. Para os demais dados, as distribuições foram estabelecidas a partir de dados bibliográficos.

Para efeito da análise foram consideradas duas situações de exposição diferentes, uma relativa aos trabalhadores do polo e outra de moradores do entorno. Para os moradores do entorno sua exposição seria devida à ingestão de água contaminada e absorção durante o banho e para os trabalhadores seria somente a ingestão de água. Para estes o período de exposição também é menor.

Consistente com o adotado pela USEPA este trabalho considerou que o percentil 95% como sendo um valor aceitável de probabilidade de ocorrência de risco. De forma semelhante foi o de considerado que o risco adicional de câncer de 1/100.000 é o maior risco aceitável, sendo o valor utilizado para estabelecer a necessidade ou não de remediação envolvendo substâncias cancerígenas.

Os resultados mostraram que:

O uso de técnicas estatísticas realmente se traduziu em uma avaliação de risco mais precisa que o uso de valores médios. O uso de valores médios pode significar uma subestimativa de risco de até 100 vezes para compostos carcinogênicos.

O método mostrou claramente que se pode adotar padrões diferenciados para a área do polo e da vizinhança, indicando inclusive os valores. Os valores seguros na área do polo são 5 vezes maiores que os para a população vizinha, pois a exposição dos trabalhadores é menor.

Um dos fatores importantes na composição do risco é a baixa qualidade das análises. Sendo o fator com maior peso na variância dos Índices de Risco.

Padrões de qualidade de água não podem ser simplesmente importados, por ao se considerar uma população com menor peso corpóreo, maior ingestão de água e qualidade pior de resultados de análise, que os países desenvolvidos, os padrões seguros para populações como as do entorno do Polo devem ser menores que os dos países desenvolvidos. No caso verificou-se que os valores poderiam ser até 10 vezes menores que os adotados nos EUA.

Com esta metodologia foi possível identificar de forma fundamentada que a ingestão é a forma de exposição mais importante e que os dois principais compostos, do ponto de risco global são o 1,2 dicloroetano e o 1,2 dicloropropano.

As remoções necessárias para que as águas subterrâneas atinjam valores seguros na área do Polo, são altas 99,9991 a 99,9994%.

Uma forma de utilização dos Índices de Periculosidade e de Risco de Câncer é para o acompanhamento da evolução da remediação, conjugando em um único índice o resultado da evolução da concentração de vários compostos, com a vantagem desse número ter um significado em termos de risco à saúde.

Abstract: One of the most important point at a contaminated site is "how clean is clean". Until the seventies, the answer for that was based only on fixed standards for water quality or air quality, with no concern over the context where the problem was happening, and with the organic toxics involved. At the beginning of the decade of 80, USEPA introduced the concept of *environmental risk analysis*, in which in addition to the standards, the contamination problem is evaluated considering the situation where it is, as well as the environmental behaviour and toxic effect of each one of the substances present or potentially present. Even though this methodology makes an evaluation of each one of the components present, in each existing transport media (air, soil, water, etc.) as well as of the contaminant receptors (persons and or biota), the result of the analysis is a Index, which can be compared. These numeric index represent in a simple way, a very complex contamination situation, and clearly show the need for remediation or not, in a scientific basis.

The Brazilian state environmental agencies barely known about this methodology, which can improve a lot the way to remediate sites. One of the reasons for this work was to contribute to better understanding of this methodology, applying it to our conditions and improving it by introducing variability. Other main objective was to develop the methodology so it will be possible to define which should be the concentration level to be attained in a particular remediation site with the remediation work, related to groundwater contamination by several pollutants.

To apply the methodology was chosen the case of groundwater contamination occurred at the Chlorochemical Complex of Alagoas in 1990. The pollutants involved are chlorinated volatiles like 1,2 dichloroethane, 1,2,3 trichloropropane, methylene chloride, 1,2 dichloropropane and chloroform.

The variability was added using the Monte Carlo simulation method, with help of a computer program.

Based on the analysis done by the existing lab at the site and American labs, was established a probabilistic distribution of analytical errors, adding this factor to the environmental risk analysis. Normally this variable is not considered. The distribution for weight and body surface were derived from Brazilian Census. The other data were got from the bibliography.

It were considered two situations of exposition, one for the general population that lives nearby the Complex and the other for the workers. The forms of exposition for the general population were water ingestion and skin adsorption, trough bath. For the workers the exposition was only the ingestion.

This work considered the 95% certainty level as adequate to evaluate the level of risk. For carcinogenic substances, the remediation level was the probability of additional cancer risk greater than 1/100,000.

The main results were:

The addition of variability really improved the risk assessment. The use of average results can lead to an underestimation of the risk of a factor of 100.

The methodology is flexible, as expected, in the case of the Complex, the safe levels are 5 times those for the vicinities. This means that the clean-up effort should be, at least 5 times less for groundwater at the area of the Complex.

One of the main factors contributing to the variability of the risk was the analytical error of the Brazilian lab.

Water standards should not be copied directly. It was showed that, due to weight, amount of water ingested and lab quality, the water quality standards should be 10 times smaller for the population living near the Complex than for the general US population.

The methodology of environmental risk analysis can rank substances and exposition forms. For the case of the Complex two main organic toxics are 1,2 dichloroethane and 1,2, dichloropropane, and the main exposition form was water ingestion.

For the Complex the remediation work will need to reduce the high concentration by values ranging from 99.9991 to 99.9994%.

One use for the Risk Indexes is their use as a indicator of the improvement of the remediation work.

CAMARGO, Emerson Carneiro

Definição de características do meio físico para implantação de aterros sanitários na porção sul do município de Paranaguá. 10 de novembro. 126p. 1 vol. Orientador: Uriel Duarte.

Resumo: Este trabalho objetivou, através da caracterização do meio físico, determinar áreas favoráveis à implantação de aterros sanitários na porção sul do município de Paranaguá - PR.

Para caracterizar o meio físico, foram executados levantamentos da geologia, geomorfologia, hidrogeologia e dos solos do local. Para os estudos hidrogeológicos foram elaborados um mapa potenciométrico e um mapa de vulnerabilidade dos aquíferos, e para auxiliar a determinação das superfícies geomórficas, foi confeccionado um mapa de classes de declive.

Esses mapas, juntamente com o mapa geológico, das superfícies geomórficas e dos solos, em escala 1:50.000, foram interpretados e discutidos, resultando em um mapa de caracterização das áreas para implantação de aterros sanitários.

Neste mapa estão representadas as áreas favoráveis, áreas favoráveis com restrições e áreas desfavoráveis à implantação de aterros sanitários.

As áreas favoráveis à implantação de aterros sanitários são representadas por solos argilosos e impermeáveis, onde a profundidade do nível potenciométrico é superior a 2,0 metros de profundidade, o aquífero é confinado ou semi-confinado e de baixa vulnerabilidade. As áreas favoráveis com restrições, são configuradas nos locais onde a profundidade do nível potenciométrico é inferior a 2,0 metros de profundidade, ocorrem agrupamentos de rios e ou poços, existem diáclases e ou falhas e dispõem-se assentamentos urbanos.

As áreas desfavoráveis à implantação de aterros sanitários são representadas por solos siltosos, areia argilosa, pedregulho e areia argilosa e areia siltosa. A razão da desfavorabilidade deve-se aos teores de argila inferiores a 30% e índices de plasticidade inferiores a 15 unidades, em todos os solos, e permeabilidade elevada nos solos areia siltosa. Nesses locais os aquíferos são semi-confinados e livres, com vulnerabilidade baixa e média no aquífero semi-confinado e, alta no aquífero livre.

O trabalho apresenta, ainda, uma análise da situação atual da disposição dos resíduos sólidos em Paranaguá, e comenta as principais normas, leis e resoluções utilizadas para a implantação de aterros sanitários.

Abstract: This work has the aim of defining the requirements for sanitary landfills in Southern Paranaguá, PR, based on the physical characterization of the area.

Potentiometric maps, aquifers vulnerability maps and geomorphic surfaces maps have been made and analyzed in combination with geological and pedological maps, all in 1:50,000 scale. The joined study of the data resulted in a Sanitary Landfill Characterization Map, where suitable places, suitable places with restrictions and non-suitable places for sanitary dumping are defined.

The so-called suitable areas are composed by impermeable clay soils, where the potentiometric depth level is up to 2,0 m and the aquifer is confined or semi-confined type, with low vulnerability. In the same way, the suitable areas with restrictions are related to places where the potentiometric level is located at a depth of 2,0 m at maximum, rivers and/or wells are grouped together, joints and/or faults are cutting the area and urban occupation is characterized. The non-suitable areas are defined by places where the soils present in its composition less than 30% of clay, plasticity index is below 15 unities and permeability is high. These soils are related to semi-confined and free aquifers with respectively, low-medium vulnerability, and high vulnerability.

The work presents, in addition, an overview on the solid residues disposal situation in Paranaguá, PR, at present, and discusses the main rules and regulations used in sanitary landfills implementation.

DUARTE, Gerusa Maria

Depósitos cenozóicos costeiros e a morfologia do extremo sul de Santa Catarina. 14 de setembro, 300p. (vol. I) + 343 (vol. II). Orientador: Kenitiro Suguio.

Resumo: O extremo sul do Estado de Santa Catarina, área das bacias dos rios Araranguá e Mampituba, constitui-se do ponto de vista geológico, de rochas sedimentares e ígneas da Bacia do Paraná e depósitos sedimentares do Cenozóico. As rochas apresentam-se sob forma de escarpas e elevações residuais e embasam os sedimentos cenozóicos que cobrem a maior parte da área estudada.

Estes sedimentos constituem vários depósitos originados sob diferentes condições e ambientes que se distribuem do sopé da escarpa da Serra Geral até o Oceano Atlântico.

No oeste situam-se os depósitos de leques aluviais cobrindo superfície ampla, maior no Setor Norte que no Setor Sul da área, espalhando-se de aproximadamente 200 m até 10 m de altitude. São depósitos principalmente de áreas proximais e medianas dos leques. Constituem-se de depósitos rudáceos intercalados por vezes, e recobertos quase sempre, por materiais mais finos. A sua morfologia é de lobos com topo convexo, separados por áreas rebaxadas planas. Esta morfologia deve-se aos processos deposicionais e erosivos característicos da geração dos leques aluviais. Os depósitos distais de leque têm pequena representação. Os depósitos rudáceos são também encontrados em subsuperfícies, recobertos por depósitos marinhos litorâneos correspondentes a um nível de mar mais alto, anterior a 123.000 anos. Os depósitos e processos geradores dos leques aluviais são, portanto, já anteriores aos depósitos praias mais antigos da área e os depósitos em subsuperfície registram nível marinho mais baixo que o atual.

Seguem-se depósitos paleolagunares e paleoestuarinos, recobertos em certos trechos e situações por depósitos de paleolagoas, que se dispõem paralelamente ou transversalmente a corpos arenosos de cristais praias de várias idades. Frequentemente os depósitos de paleolagoas apresentam turfas com espessuras de 1 a 4,5 m.

Os depósitos arenosos praias são de várias idades, do Pleistoceno e do Holoceno e cobrem áreas das duas bacias fluviais. Os depósitos mais antigos, correspondentes a um nível de mar mais alto anterior a 123.000 anos, ocorrem no Setor Norte, ao Norte do Rio Araranguá na áreas Maracajá-Barro Vermelho no Campo Mãe Luzia-Herculio Luz, com altitudes entre 14 e 16 m e ao sul deste rio entre as cidades de Araranguá e Sombrio, com altitudes até em torno de 25 m. Uma parte deste depósito teve uma primeira etapa como ilha-barreira no período de transgressão marinha. O restante do depósito foi acrescentado no período regressivo que se seguiu, gerando cristas praias com altitudes entre 14 e 16 m. No Setor Sul estes depósitos de idades e altitudes similares ocorrem entre Santa Rosa do Sul, Vila Santa Catarina, São João do Sul até próximo ao Rio Mampituba. Eles são pleistocênicos, equiparados à Barreira II do Estado do Rio Grande do Sul.

A leste deste conjunto de cristas praias ocorrem lagoas parcialmente já colmatadas, contendo turfa, limitadas a leste por outro conjunto de cristas praias e dunas, do Pleistoceno (Barreira III), correspondentes a um nível de mar mais alto de 123.000 anos, seguidas por um terceiro conjunto (Barreira IV) com bom recobrimento eólico, com dunas ativas, do Holoceno.

Grande parte desta seqüência limita-se ao Norte e Sul por depósitos lagunares e estuarinos, hoje cortados pelos rios Araranguá, no norte e Mampituba no sul, com topo plano, levemente inclinados para leste.

Os depósitos da atividade eólica parecem ter dois momentos maiores: aquele do Pleistoceno mais antigo da área, e o atual. Corresponde ao Pleistoceno uma grande forma de origem eólica que alcança 100 m de altitude, embasada por rochas da Formação Palermo. Situa-se no nordeste da área estudada.

Alguns depósitos puderam ser datados através do C^{14} através de amostras de troncos, conchas e turfa, principalmente os lagunares, estuarinos e lacustres.

A seqüência de depósitos permite definir recorrência de processos, tanto marinho como continental.

Abstract: The southernmost region of the state of Santa Catarina, viewed geologically, is composed of sedimentary and igneous rock formations from the Paraná Basin and sedimentary deposits from the Cenozoic. The rock formations appear in the form of scarps and residual elevations and underlie the Cenozoic sediments that cover the greater part of the area under investigation.

These sediments consist of various deposits that originated under different conditions and environments and are distributed from the foot of the scarp of the "Serra Geral" (General Range) to the Atlantic Ocean.

In the west there are alluvial fan deposits covering a broad surface, larger in the Northern Sector than in the Southern Sector of the region, spreading out over an area that begins with an altitude of 200 m and goes down to one of 10 m. The deposits are found mainly in the proximal and medial areas of the fans. They consist of rudaceous deposits, interspersed in some areas, and nearly always covered with finer-grained material. They have a lobe morphology with a convex top, separated by low flat areas. This morphology is due to deposit and erosion processes characteristic of alluvial fans. The distal deposits of the fans have a very slight representation. Rudaceous deposits are also found on the subsurface, covered over with coastal marine deposits, corresponding to the higher sea level of over 123,000 years ago. The deposits and processes generated in the alluvial fans began earlier than this older coastal deposits and therefore the subsurface rudaceous deposits show lower sea level than the present one.

Paleolagoanar and estuary deposits in certain stretches and situations are covered by lacustrine deposits, running parallel or perpendicular to beach ridges sandy bodies from various ages. Lacustrine deposits frequently appear as surface sediments, consisting of peat, ranging in thickness from 1 to 4.5 m.

Sandy beach deposits are from varying ages of the Pleistocene and Holocene and cover areas of two river basins. The oldest deposits, corresponding to the higher sea level prior to 123,000 years ago, are found in the Northern Sector, to the north of the Araranguá River in the areas of Maracajá-Barro Vermelho and Campo Mãe Luzia-Hercílio Luz, with altitudes of 14 to 16 m to the south of this river, between the towns of Araranguá and Sombrio, with altitudes as high as around 25 m. One part of this deposit began as a barrier island during a period of marine transgression. The remainder was added in the regressive period that followed, giving rise to beach ridges varying in height from 14 to 16 m. In the Southern Sector deposits with comparable ages and altitudes are found around Santa Rosa do Sul, Vila Santa Catarina, São João do Sul, as far as the Mampituba River. They belong to the Pleistocene, and correspond to Barrier II in the state of Rio Grande do Sul.

To the east of this assemblage, lakes can be found, partially filled with peat. They are bound on the east by another Pleistocene set of beach ridges and dunes (Barrier III), corresponding to a higher sea level of 123,000 years ago and followed by a third formation (Barrier IV) with an aeolic covering and containing active dunes from the Holocene.

A large part of this sequence is bound to the north and south by lagoanar and estuary deposits, which are cut through at present by the Araranguá River to the north, and the Mampituba to the south. These deposits have a flat top and are slightly inclined to the east.

There seem to have been two major periods of aeolic activity: that of the oldest Pleistocene in the area and the present epoch. Belonging to the Pleistocene is a large formation of aeolic origin that reaches an altitude of 100 m and is supported by rocks of the Palermo Formation. It is situated in the northeast of the area under investigation.

Some deposits, with samples of trunks, shells and peat, mainly lagoanar, estuary and lacustrine deposits, could be dated by C^{14} .

The sequence of deposits makes it possible to define the recurrence of both the marine and continental processes.

FIGUEIREDO FILHO, Orlando Augusto de

Geoquímica e geocronologia de metavulcânicas e metagranitóides dos cinturões Orós e Jaguaribe, sudeste do Ceará. 03 de abril. 157p. Orientador: Mario Cesar Heredia de Figueiredo.

Resumo: O termo Faixa de Dobramento Jaguaribeana foi introduzido para representar todo o seguimento crustal que compreende a região centro-leste do Estado do Ceará e uma pequena porção do Estado de Pernambuco, onde ocorrem rochas metassedimentares. Neste trabalho, estamos restringindo o Faixa Jaguaribeana à região onde ocorrem os cinturões de dobramento Orós e Jaguaribe. Neles são encontradas rochas metavulcânicas e metagranitóides intrusivas, que apresentaram as mesmas características geoquímicas e idades correlatas.

Em relação às séries magmáticas, essas metavulcânicas indicaram forte afinidade toleítica, sendo que algumas amostras de ambos os cinturões também mostraram tendência cálcio-alcálica, indicativa de uma gênese relacionada à fusão de resíduos de rochas previamente associadas. De um modo geral, estas meta-ígneas apresentaram uma natureza subalcalina, com predominância de rochas metaluminosas sobre as peraluminosas.

Com base no padrão de distribuição dos elementos Terras Raras foram reconhecidos quatro grupos de rochas metavulcânicas, caracterizando, pela abrangência das ocorrências, uma típica associação bimodal. As rochas metavulcânicas, as mais abundantes, correspondem à metaríolitos, com metarioradocitos subordinados. Quanto às rochas metavulcânicas básicas elas mostraram uma química muito semelhante aos basaltos toleíticos modernos, característicos de zonas de "rifts" continentais, muito embora tenham sido também reconhecidos tipos E-MORB. De um modo geral, os diagramas de variação para os óxidos, quando aplicados para um bom número dessas metavulcânicas, estão sugerindo aquele modelo clássico de cristalização fracionada, onde $FeO + Fe_2O_3$, CaO e MgO decrescem, de uma maneira geral, com os valores crescentes de sílica.

Os quatro tipos petrograficamente distintos de metagranitóides também caracterizaram padrões distintos de distribuição das Terras Raras. A assinatura magmática dos "augen" gnaisses e ortognaisses sienograníticos indicou tratar-se de granitos intraplaca, gerados a partir de crosta continental atenuada e com uma química muito semelhante àquela dos metarioradocitos. Os outros tipos de metagranitóides indicaram uma química mais característica de granitóides sin a tardi tectônicos.

As datações Rb-Sr, obtidas no embasamento da Faixa Jaguaribeana, têm indicado idades arqueanas em torno de 2,6 Ga, que marcariam o tempo de formação dos granodioritos e tonalitos. Em zonas de migmatização estes mesmos corpos indicaram valores entre 2,2 Ga e 1,8 Ga, que representariam idades relacionadas ao Ciclo Transamazônico. Para as rochas metavulcânicas ácidas e "augen" gnaisses, as idades Rb-Sr e U-Pb, indicaram valores entre 1,8 Ga e 1,7 Ga, considerados como o tempo de posicionamento destas rochas. As idades Rb-Sr, obtidas para ortognaisses microporfíriticos, em torno de 520 Ma, também representariam o tempo de formação da rocha. Por outro lado, datações K-Ar obtidas em biotitas de "augen" gnaisses e em metarioradocitos indicaram idades de 498 Ma e 474 Ma, respectivamente, sendo interpretadas com o tempo de fechamento deste sistema isotópico.

Como modelo de evolução geodinâmica, propõe-se que logo após o final do Ciclo Transamazônico, por volta de 1,8 Ga, o segmento crustal da região correspondente à Faixa Jaguaribeana, experimentou um processo de afinamento crustal, resultando na instalação de um sistema de "rifts". No início deste processo de rifteamento ocorreu intenso vulcanismo félsico-intermediário, caracterizado por derrames e tufos de rioradocitos e dacitos (subordinados), acompanhados por um expressivo pacote de tufos e lavas básicas (hornblenda-gnaisses). Com a evolução do rifteamento segue-se uma típica sedimentação continental que atingiu até uma progradação marinha com a deposição de sedimentos plataformais, marcadamente pelíticos e químicos (carbonatos), caracterizando uma sedimentação do tipo "fining-up". Todo este pacote representaria uma seqüência do tipo QPC, encontrada em regiões de "rifts" intracontinentais modernos. O fechamento dessa bacia ensialica somente veio a ocorrer durante o Ciclo Brasileiro, quando a seqüência vulcano-sedimentar e as rochas plutônicas nela intrudidas foram deformadas e metamorfasadas, caracterizando, portanto uma deformação monocíclica.

Abstract: The denomination "Jaguaribeana Fold Range" was coined to encompass the crustal segment of the whole central-eastern region of the Ceará State and small northwestern portion of Pernambuco State, where metasedimentary rocks are found. In this work, we are limiting the Jaguaribeana Range just to the region where the Orós and Jaguaribe mobile belt's occur. In this particular domain, metavolcanics and intrusive metagranitoid rocks display exactly the same geochemical signatures, as well as isotopic ages.

As for magmatic series the metavolcanic rocks show a strong toleitic affinity, except for just few sample which display a calc-alkaline trend indicative of a genesis related to melting of residues of previous rock associated with the Transamazonian orogenesis. In general, these meta-igneous rocks are subalkaline types, with the metaluminous rocks outnumbering the peraluminous types.

Based on rare earth element patterns, four groups of metavolcanic rocks were recognized which, due to the symtial distribution, define a typical bimodal trend. The acidic metavolcanic rocks, the most widespread ones, correspond to metarhyolites, with minor metarioradocites. Basic metavolcanic rocks are characterized by a chemistry similar to toleitic basalts, characteristic of a modern continental rift

zone, although E-MORB type have been recognized. Overall, diagrams when applied to the majority of the metavolcanic rocks are suggestive of the classic model of fractional crystallization, where $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, CaO and MgO , in general, decrease with increasing silica values.

The four distinct type of metagranitoids are also characterized by a distinctive patterns of rare earth distribution. The magmatic signature of augen gnaisses and sienogranitic orthogneisses indicated characteristics of intraplate granites generated from attenuated continental crust and with a similar chemistry of the metarhyolites. The other types of metagranitoids gave a similar chemistry with a syn and late tectonics types of granitic rocks.

Rb-Sr dating for the basement of the Jaguaribeana Range has given archean ages (circa 2.6 Ga) for the time of formation of granodioritic to tonalitic bodies. As for migmatization zones, these same bodies depicted age data from 2.2 to 1.8 Ga, which would represent events related to the Transamazonian Cycle. For the acidic metavolcanic rocks and augen gneisses, Rb-Sr and U-Pb age data gave values from 1.8 to 1.7 Ga, which would represent the time of emplacement of these rocks, in an orogenic environment. Rb-Sr ages for microporphyritic orthogneisses, around 520 Ma, also indicated the formation time of these rocks. On the other hand, K-Ar dating in biotites of augens gneisses and metarhyolites gave ages from 498 Ma to 474 Ma, which would suggest the blocking time of this isotopic system.

As a model for geodynamic evolution, it is proposed that just after the Transamazonian Cycle, around 1.8 Ga, the continental crust in the region of to the Jaguaribeana Range, experienced a process of crustal thinning, promoting the onset of a rift system. Formerly, intense felsic to intermediate volcanism was developed, characterized by rhyolitic and minor dacitic flows and tuffs, associated with a conspicuous sequence of basic tuffs and flows (hornblende gneisses). As the rift evolved, a typical continental sedimentation followed, which reached a marine progradation, with deposition of platform sediments, markedly pelitic and chemical (carbonates) in nature, characterizing a fining-up sedimentation. Therefore, all this sedimentary rocks would represent a QPC type sequence, found in modern intracontinental rift regions. The closure of this ensialic basin became effective only during the Brazilian Cycle, when the volcano-sedimentary sequence and the plutonic rocks intruded therein were deformed and metamorphosed, therefore characterizing a monocyclic deformation.

GARDA, Gianna Maria

Os diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo. 14 de dezembro. 156p. + anexos. 2 vol. Orientador: Johann Hans Daniel Schorsch.

Resumo: A região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba e os costões das ilhas de São Sebastião, Anchieta e Mar Virado (Estado de São Paulo) são cortados por numerosos pequenos enxames e diques isolados de direção N55E. Os litotipos principais variam de básicos a intermediários. Entretanto, também ocorre uma variedade de lamprófiros alcalinos lado a lado com o grupo principal. As espessuras dos diques básicos a intermediários é muito variável, desde alguns centímetros a vários metros, enquanto os lamprófiros são menos espessos (algumas dezenas de centímetros).

Plagioclásio (labradorita/andesina), piroxênio (augita e rara pigeonita) e minerais opacos constituem os diques básicos a intermediários. Biotita com F e Cl é mineral acessório e edenita-hornblenda pode substituir o piroxênio. As bordas de alguns diques apresentam texturas de resfriamento rápido. Os centros dos diques mais espessos são faneríticos, apresentando cristais de plagioclásio rodeados por intercrescimentos granofíricos de quartzo e feldspato alcalino, dando à composição total da rocha um caráter mais intermediário. As temperaturas mínimas de cristalização dos pares augita-pigeonita são de 1000°C-1100°C. Ilmenita somente aparece nestas rochas; as temperaturas de exsolução desse mineral em espínélios de Fe e Ti são de 740°C ± 30°C e $\log_{10} \text{fO}_2$ de 16 ± 2.

Os lamprófiros, por sua vez, apresentam abundantes megacristais de olivina pseudomorfizada e clinopiroxênio. A matriz é formada por augita titanífera rica em Ca, plagioclásios cálcicos, minerais óxidos e vidro. Kaersutita, flogopita/biotita, analcima e melilita distinguem um tipo de lamprófiro de outro (camptonitos, monchiquitos, lamprófiros picríticos, biotita lamprófiros e um alnöito). Calcita é comum e forma, com analcima, estruturas globulares (*ocelli*), indicativas de altas pressões de H_2O , que também favorecem a cristalização de kaersutita.

Além um papel importante na química mineral do alnöito, pois compensa sua deficiência em

silica. Por exemplo, os cromoespinélios zonados possuem bordas com composições de titanomagnetitas rica em Al. Flogopitas e cromoespinélios zonados do alnöito e dos biotita lamprófiros mostram comportamentos químicos semelhantes dos núcleos para as bordas, sugerindo que estas variações composicionais ocorreram simultaneamente em ambos os minerais.

As composições dos núcleos frescos das olivinas são $Fe_{24}F_{16}$. A geotermometria aplicada às inclusões de cromoespinélios em megacrístais de olivina indicam temperaturas da ordem de 1000-1200°C.

Os Mg# dos diques básicos a intermediários são baixos (≤ 39), contrapondo-se aos dos lamprófiros (Mg# 51-73, ca. 80 para os lamprófiros picríticos). Os primeiros são classificados como basaltos, traquibasaltos, traquiandesitos basálticos e traquiandesitos. As quantidades de Al_2O_3 , Na_2O e K_2O aumentam, enquanto as de TiO_2 , FeO , MgO e CaO diminuem dos tipos básicos aos intermediários.

Os lamprófiros são classificados como foiditos, com $SiO_2 < 47\%$, Al_2O_3 variando entre 5% a 14%, $MgO > 7\%$ e com quantidades elevadas de H_2O e CO_2 . Além disso, os lamprófiros picríticos classificados como picrobasaltos apresentam os mais baixos conteúdos de TiO_2 , Al_2O_3 , FeO , Na_2O e K_2O . A classificação química também distingue um grupo de tefritos, composicionalmente intermediários entre os lamprófiros e as rochas básicas a intermediárias.

Os diques básicos a intermediários apresentam $(La/Yb)_N = 16$ e anomalias negativas de Nb, Ta e Sr. O alnöito apresenta $(La/Yb)_N = 42$ e está enriquecido em P, Ba, Sr, Th, U, Nb, Ta e elementos terras raras leves comparativamente aos outros litotipos. Também difere dos demais lamprófiros por apresentar anomalia negativa de Ti. Os lamprófiros picríticos mostram os perfis menos inclinados nos diagramas multielementares e são os menos enriquecidos em elementos incompatíveis.

Análises pelo método dos mínimos quadrados e cálculos de cristalização fracionada mostram que os lamprófiros picríticos são fases cumuláticas na evolução dos lamprófiros. Por outro lado, não foi possível derivar as rochas intermediárias das basálticas, sugerindo contaminação crustal, respaldada pelo hiato composicional de SiO_2 de 8-9%.

Os diques básicos a intermediários apresentam $\epsilon_{Nd}(t) \approx -5$ e $^{87}Sr/^{86}Sr$ inicial de 0,706 a 0,707, caindo num campo intermediário entre os basaltos de baixo e alto Ti da Bacia do Paraná. Por outro lado, os lamprófiros apresentam $\epsilon_{Nd}(t)$ entre +1 e +2 e $^{87}Sr/^{86}Sr$ inicial de cerca de 0,705, que indicam uma fonte mantélica mais profunda com maiores proporções de fusão derivadas da astenosfera.

O alnöito está fortemente enriquecido em Pb radiogênico ($^{206}Pb/^{204}Pb = 19.94$). Todas as amostras plotam acima da Linha de Referência do Hemisfério Norte (NHRL) nos diagramas Pb/Pb. Os dados de isótopos de Pb para as rochas básicas a intermediárias (incluindo alguns diorito pórfiros e diabásicos da região de Bairro Alto), biotita lamprófiros e um traquito da Ilha de São Sebastião evidenciam a anomalia DUPAL, o que não é o caso do alnöito e dos camptonitos/monchiquitos.

Os dados geoquímicos corroboram, portanto, para contribuições de diferentes componentes mantélicos na geração dos diques básicos a intermediários e lamprófiros. Enquanto os primeiros parecem estar relacionados com o magmatismo da Bacia do Paraná, os últimos podem estar associados a um evento magmático alcalino de idade intermediária entre a da intrusão dos diques básicos a intermediários (130 Ma) e aquela do complexo sienítico da Ilha de São Sebastião (80 Ma), como indicado pela isócrona $^{87}Sr/^{86}Sr$.

Abstract: The coastline between São Sebastião and Ubatuba cities and the shores of São Sebastião, Anchieta and Mar Virado Islands (São Paulo State, Brazil) are crosscut by several small swarms and isolated dykes trending N55E. The main rock types range from basic to intermediate, but also a conspicuous variety of alkaline lamprophyres occur side by side with the main group. The thicknesses of the basic to intermediate dykes vary widely, from a few centimetres to several metres, while the lamprophyres are a few tens of centimetres thick.

Plagioclase (labradorite/andesine), pyroxene (augite and rare pigeonite) and iron ores are the rock-forming minerals of the basic to intermediate dykes. Cl- and F-bearing biotite is an accessory mineral and edenite-hornblende may substitute for pyroxene. Quenching textures are found in the rims of some of the dykes. The cores of the thicker dykes are usually coarser grained and granophyric intergrowths of quartz and alkali feldspar usually surround plagioclase crystals, leading to more intermediate whole-rock compositions. The minimum augite-pigeonite crystallization temperatures are 1000°C-1100°C. Ilmenites only appear in these rocks and temperatures of exsolution in Ti-Fe spinel are 740°C \pm 30°C and $\log_{10}fO_2$ of

In turn, the lamprophyres present abundant megacrysts of pseudomorphosed olivine and clinopyroxene. The groundmass is composed by titaniferous Ca-rich augite, calcic plagioclases, oxide minerals and devitrified glass. Kaersutite, phlogopite/biotite, analcime and mellilite distinguish one type of lamprophyre from another (comptonites, monchiquites, picritic lamprophyres, biotite lamprophyres and an alnöite). Calcite is fairly common and forms, with analcime, globular structures (*ocelli*), indicative of high H₂O pressures, which also favours kaersutite crystallization.

Al plays an important role in the mineral chemistry of the alnöite, to compensate for its deficiency in silica. For example, zoned Cr-spinels have rims of Al-rich titanomagnetite compositions. Zoned phlogopites and Cr-spinels from the alnöite and biotite lamprophyres show similar chemical behaviour from cores to rims, suggesting that these compositional variations occurred simultaneously in both minerals.

Compositions of fresh cores of olivines are Fo₃₄Fa₁₆. Geothermometry applied to the Cr-spinels inclusions in olivine megacrysts indicates temperatures of the order of 1000°C-1200°C.

The basic to intermediate dykes have low Mg# (≤39) as opposed to the lamprophyres (Mg# = 51-73; *ca.* 80 for picritic lamprophyres). The former are classified as basalts, trachybasalts, basaltic trachyandesites and trachyandesites. Al₂O₃, Na₂O and K₂O contents increase while TiO₂, FeO, MgO and CaO decrease from basic to intermediate types.

The lamprophyres are classified as foidites, with SiO₂ < 47%, Al₂O₃ varying from 5% to 14%, MgO > 7% and with high H₂O and CO₂ contents. Furthermore, the picritic lamprophyres classified as microbasalts have the lowest TiO₂, Al₂O₃, FeO, Na₂O and K₂O contents. The chemical classification distinguishes a tephrite group, compositionally intermediate between lamprophyres and basic to intermediate rock types.

The basic to intermediate dykes have (La/Yb)_N = 16 and negative Nb, Ta and Sr anomalies. The alnöite has (La/Yb)_N = 42 and is enriched in P, Ba, Sr, Th, U, Nb, Ta and LREE comparatively to the other rock types. It also differs from the other lamprophyres by a negative Ti anomaly. The picritic lamprophyres show the flattened profiles in the multielement diagrams and are the least enriched in incompatible elements.

Least-square analyses and crystal fractionation calculations show that the picritic lamprophyres are cumulate phases in the evolution of the lamprophyres. On the other hand, it was not possible to derive intermediate rocks from basaltic ones, suggesting crustal contamination supported by a silica gap of 8-9%.

The basic to intermediate dykes have ε_{Nd}(i) ≈ -5 and initial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr of 0.706 to 0.707, falling in a range between the low- and high-Ti Paraná basalts. In contrast, the lamprophyres show ε_{Nd}(i) between +1 and +2 and initial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr around 0.705, which indicate a deeper mantle source with greater proportions of asthenospheric-derived melts.

The alnöite is highly enriched in radiogenic Pb (²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 19.94). All samples lie well above the Northern Hemisphere Reference Line (NHRL) on Pb/Pb plots. Isotope Pb data for basic to intermediate rocks (including some diorite porphyries and diabases from the inland Bairro Alto region), biotite lamprophyres and a trachyte from São Sebastião Island put the DUPAL anomaly in evidence for these rocks; it is not the case with the alnöite and the comptonites/monchiquites.

The geochemical data support a distinct input of mantle components in the generation of the basic to intermediate and lamprophyric dykes. Whereas the former seem to be related to the Paraná magmatism, the latter may be associated with an alkaline magmatic event intermediate in age between the intrusion of the basic to intermediate dykes (130 Ma) and that of the syenite complex of São Sebastião Island (80 Ma), as indicated by ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr isochrons.

GÓES, Ana Maria

A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba. 05 de setembro. 171p. + 10p. de anexos. Orientador: Armando Marcio Coimbra.

Resumo: Este trabalho refere-se à análise faciológica das rochas siliciclásticas da Formação Poti (Carbonífero Inferior) e das unidades limitrofes (formações Longá e Piauí), tomando-se como base dados

de superfície e de superfície coletados, respectivamente, na borda leste e oeste (Poço 2-IZ-1-MA) da Bacia do Parnaíba. Os resultados deste estudo levaram ao reconhecimento de duas seqüências deposicionais distintas, separadas por discordância. A primeira seqüência inclui depósitos do topo da Formação Longá e base da Formação Poti (Grupo Canindé). A segunda seqüência contém depósitos das porções basais da Formação Piauí (Grupo Balsas).

A análise faciológica dos dados de superfície revelou que a seqüência Longá (topo)/Poti (base) é representada por depósitos plataformais, litorâneos e fluviais, os quais estão organizados em uma sucessão predominantemente prográdante. O ambiente de plataforma é representado por pelitos laminados (lama de *offshore*), bem como por arenitos finos com estratificação cruzada *hummocky*, laminação truncada por onda e laminação plano-paralela (introduzidos pela ação de tempestades). Ambientes litorâneos são representados por depósitos de: a) *shoreface* (arenitos finos a médios com estratificação *swaley*); b) *tidal sand ridges* (arenitos finos a médios com estratificação cruzada sigmoidal); c) planícies de maré (ritmicos com acamamento *flaser, wavy e linsen*); d) barras de *foreshore* (arenitos finos com laminação plano-paralela, fitobioturbados e com lineações de corrente) e e) laguna (siltitos e intercalações arenitos/siltitos com laminação plano-paralela). Os depósitos fluviais são constituídos por arenitos grossos a conglomeráticos com estratificações cruzada tabular e acanalada, interpretados como resultantes de migração de barras e dunas subaquosas em sistema do tipo entrelaçado.

Estudo complementar da seqüência referida acima, baseando-se em dados de subsuperfície, combinando análise faciológica de testemunhos (Poço 2-IZ-1-MA) com a correlação com outros poços, sugerem deposição em sistemas deltaicos com retrabalhamento por ondas e marés, o qual evoluiu, em parte, para estuário (topo da Formação Poti). Neste contexto deltaico-estuarino, as fácies mais proximais correspondem à Formação Poti e as mais distais à Formação Longá.

A análise faciológica de parte da seqüência referente à base da Formação Piauí (Grupo Balsas) revelou depósitos de dunas eólicas, leques aluviais e de *wadis*, caracterizando um sistema desértico. A sedimentação Piauí foi desenvolvida em um cenário de progressiva mudança de paleolatitudes, tendendo a bacia a condições climáticas cada vez mais quentes e áridas. Os litotipos rudáceos e a presença de depósitos perturbados evidenciam a presença de abalos sísmicos concomitantes com a deposição, os quais provavelmente, resultaram de movimentações tectônicas relacionadas às manifestações precursoras da agregação do Supercontinente Pangea, durante o Permiano.

O clima vigente durante a deposição da seqüência Poti-Longá era do tipo temperado, sem evidências de quaisquer influências glacial ou periglacial na sedimentação. Altas taxas de evaporação são sugeridas pela presença das seguintes feições: a) estruturas do tipo *tepees*, b) concreções de gipsita ("rosa do deserto"); c) pseudomorfos de minerais evaporíticos e d) crescimento secundário eodiagenético de feldspatos. Durante a deposição da seqüência sobrejacente, condições climáticas mais quentes e áridas prevaleceram, culminando com um período de intensa desertificação da bacia. Acredita-se que a tendência a climas cada vez mais severos possa ser atribuída a bacia. Acredita-se que a tendência a climas cada vez mais severos possa ser atribuída à agregação do Supercontinente Pangea.

A evolução sedimentar das duas seqüências referidas acima só pode ser entendida, considerando-se o quadro geotectônico da Província Sedimentar do Meio-Norte do Brasil, onde estas acham-se inseridas. Esta província, anteriormente considerada como unidade geotectônica única (isto é, Bacia do Parnaíba), apresentou evolução policíclica, o que permite compartimentá-la em diferentes bacias com gênese e idades distintas (bacias do Parnaíba, das Alpercatas, do Grajáú e do Espigão-Mestre).

A Bacia do Parnaíba, com área de 400.000 km², representa porção remanente de extensa sedimentação intracratônica afro-brasileira. Três grandes ciclos transgressivos-regressivos (correspondentes aos grupos Serra Grande, Canindé e Balsas) são reconhecidos. Estes depósitos acumularam-se do Siluriano até a continentalização da bacia no Triássico, refletindo a formação do Pangea. No Jurássico, em decorrência do início dos processos relacionados com a desagregação do Paleocontinente *Gondwana*, a região central da Província Sedimentar do Meio-Norte foi abatida, gerando um sistema de *rifts* denominado de Anficlise das Alpercatas. Este "riftingamento" atingiu uma área de 70.000 km², onde sedimentos fluvio-lacustres (formações Pastos Bons e Corda) acumularam-se, formando uma sucessão de 200 m de espessura. Rochas vulcânicas de idades jurássica e eocretácea (formações Mosquito e Sardinha) ocorrem em associação a estes depósitos. No Cretáceo, como resultado da abertura do Atlântico, a sedimentação foi deslocada para novos sítios deposicionais. Ao norte, Bacia do Grajáú (área de 130.000 km²) estabeleceu-se como resultado da fase de subsidência térmica, promovendo a

acumulação de 800 m de sedimentos eólico-lagunares (formações Codó, Grajaú e Itapecuru). Concomitantemente, uma área de 170.000 km² subsidiu ao sul, resultando na Bacia do Espigão-Mestre, onde, pelo menos, 400 m de depósitos fluvio-eólicos foram acumulados (Grupo Areado e Formação Uruçuia).

Abstract: This research on siliciclastic rocks of the Poti Formation (Lower Carboniferous) and adjacent units (Longá and Piauí formations), based on both surface and subsurface data from the east and west (well 1-IZ-1-MA) portions of the Parnaíba Basin, respectively. The results of this study led to the recognition of the distinctive depositional sequences, separated by an unconformity. The first sequence encompasses deposits of the uppermost portion of the Longá Formation and lowermost portion of the Poti Formation (Canindé Group). The second sequence comprises the lowermost portion of the Piauí Formation (Balsas Group).

Faciological analysis based on surficial data revealed that the Longá-Poti sequence is represented by shelf, nearshore and fluvial deposits, arranged in a prograding succession. Shelf environment is represented by laminated pelites (offshore muds), as well as sandstones with hummocky cross stratification, parallel and wave-generated truncating lamination (storm deposits). Nearshore environment is represented by deposits of: a) shoreface (fine- to medium-grained sandstones with swaley cross stratification); b) tidal sand ridges (fine- to medium-grained sandstones with sigmoidal cross stratification); c) tidal flat (rhythmites with flaser, wavy, and linsen bedding); d) offshore bars (fine-grained sandstones with plane parallel lamination, phytobioturbation, and parting lamination); and e) lagoon (siltstones and interlayered siltstones/sandstones with plane parallel lamination). Fluvial deposits are represented by conglomeratic to coarse-grained sandstones showing tabular and trough cross stratification, attributed to migration of subaqueous bedforms and bars formed in a braided system.

Additional studies of the sequence referred above, based on subsurface data combining facies analysis of cores (well 1-IZ-1-MA) and correlation of ϵ -logs from this and twelve other wells from the Parnaíba Basin, suggests deposition in a deltaic environment reworked by waves and tidal currents. The delta would have evolved to an estuary at the top of the Poti Formation. Within this deltaic-estuarine system, the Poti Formation represents more proximal facies, while the Longá Formation represents more distal facies. Diagenetic studies of the Poti Formation based on core data revealed evidence of significant textural and mineralogical changes, which indicates eo- and mesodiagenetic stages. Eodiagenesis is indicated by: a) introduction of clay by biogenetic processes; b) mechanical compaction; and c) secondary feldspar growth. Mesodiagenesis is indicated by: a) chemical compaction; b) cementation by quartz, smectite, barite, calcite, kaolinite and dolomite; and c) dissolution of the newformed minerals.

The faciological analysis of the sequence represented by the Piauí Formation (Balsas Group) revealed eolian, alluvial fan and wadis deposits, characterizing a desertic depositional system. Rudaceous and disturbed deposits attest the presence of seismic chocks contemporaneous to the deposition, probably resulting from tectonic movements associated with the formation of the Pangea.

Climate during deposition of the Poti-Longá sequence was temperate, without evidences by glacial or periglacial influences, with high evaporation rates, as suggested by the following features; a) teepee structures; b) gipsite concretions ("desert roses"); c) pseudomorphs of evaporitic minerals; and d) secondary growth. During the deposition of the overlying sequence, warmer and arid climatic conditions prevailed, which culminated with an intensive desertification of the basin. It is thought that more severe climates resulted from the formation of Pangea in the Permian.

The sedimentary evolution of the two sequences referred above can only be understood considering the geotectonic scenario of the Brazilian Middle-North Sedimentary Province, in which these sequences are insert in. Three major transgressive-regressive cycles (equivalent to Serra Grande, Canindé and Balsas groups) are recognized. These deposits (3,000 m of thickness) accumulated from Silurian to Triassic as a response of the Pangea formation. During the Jurassic, with the Gondwana split out, the central portion of the Middle-North Sedimentary Province sank due to the formation of a rift system (Alpercatas Amphiclise). This rifting reached an area of 70,000 km², where fluvio-lacustrine sediments (Pastos Bons and Corda formations) accumulated, resulting in a succession having 200 m of thickness. Jurassic and Eocretaceous volcanic rocks (Mosquito and Sardinha formations) occur in association to these deposits. During the Cretaceous, as a result of the Atlantic Ocean opening, sedimentation shifted to new depositional sites. Northward, the Grajaú Basin (130,000 km²) established due to thermal subsidence,

promoting accumulation of eolian-lagunar deposits (Codó, Grajaú, and Itapecuru formations), which reached 800 m in thickness. Simultaneously, an area (170,000 km²) located southward sank, resulting in the Espigão-Mestre Basin, where at least 400 m of fluvio-eolian deposits accumulated (Areado Group and Uruçua Formation).

HADDAD, Regina Clélia

O Batólito granitóide Pinhal-Ipuiúna (SP-MG): um exemplo do magmatismo cálcio-alcálico potássico neoproterozóico no sudeste brasileiro. 07 de novembro. 270p. Orientador: Horstpeter Herberto Gustavo José Ulbrich.

Resumo: O magmatismo granitóide neoproterozóico do sudeste brasileiro compreende uma ampla variedade de suites com características geoquímicas peculiares, indicativas de uma complexa evolução tectônica. De particular interesse entre estas suites encontram-se grandes batólitos alongados sin-orogênicos, que constituem associações composicionalmente expandidas, e entre os quais se destaca o Batólito Pinhal-Ipuiúna.

O Batólito Pinhal-Ipuiúna abrange uma área de cerca de 930 km², e se estende do extremo nordeste do Estado de São Paulo ao sudoeste do Estado de Minas Gerais. Numa orientação de W para E, o batólito acompanha o limite do segmento setentrional da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé, definido pela zona de cisalhamento da Jacutinga, até a região de Ipuiúna (MG), quando então se inflete para NW, seguindo as estruturas regionais.

Os granitóides do maciço são intrusivos em orto- e paragneisses migmatíticos e sua colocação é anterior (a contemporânea?) tanto ao desenvolvimento da foliação principal, quanto ao auge da migmatização regional. Apresentam uma foliação tectônica marcante, de direção predominante WNW, desenvolvida sob temperaturas elevadas, e marcada pelo alinhamento de megacristais de feldspato alcalino e de minerais máficos.

Três associações distintas de granitóides, aflorantes nas vizinhanças do batólito, foram consideradas geneticamente independentes das rochas do maciço: (a) os biotita monzogranitos e granodioritos porfiríticos atribuídos ao Complexo Pinhal; (b) os granitos equigranulares a inequigranulares anatóticos "tipo" Pinhal; (c) os hornblenda-biotita monzonitos e quartzo monzonitos que constituem o Maciço Monzonítico Maravilha.

O Batólito Pinhal-Ipuiúna compreende um conjunto de rochas granitóides predominantemente porfiríticas a porfiróides, com uma ampla e contínua variação composicional (de quartzo monzodioritos a sienogranitos), que define uma tendência modal cálcio-alcálica de alto potássio. O mapeamento faciológico destes granitóides permitiu o reconhecimento de vinte e três fácies petrográficas distintas, que foram agrupadas em três grandes unidades, em função de suas características texturais e composicionais. A unidade mais antiga, São José da Prata, corresponde a termos intermediários, com amplo predomínio de quartzo monzodioritos e com os minerais máficos representados por hornblenda (\pm clinopiroxênio) e biotita, totalizando cerca de 20%. A segunda unidade, denominada Ipuiúna, é predominante e compreende essencialmente quartzo monzonitos que mostram variações gradacionais a monzogranitos, e têm anfíbólio e biotita como minerais máficos principais, perfazendo, em média, 15% do volume de rocha; "augen-gnaisses" desenvolvem-se numa faixa próxima à zona de cisalhamento de Jacutinga, na porção S-SW do batólito. A terceira unidade, Serra do Pau d'Alho, com as rochas mais diferenciadas do conjunto, é constituída por monzogranitos e sienogranitos com biotita como mineral máfico principal em proporções próximas a 5% nas fácies de maior expressão areal.

Enclaves máficos predominantemente quartzo dioríticos, comuns em todas as unidades, podem constituir ocorrências mapeáveis na região de Ipuiúna (MG). Apresentam relações de contato e interação com os granitóides do maciço que sugerem a contemporaneidade dos magmas máficos e félsicos. O magmatismo máfico parece ter caráter recorrente, tendo persistido até a cristalização das rochas mais tardias do batólito.

A caracterização geoquímica dos granitóides do Batólito Pinhal-Ipuiúna definiu uma suite cálcio-alcálica a alcali-cálcica de alto potássio, que estabelece uma seqüência contínua desde os termos intermediários das unidades São José da Prata e Ipuiúna até os granitos mais diferenciados da unidade Serra do Pau d'Alho. As rochas granitóides apresentam padrões geralmente fracionados de elementos

terras raras, com anomalias de Eu negligenciáveis a pronunciadas, concentrações relativamente elevadas de elementos LIL, bem como altas razões isotópicas de Sr, que refletem uma influência importante de materiais crustais mais evoluídos na gênese dos granitóides. Os enclaves máficos apresentam algumas feições geoquímicas similares àquelas dos granitóides encaixantes, mas fogem à tendência geral definida pelas rochas mais fracionadas do batólito, sugerindo um grupo químico distinto e geneticamente independente.

Parte da diversidade faciológica que caracteriza o batólito reflete a influência de processos complexos na evolução dos magmas parentais, envolvendo mecanismos de cristalização fracionada entre as diferentes fácies que definem a tendência evolutiva principal do maciço. Os modelamentos geoquímicos sugerem o fracionamento de plagioclásio, clinopiroxênio (\pm anfibólio), biotita e ilmenita na derivação das rochas intermediárias do batólito, enquanto que o fracionamento de feldspato alcalino, ao lado se proporções significativas de anfibólio, é indicado na derivação dos monzogranitos mais diferenciados da unidade Serra do Pau d'Alho. Processos adicionais envolvendo interação entre os granitóides e os enclaves máficos, no extremo leste do maciço, podem explicar variações faciológicas localizadas, e pulsos magmáticos distintos parecem caracterizar os sieno- e monzogranitos da porção oeste do batólito, que constituem grupos químicos distintos.

O grande volume de rochas granitóides com composição média relativamente primitiva, o caráter sin-orogênico, e as altas razões LILE/HFSE indicam feições de magmatismo de margens continentais ativas, envolvendo a contribuição de fontes enriquecidas em "componentes de subdução" na gênese dos granitóides do batólito. O acentuado enriquecimento no conteúdo de elementos LIL deve refletir fontes de manto litosférico enriquecido, ainda que uma contribuição substancial de crosta continental seja indicada pela elevada proporção de Sr radiogênico.

Os granitóides do Batólito Pinhal-Ipuiúna representam parte do extenso magmatismo cálcio-alcalino potássico regional, de caráter sin-orogênico ao Ciclo Brasileiro. São interpretados como anteriores à principal etapa de colocação da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé, e suas características geológicas, petrográficas e geoquímicas são comparáveis àquelas dos granitóides tipo I-Cordilheiranos, gerados em ambientes tectônicos pré-colisionais de arco magmático, e relacionados a regimes de subdução do tipo-B.

Abstract: Neoproterozoic granitic magmatism of southeastern Brazil comprises a wide variety of rock suites with peculiar geochemical signatures, that are indicative of a complex tectonic evolution. Among these suites are those making up the large and elongated synorogenic batholiths, formed by compositionally expanded granitic suites, of which the Pinhal-Ipuiúna batholith is of particular interest.

The Pinhal-Ipuiúna batholith, that comprises an area of about 930 km², extends from the northeastern part of São Paulo State to the southwestern of Minas Gerais State. Its orientation is close to E-W, following the limit of the northern segment of the Socorro-Guaxupé Thrust Nappe, here defined by the Jacutinga shear zone, with an inflection to NW at Ipuiúna region (MG).

The granitoids of the batholith are intrusive in migmatitic ortho- and paragneisses, and were emplaced before the main foliation and the regional migmatization were developed (or contemporaneously to both?). They show a remarkable tectonic foliation trending WNW, developed under high-temperatures and characterized by the orientation of K-feldspar megacrysts and mafic minerals.

Three associations of distinct granitoid units outcrop in the batholith vicinities and were considered genetically independent from the rocks of the massif: (a) porphyritic monzogranites and granodiorites that comprise the Pinhal Complex; (b) anatectic biotite granite of the Pinhal-type, and (c) hornblende-biotite monzonites and quartz monzonites of the Maravilha Monzonitic massif.

The Pinhal-Ipuiúna batholith comprises of porphyritic granitoids and displays a large and continuous compositional variation (from quartz monzodiorites to sienogranites) that defines a high-K calc-alkaline modal trend. Twenty three distinct petrographic facies were recognized in these granitoids and, accordingly to their textural and compositional characteristics, were grouped into three major rock units. The oldest is São José da Prata unit and it consists of rocks of intermediate composition, with the predominance of quartz monzodiorites in which the mafic minerals, represented by hornblende (\pm clinopyroxene) and biotite, correspond to 20%. The second unit, named Ipuiúna, predominates and comprises essentially of quartz monzonites with 15% of amphibole and biotite, and show gradational variations to monzogranites. Augen-gneisses occur close to the Jacutinga shear zone, at the S-SW portion

of the batholith. The third unit, Serra do Pau d'Alho, is represented by the most differentiated rocks, consisting of monzogranites and sienogranites. The mafic mineral is biotite and it is up to 5%.

Mafic quartz dioritic enclaves are commonly observed in the granitoids of all units and can be mapped at the Ipuíuna region (MG). They show contact relationship and interaction with the regional quartz monzonites, suggesting that the magmas responsible for the crystallization of both rocks are contemporaneous. The mafic magmatism seems to have persisted until the later units of the batholith have crystallized.

The geochemical behaviour of the granitoids of the Pinhal-Ipuíuna batholith indicates a high-K calc-alkaline to alkali-calcic suite, suggesting a continuous sequence from the intermediate members of the São José da Prata and Ipuíuna units to the most differentiated granites of the Serra do Pau d'Alho unit. Remarkable features are also the fractionated REE patterns with negative EU anomalies, weakly to strongly developed, and a significant LILE-enrichment, as well as high isotopic Sr ratio. This radiogenic Sr may indicate the influence of the continental crust in the genesis of the granitoids. The mafic enclaves show some chemical and isotopic signatures with the granitoids, but their composition depart, however, from the back-extrapolations of the chemical trend defined by the fractionated rocks of the batholith, suggesting a distinct and genetically independent chemical group.

Part of the faciological diversity of the batholith indicates the influence of complex processes in the parental magma evolution, involving mechanisms of fractional crystallization between the different facies that define the main evolutionary trend of the massif. Geochemical models suggest a fractionation of the plagioclase, clinopyroxene (\pm amphibole), biotite and ilmenite in the derivation of the intermediate rocks of the batholith, whereas the fractionation of K-feldspar and amphibole indicates the derivation of the most differentiated monzogranites of the Serra do Pau d'Alho unit. Additional processes involving the interaction of granitoids and mafic enclaves, at the easternmost part of the massif, may explain some faciological variations. The sieno- and monzogranites of the west portion of the batholith constitute different chemical groups that may represent distinct magmatic intrusions.

The great volume of granitoid rocks with relatively primitive average composition, the synorogenic character, and the high LILE/HFSE ratios indicate signatures of magmatism of active continental margins, with the contribution of sources rich in subduction components. The remarkable higher LILE contents may suggest the influence of LILE-rich source areas in the lithospheric mantle, although a large contribution from continental crust is implied by the high Sr isotopic ratio.

The granitoids of the Pinhal-Ipuíuna batholith represent a portion of the extensive regional high-K calc-alkaline to alkali-calcic magmatism, which is synorogenic to the Brasiliano Cycle. These rocks have been interpreted as being formed before the main emplacement stage of the Socorro-Guaxupé Thrust Nappe, and their geological, petrographical and geochemical characteristics are comparable to the Cordilleran I-type granitoids, thought to be generated in B-type subductional environments.

LANZARINI, Wilson Luiz

Modelos e simulações de fácies e seqüências fluviais e eólicas de reservatórios petrolíferos. 09 de agosto. 205p. Orientador: Gilberto Amaral.

Resumo: Nas bacias sedimentares brasileiras produtoras de hidrocarbonetos (petróleo e gás natural), três unidades estratigráficas de origem fluvial e/ou eólica se destacam como reservatórios: a Formação Sergi, do Jurássico, fase pré-rifte da Bacia do Recôncavo; a Formação Açu, do Cretáceo Superior, fase *drift* da Bacia Potiguar; e a Formação Monte Alegre, base da seqüência clástico-evaporítica de idade carbonífero-permiana da Bacia do Solimões.

A Formação Sergi, principal objeto deste estudo, apresenta fácies de sistema fluvial de canais entrelaçados, associados às fácies eólicas de dunas e interdunas. A Formação Açu foi depositada em um sistema fluvial de carga mista, com características entre entrelaçado e meandrante, e pode ser caracterizada como de um sistema meandrante de granulometria grossa. A Formação Monte Alegre apresenta fácies de dunas, interdunas, lagos de pequeno porte, *sabkhas*, e canais de *wadis*, de sistema desértico.

As fácies sedimentares destes sistemas são caracterizadas através da descrição de testemunhos e de afloramentos, com ênfase nos aspectos da geometria deposicional das unidades.

Modelos deposicionais conceituais de uma a três dimensões são construídos para as três unidades estratigráficas, procurando-se incorporar aos mesmos as dimensões das fácies e associações.

Por meio da utilização de *software* disponíveis na literatura, são aplicadas algumas técnicas de modelagem matemática e simulação de fácies e seqüências deposicionais. São utilizados modelos probabilísticos de processos de Markov e da geoestatística (simulação condicional de variáveis categóricas, no caso, fácies sedimentares). Modelos matemáticos determinísticos baseados em parâmetros deposicionais, tais como taxas de migração, sedimentação e subsidência do sistema, são empregados para geração de formas de leito, estruturas sedimentares primárias e seqüências aluviais.

Três imagens de satélite de ambientes sedimentares recentes, equivalentes aos sistemas deposicionais antigos das unidades estratigráficas em estudo, são processadas e classificadas em categorias de fácies sedimentares. Estas imagens são então empregadas no estudo geoestatístico para a determinação da variabilidade em planta das unidades genéticas.

Os resultados obtidos pela modelagem deposicional detalhada e pelas simulações matemáticas mostram a geometria e os padrões da distribuição de fácies sedimentares em uma ou mais dimensões, para cada um dos sistemas deposicionais estudados. Os modelos conceituais e matemáticos empregados apresentam resultados complementares, fornecendo dados possíveis de serem incorporados um ao outro, e ambos contribuindo para a definição de aspectos da geometria deposicional dos reservatórios. A integração entre modelos matemáticos probabilísticos (geoestatística de variáveis categóricas) e determinísticos (simulação de seqüências aluviais) permite a melhor escolha de parâmetros de entrada dos programas, como também uma melhor avaliação dos resultados das simulações.

Abstract: In the Brazilian sedimentary basins that have oil and gas production, three stratigraphic units of fluvial and/or eolian origin are important reservoirs: the Jurassic Sergi formation, pre-rift sequence of Recôncavo basin, the Upper Cretaceous Açu formation, drift sequence of Potiguar basin, and the Monte Alegre formation, the lower stratigraphic unit of the clastic-evaporitic sequence of the Carboniferous-permian age of the Solimões basin.

The Sergi formation is the main object of this work. It shows facies of a braided fluvial system, associated with eolian facies of dunes and interdunes. The Açu formation was deposited in a fluvial system of mixed load with characteristic between braided and meandering systems and can be described as a coarse grained meanderbelt system. The Monte Alegre formation shows facies of dunes, interdunes, small lakes, sabkhas, and channels of wadis, and constitutes a desertic system.

The sedimentary facies of the systems are characterized through cores and outcrops descriptions, with emphasis on the depositional geometry of the units. Conceptual depositional models of one to three dimensions are elaborated for these three stratigraphic units where facies dimensions and associations are incorporated.

With the help of available software in the literature, some technics of mathematical modelling and simulation of depositional facies and sequences are applied. Probabilistic models related to Markov processes and the geostatistic model (conditional simulation of categorical variables - in this case - sedimentary facies) are used. Deterministic models based on depositional parameters such as migration and sedimentation rates and system subsidence are used to generate bed forms, hydrodynamic sedimentary structures and alluvial sequences.

Three satellite images of recent sedimentary environments that are equivalent to the ancient depositional systems of the stratigraphic units under study are processed and classified into categories of sedimentary facies. These images are then used in the geoestatistical study for the determination of the horizontal variability of the genetic units.

The results reached by the depositional modelling and mathematical simulation show the geometry and the distribution patterns of sedimentary facies in one to three dimensions, for each studied depositional system. The conceptual and quantitative models show supplementary results, both contributing to define aspects of the depositional reservoir geometry. The integration between probabilistic models (geostatistics of categorical variables) and deterministic models (floodplain simulation model) allows a better definition of the programs entry parameters, as well as a better evaluation of the simulation results.

MARCIANO, Vitória Régia Péres da Rocha Oliveiros

O distrito pegmatítico de Santa Maria de Itabira, MG. Mineralogia, geoquímica e zoneografia. 27 de dezembro. 216p. 1 vol. Orientador: Darcy Pedro Svisero.

Resumo: Os pegmatitos estudados nesta tese afloram na região localizada a leste da Serra do Espinhaço, sendo limitada em sua porção meridional pelo Quadrilátero Ferrífero, tendo na extremidade norte o município de Serra Azul e ao sul o de Rio Piracicaba. A área em questão situa-se na borda oriental do Cráton do São Francisco. Os corpos pegmatíticos pertencem à Província Pegmatítica Oriental Brasileira e estão intrudidos em granitóides do embasamento cristalino.

Estes pegmatitos encontram-se encaixados, geralmente de forma discordante em rochas granitóides das suites dos Gnaisses Guanhões, Granitos Borrachudos e Gnaisses Bicas. Os granitos Borrachudos são caracterizados como peralcalinos, anorogênicos intra-placas, apresentando padrão de distribuição dos ETR com anomalia negativa de Eu, enriquecimento dos ETRL em relação aos ETRP. Os Gnaisses Guanhões e Bicas são também peralcalinos, anorogênicos, porém não puderam ser precisamente classificados quanto à ambiência geotectônica.

Foram cadastrados 68 corpos pegmatíticos, classificados como dos tipos simples e zonados simples. A mineralogia essencial destes corpos é constituída por feldspato potássio, quartzo, e micas muscovita e biotita. Berilo e columbita são minerais acessórios comuns a todos os corpos. Outros acessórios menos abundantes incluem a fluorita, o topázio, a monazita, a samarskita, a euxinita e a granada da série almandina-espessartita. Uma feição marcante é a presença de turmalina (schorlita) nos pegmatitos da porção norte, e de fenacita em um corpo da porção sul da Província.

Os feldspatos são representados por microclina máxima, pertilizada, cuja triclinicidade determinada por difração de raios X varia de 0,70 a 1,0 e albita de baixa temperatura. Em algumas lavras a microclina ocorre sob a forma da variedade gemológica amazonita, enquanto a albita em geral se apresenta sob a forma da variedade cleavelandita. Estes feldspato são pobres em elementos alcalinos raros, cujas razões K/Rb, K/Cs e Rb/Cs situam-se próximas daquelas apresentadas pelas rochas graníticas da crosta. A proporção de Zr e Y é diretamente proporcional ao conteúdo destes elementos nas rochas encaixantes. Análise por ICP-MS revelam $\Sigma\text{ETRL} > \Sigma\text{ETRP}$, e anomalia de Eu, ora positiva, ora negativa.

As micas são representadas pelos politipos 2M1 da muscovita e 1M da biotita. As razões K/Rb, K/Cs e Rb/Cs são similares às dos feldspatos e granitóides em geral. O teor em F varia em média de 0,5 a 2,0%, e todos elementos alcalinos raros apresentam-se em quantidades semelhantes a dos pegmatitos radioativos de Moçambique, África.

Os berilos constituem o principal interesse econômico dos pegmatitos que são explorados como gemas (variedade água-marinha) e como minério de Be. Apresentam-se em prismas hexagonais, geralmente associados à bavenita. O baixo teor em álcalis raros destes berilos permite classificar os pegmatitos como pertencentes ao grupo A da classificação de Cerný.

Os nióbio-tantalatos são constituídos por columbita ($\text{Nb} \geq \text{Ta}$ e $\text{Fe} \geq \text{Mn}$) de politipo desordenado, samarskita e euxenita geralmente metamictizadas. As inclusões identificadas por MEV-EDS são uraninita, uranomicrolita, tengerita e minerais silicatados constituintes da ganga.

A monazita ocorre sob a forma de cristais subédricos decimétricos de cor castanha, contendo inclusões de huttonita secundária, principalmente nas bordas do cristal. O conteúdo em ETRL > ETRP, e os teores e Th e La caracterizam corpos de diferentes áreas do Distrito de Santa Maria do Itabira.

As inclusões fluidas determinadas através da espectroscopia de absorção no infravermelho em feldspatos, micas, berilo, quartzo e monazita são constituídas por soluções aquosas contendo CO_2 e às vezes CH_4 . No caso do berilo as inclusões fluidas foram ainda investigadas por meio de microtermometria fornecendo uma temperatura de homogeneização total de 310°C a 460°C, que corresponde à temperatura de cristalização do mineral.

Os resultados obtidos no decorrer desse trabalho indicam que os pegmatitos do Distrito Pegmatítico de Santa Maria de Itabira são anatócticos anorogênicos e de idade brasileira. Os dados obtidos permitiram subdividir este Distrito em quatro campos distintos: Sabinópolis, Santa Maria de Itabira-Ferros, Serra Azul - Euxenita e o de Rio Piracicaba. Os corpos se caracterizam por conterem baixos teores em elementos alcalinos raros, nióbio-tantalatos com $\text{Nb} \geq \text{Ta}$, $\text{Fe} \geq \text{Mn}$, e enriquecimento em ETR, Y, U e Ca.

Abstract: During this work we investigated the mineralogy and the geochemistry of pegmatites that crop out along the area located between the municipalities of Serra Azul (S18°25'30" - W43°07'15") and Rio Piracicaba (S19°54'50" - W43°11'25") in central Minas Gerais State, Brazil. The area which represents a north-south strip of the Brazilian Eastern Pegmatite Province is situated near the western border of the São Francisco Craton and in the eastern section of the Espinhaço Range.

The pegmatites are intrusive in basement rocks which are represented by the Borrachudos Granites, the Guanhães Gneissic Suite and the Bicas Gneisses. The former are anorogenic intraplate alkaline granites characterized by Eu negative anomalies as well as enrichment of the LREE over the HREE. Guanhães and Bicas are also anorogenic and peralkaline; however, their real tectonic environment has not been established yet.

All in all 68 pegmatites were enrolled in the area being classified as simple and simple zoned pegmatites. Major mineral constituents are K-feldspar, albite, quartz, muscovite and biotite. Beryl and columbite rank as the commonest accessory phases, whereas fluorite, topaz, monazite, samarskite, euxenite and garnet (almandine-spessartite) are less common accessories. Mineralogical zoning may be represented in the area by the occurrence of schorlite spotted in several northern pegmatites while phenakite was recorded in a single southern pegmatite.

Feldspars comprise high microcline whose triclinicity indexes range from 0.7 up to 1.0, as well as low-temperature albite. In addition, microcline may occur as the green gemological variety amazonite and albite as the colourless cleavelandite variety. Both microcline and albite are depleted in rare alkaline elements; moreover, their K/Rb, K/Cs and Rb/Cs ratios resemble those of crustal granitic rocks. Zr and Y amounts are directly proportional to their contents in the country rocks. ICP-MS analyses revealed that $\Sigma\text{LREE} > \Sigma\text{HREE}$, as well as positive and/or negative Eu anomalies.

Micas are represented by the 2M1 muscovite and 1M biotite polytypes. Their K/Rb, K/Cs and Rb/Cs ratios resemble those of feldspars and granitic rocks as well. F contents range from 0.5 up to 2.0 wt.%. Rare alkaline element contents, on the other hand, are similar to those of radioactive pegmatites from Moçambique, Africa.

Economic interest is centered mostly on beryl which is exploited either as the famous blue aqua-marine or as an industrial mineral. Usually beryls occur as well developed hexagonal crystals associated with bavenite. Their low contents in rare alkaline elements suggest that the pegmatites belongs to the Group A of Cerny's classification.

Nb-tantalates are represented by the ordered polytype columbite ($\text{Nb} \geq \text{Ta}$, $\text{Fe} \geq \text{Mn}$), samarskite and euxenite, being the latter usually metamictic. Crystalline inclusions identified in columbite by using MEV-EDS include uraninite, uranomicrolite, tenerite and gangue silica minerals.

Monazite occurs as brown subhedric dcm-size crystals which usually contain inclusions of secondary huttonite located mainly along the borders. Their amounts of LREE > HREE; Th and La contents on the other hand, have been used to characterize different pegmatite clusters in the Santa Maria do Itabira District.

Infrared spectroscopy revealed that feldspars, micas, quartz, beryl and monazite contain fluid inclusions whose compositions include besides H_2O , CO_2 and sometimes CH_4 . Regarding beryl, microthermometric studies showed that the total homogenization temperature of their fluid inclusions is 310-460°C.

Mineralogical and geological research carried out during this work revealed that the pegmatites of Santa Maria do Itabira District are anorogenic, anatectic and were intruded during the Brazilian orogeny. As for the District, it was divided in four different fields: Santa Maria do Itabira, Sabinópolis, Serra Azul-Euxenita and Rio Piracicaba. Geochemical studies revealed that all the pegmatites have low contents of alkaline rare elements and Nb-tantalates with $\text{Nb} \geq \text{Ta}$, $\text{Fe} \geq \text{Mn}$; in addition, they are enriched in ETR, Y, U and Ca.

MARANHÃO, Maria da Saudade Araújo Santos

Fósseis das Formações Corumbataí e Estrada Nova do Estado de São Paulo: subsídios ao conhecimento paleontológico e bioestratigráfico. 21 de dezembro. 172p. + 362p. 2 vol. Orientador: Setembrino Petri.

Resumo: O enfoque da presente tese consiste no estudo dos fósseis das formações Corumbataí e

Estrada Nova, no Estado de São Paulo, como subsídio ao conhecimento paleontológico e bioestratigráfico do Grupo Passa Dois.

Na análise paleontológica são descritos: espículas de espongiários, bivalves, ostracodes, ictiodontes, escamas e cóprilotos, principalmente de paleoniscóides, estruturas biogênicas de afinidade taxionômica desconhecida, oogônios de carófitas e estromatólitos. Foi também realizada análise palinológica de duas amostras do Membro Serra Alta e uma amostra da Formação Corumbataí.

A distribuição dos bivalves possibilitou mudanças nos esquemas bioestratigráficos já estabelecidos para as unidades, com redefinições das biozonas *Barbosaia angulata* - *Anhembia froesi*, *Pinzonella illusa* - *Plesiocyprinella carinata* e *Pinzonella neotropica* - *Jacquesia brasiliensis*.

Com o objetivo de correlacionar as condições paleoambientais às associações fossilíferas, foram realizadas análises geoquímicas, para determinar as variações de boro, vanádio, gálio, rubídio, estrôncio, níquel e cromo ao longo de perfis e segundo as litologias, além das porcentagens de cálcio e magnésio. Também foram selecionadas cinco amostras do Membro Teresina para determinações da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

No Membro Teresina, a associação das fácies carbonáticas, fósseis e dados geoquímicos indica ambiente costeiro, parcialmente isolado, de águas rasas e calmas. Os bioclastos e oóides presentes nas lamas carbonáticas foram transportados para esse corpo de água semi-confinado durante tempestades.

Abstract: This thesis aims at the study of the fossil assemblages from Corumbataí and Estrada Nova formations in the State of São Paulo and is a contribution to the understanding of the paleontology and biostratigraphy of the Passa Dois Group.

Sponge spicules, bivalves, ostracodes, ichthyodonts, scales and fecal pellets, mainly of paleoniscids, biogenic structures of unknown taxonomic affinity, charophyte oögonia and stromatolites are described. It is also presented the palinologic analysis of two samples from Serra Alta Member and one sample from the Corumbataí Formation.

The distribution of bivalves allowed the redefinition of the *Barbosaia angulata* - *Anhembia froesi*, *Pinzonella illusa* - *Plesiocyprinella carinata* and *Pinzonella neotropica* - *Jacquesia brasiliensis* biozones proposed in the biostratigraphic schemes previously defined.

With the objective to correlate the paleoenvironmental conditions with the fossil associations, geochemical analyses were carried out in order to determine boron, vanadium, gallium, rubidium, strontium, nickel, lithium and chromium variations along profiles and according to lithologies in addition to the percentages of calcium and magnesium. Five samples were selected for $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio determinations.

In the Teresina Member, the association the carbonatic facies, fossils and geochemical data indicate a partial isolated, coastal environmental of calm, shallow waters. The bioclasts and ooids present in the carbonatic muds were transported to this semi-confined water body during storms.

MELO, José Geraldo de

Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal/RN. 08 de agosto. 196p. Orientador: Aldo da Cunha Rebouças.

Resumo: Neste trabalho foi estudada uma área de 90 km², onde está edificada a maior parte da cidade de Natal, com o objetivo de avaliar os riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas utilizadas no abastecimento desta comunidade. Foram delimitadas as áreas já afetadas e definida a origem e mecanismos das contaminações.

Como fundamento básico para conhecer o processo de contaminação, foi elaborado o modelo hidrogeológico conceitual. De acordo com este modelo, as unidades geológicas representadas por arenitos do Grupo Barreiras e areias de dunas, que ocorrem no domínio da área, formam um sistema hidráulico único, complexo e indiferenciado, que foi denominado Sistema Aquífero Dunas/ Barreiras. Este é, em geral, do tipo livre, de elevado potencial hidrogeológico e apresenta águas de excelente qualidade físico-química em suas condições naturais. As dunas exercem a função de uma unidade de transferência das águas de infiltração em direção aos estratos inferiores do Barreiras.

Dentre os fatores potenciais de contaminação das águas subterrâneas, convém destacar o

sistema de disposição local de efluentes e a ocupação irregular e desordenada do terreno. O principal tipo de contaminante envolvido é o íon nitrato.

Os resultados do monitoramento dos níveis d'água de poços mostraram que os poços situados em terrenos pouco ou não ocupados respondem mais rapidamente com a ocorrência das chuvas do que aqueles situados em áreas densamente povoadas, revelando a influência do terreno no processo de recarga do sistema aquífero.

O mapa de curvas de iso-concentração de nitrato indicou a presença de zonas com diferentes faixas de variação nos teores de nitrato as quais se correlacionam com a densidade populacional. Em geral, nos setores menos habitados (parte sul da área), os teores de nitrato são inferiores ao nível geral de base, ou seja 10 mg/l, enquanto que nos setores de elevada densidade populacional, o teor de nitrato atinge mais de 100 mg/l. As exceções se verificaram no caso de potencialização do fluxo subterrâneo oriundo de áreas contaminadas, que afetam setores até mesmo não habitados.

A contaminação das águas subterrâneas por nitratos ocorre, provavelmente, devido à oxidação dos amoníacos provenientes do sistema de disposição local de efluentes mediante o uso de fossas e sumidouros.

O setor norte da área estudada dispõe de uma rede de esgotamento sanitário. Entretanto, em grande parte do seu domínio os teores de nitrato nas águas subterrâneas continuam elevados em até mesmo crescentes ao longo do tempo, notadamente nos bairros mais antigos e de elevada densidade populacional. Isto se atribuiu ao caráter cumulativo e praticamente irreversível do processo de contaminação.

Abstract: This study comprises an area of 90 km², where a major part of the City of Natal is located. It's purpose is to evaluate the potential risk of groundwater contamination used by the local community. The affected areas were delineated and the origin and mechanisms of contamination were defined.

A conceptual hydrogeological model was developed as a basic foundation in order to recognize the contamination process. According to this model, the geological units represented by sandstones of the Barreiras Group and sands dunes form a unique, complex and indifferented hydraulic system, named the Dunes/Barreiras Aquifer System. This is a system of high hydrogeological potential and contains water of excellent natural physico-chemical quality. The dunes transfer the infiltrating waters to the lower strata of the Barreiras Group.

Among the potential factors of groundwater contamination are the type of system used for the disposal of local waste water and the irregular and disorganized land occupation. The principal contaminating agent involved is the nitrate ion.

The results of the water levels monitoring of various wells revealed that they ones located in unoccupied or sparsely populated areas respond quickly to rain run-off than those in densely populated areas, demonstrating the influence of land occupation in the recharge of the aquifer system.

The map of nitrate iso-concentration curves indicated the presence of different variation bands in the nitrate contents, which are related to population density. Generally, in the less habited sector (southern part of the area) the nitrate content is lower at the general base level, i.e. 10 mg/l, while in the sectors of high population density the nitrate content reaches over 100 mg/l. Exceptions were verified as cases of potential underground flow from contaminated areas, affecting even uninhabited sectors.

The groundwater contamination by nitrates is probably due to ammonia oxidation caused by the systems of sewerage disposal into cesspools and cesspits.

The northern sector of the studied area has a network of sanitary sewerage. Nevertheless, in a large part of this domain, the nitrate content in groundwater remains high and even increase with time, particularly in the older boroughs which have a higher population density. This is attributed to the cumulative and practically irreversible character of the contamination process.

MELO, Mário Sérgio de

A Formação Rio Claro e Depósitos Associados: sedimentação neocenozóica na Depressão Periférica Paulista. 27 de dezembro. 144p. 1vol. Orientador: Armando Marcio Coimbra.

Resumo: A pesquisa realizada teve como objetivo o estudo da Formação Rio Claro e depósitos

associados, visando contribuir para a compreensão da evolução geológica neocenozóica da Depressão Periférica Paulista, no centro-leste do Estado de São Paulo.

Tendo em vista o caráter descontínuo da maioria dos sedimentos neocenozóicos, adotou-se abordagem levando em conta, além das características faciológicas, sua relação como o relevo (níveis planálticos e perfil das vertentes das colinas).

Foram mapeados cinco níveis planálticos de extensão regional, sendo que os dois mais elevados ocorrem nas províncias geomorfológicas do Planalto Atlântico e Cuestas Basálticas (limitrofes com a Depressão Periférica), e os três mais jovens e rebaixados ocorrem dentro dos limites da Depressão Periférica. A associação de depósitos rudáceos e couraças ferruginosas com estes níveis planálticos é sugestiva de que eles correspondam a pediplanos elaborados durante fases de climas secos.

A Formação Rio Claro foi reconhecida na área do platô de Rio Claro, onde é mais contínua, e na borda leste da Depressão Periférica, em ocorrências descontínuas. Ocorre sobre os dois níveis planálticos principais que nivelam as colinas da região. É constituída por depósitos de sistema fluvial meandrante, formados sob clima úmido, agrupados em quatro litofácies principais: lamitos de processos gravitacionais; cascalhos e areais de fundo de canal e barra fluviais; areias de rompimento de diques marginais; e argilas de transbordamento em planície de inundação.

Na área do platô de Rio Claro a sedimentação foi controlada pela reativação neocenozóica de falhas com movimentação vertical na estrutura de Pitanga, alto estrutural ativo durante o Mesozóico, situado a jusante do sítio deposicional. Nas ocorrências da borda leste da Depressão Periférica, a sedimentação está mais claramente associada com barramentos litológicos (soleiras e diques de diabásio).

Além dos depósitos da Formação Rio Claro, foram identificados vários outros depósitos mais jovens na área estudada, a maior parte deles aparecendo em ocorrências pequenas e isoladas, não mapeáveis na escala 1:250.000. Eles testemunham episódios deposicionais efêmeros e restritos às calhas dos principais rios, e foram agrupados nas seguintes unidades informais: depósitos rudáceos de tálus e leques aluviais separados da escarpa da cuesta; couraças ferruginosas; depósitos colúvio-aluviais em rampas e terraços elevados; depósitos aluviais em rampas e terraços elevados; cascalhos aluviais em terraços elevados; depósitos rudáceos de tálus e leques aluviais junto à escarpa de cuesta; depósitos lamíticos de fluxos gravitacionais; cascalhos aluviais em terraços intermediários; depósitos colúvio-aluviais em baixos terraços; cascalhos aluviais em baixos terraços junto à escarpa de cuesta; depósitos de fundo de boçorocas; depósitos colúvio-eluviais areno-argilosos em topos e rampas de colinas amplas; depósitos lacustres em depressões fechadas; aluviões em planícies e baixos terraços.

Dentre estes depósitos mais jovens que a Formação Rio Claro, destacam-se, pelo alcance da área de ocorrência, as coberturas colúvio-eluviais areno-argilosas, extensas e delgadas, situadas em relevos de colinas amplas sobre substrato arenoso.

Foram identificados, nos depósitos estudados, os seguintes indicadores paleoambientais do Pleistoceno Superior e Holoceno: fragmentos de carvão vegetal nas coberturas colúvio-eluviais; conteúdo palinológico e de microcarvões das turfeiras nos aluviões em planícies e baixos terraços; conteúdo palinológico dos depósitos lacustres em depressões fechadas.

As estruturas e feições morfológicas observadas permitiram interpretar a ocorrência de quatro fases de deformações tectônicas pós-triássicas: *fase I*, jurássico-cretácea, correspondente à injeção de diques de diabásio, com estruturas principalmente WNW-ESE; *fase II*, cretácea inferior, com estruturas principalmente NE-SW e secundariamente WNW-ESE, com movimentação horizontal dominante e hidrotermalismo associado; *fase III*, paleogênica, reconhecida apenas na área do alto rio Pardo, com estruturas E-W, NE-SW e NW-SE e movimentação normal dominante, contemporânea da abertura das bacias de São Paulo e Taubaté; *fase IV*, neogênica, reconhecida apenas na área da estrutura de Pitanga, deduzida principalmente a partir de evidências morfológicas e da acumulação da Formação Rio Claro.

Os resultados da pesquisa incluem mapas geomorfológicos (níveis planálticos), geológico e de estruturas da área estudada, em escala 1:250.000. É apresentada proposta de reordenamento estratigráfico das unidades litoestratigráficas neocenozóicas daquela porção da Depressão Periférica. São reconhecidos alguns dos principais fatores responsáveis pela sedimentação, seqüenciados numa proposta de evolução geológica.

Abstract: This study dealt with the Rio Claro Formation and associated deposits, which comprise continental Neocenozoic sediments of the inner lowlands (called *Depressão Periférica*) in southeastern

Brazil. These sediments are discontinuous and thin, and their interpretation and classification required the use of geomorphic concepts as well as usual lithostratigraphic concepts.

Five planation surfaces of regional extent have been recognized: the youngest three occur lower within the limits of the *Depressão Periférica*, whereas the oldest two occur higher in the neighbouring terrains. Coarse deposits and ferricrites associated with these planation surfaces suggest that they were formed by pediplanation cycles under dry climatic conditions.

The Rio Claro Formation is more continuous in its type-area (near the city of Rio Claro), and is discontinuous near the eastern border of the *Depressão Periférica*. It lies upon the two highest planation surfaces which levelled the hills of the area, and is of about the same age as these surfaces. It embraces deposits of meandering fluvial nature formed under humid climate, comprising four principal lithofacies: sandy and gravelly muds of gravity processes; gravels and sands of channel lag and channel bar deposits; sands of crevasse splay deposits; and muds of overflow in flood plains.

Four phases of Post-Triassic tectonic deformation have been recognized: 1) Jurassic-Cretaceous, with diabase dykes injection mainly along WNW-ESE structures; 2) Early Cretaceous, with subhorizontal displacements and hydrothermalism associated to NE-SW and WNW-ESE structures; 3) Paleogene, with normal fault displacements along E-W, NE-SW and NW-SE structures; 4) Neogene, with vertical displacements along NE-SW and NW-SE structures in the area of the Pitanga structural high.

In the type-area of the Rio Claro Formation accumulation was controlled by the Neogene reactivation of faults with vertical displacements in the Pitanga structural high, which had been active mainly in Mesozoic times. On the eastern border of the *Depressão Periférica* the Neocenoic sediments show clear association with lithological barriers (diabase sills and dykes).

Large and thin colluvial-elluvial sandy-clayey covers are the most important among the other types of Neocenoic deposits younger than Rio Claro Formation. They contain pieces of charcoal of Holocene age, probably the remnants of fires associated with short-term dry climatic phases.

MELLO, Ivan Sergio de Cavalcanti

Geologia e estudo metalogenético do Maciço Itaoca, Vale do Rio Ribeira, SP e PR. 19 de dezembro. 168p. 1 vol. Orientador: Jorge Silva Bettencourt.

Resumo: O maciço granitóide Itaoca possui área superior a 200 km², e integra os terrenos pré-cambrianos do Cinturão Ribeira que afloram no sul-sudeste de São Paulo e nordeste do Paraná (Vale do Ribeira), como parte das faixas de dobramento do Sudeste do Brasil.

As encaixantes do batólito, que se mostra intrusivo e circunscrito, são metassedimentos do Subgrupo Lageado (parcialmente equivalente ao Grupo Açungui), cuja estratigrafia é aqui revisada e parcialmente correlacionada com a Formação Água Clara, considerada basal à unidade Lajeado.

Foram reconhecidas e mapeadas no maciço fácies e associações de fácies granitóides calcioalcalinas monzoníticas de alto potássio.

A natureza do batólito e suas encaixantes, a relação de contato entre as ígneas e os metassedimentos, a distribuição das fácies intrusivas no maciço e os parâmetros físico-químicos de formação dos escarnitos da área permitem considerá-lo posicionado entre a epizona e mesozona crustais, dos 6 a 7 km de profundidade, e formado por várias injeções granitóides e sienitóides cogenéticas, por *balloning*, a partir de magma precursor gerado na base da crosta. Esta fusão original, essencialmente crustal, teria composição primordial diorítica e pode ter recebido contribuição mantélica, a considerar-se como indicativos, nesse sentido, alguns dos enclaves existentes na área.

A sistemática Rb/Sr, aplicada em rochas totais granitóides, atribui ao maciço idade isocrônica de 626 Ma.

O maciço possui assinaturas petrográficas, geoquímicas e metalogenéticas que permitem classificá-lo como do tipo *I Cordilherano*. Dentro da evolução geológica do Vale do Ribeira, pode ser considerado tardio ao desenvolvimento de arco magmático do tipo andino, e sin a tardi-tectônico em relação a episódio de deformação da *bacia Açungui*, no final do Neoproterozóico (Brasiliano).

No maciço há ocorrências minerais diversas, dentre as quais se destacam as de wollastonita (CaSiO₃) e scheelita-powellita [Ca(W,Mo)O₆], alojadas em escarnitos formados pelo metamorfismo térmico de contato da intrusão com mármores de pendentes do teto posicionados no centro do batólito.

Dessas ocorrências, a wollastonita é gerada por processos de decarbonatação das matrizes marmóreas dos escarnitos, em decorrência do metamorfismo de contato.

Os corpos metamórficos mineralizados do Itaoca são representantes clássicos dos W-Mo-Cu escarnitos de contato magmático reconhecidos em diversas partes do mundo. Estes corpos e as mineralizações associadas foram constituídos em vários estágios metamórfico-hidrotermais, a partir dos 600°C e pressão em torno de 2 kbar. A mineralização de wollastonita e scheelita-powellita se superpõem sulfetos metálicos diversos (pirita, pirrotita, arsenopirita, molibdenita, esfalerita, calcopirita, bornita), minerais supergenos de cobre (malaquita e azurita) e ouro, gerados em temperaturas progressivamente rebaixadas.

Por sua vez, a partir de indicadores diversos, quais sejam a linhagem granitóide do Itaoca, a tipologia dos depósitos e as assinaturas isotópicas de estrôncio, carbono e oxigênio dos escarnitos, sugere-se origem magmática para o conteúdo metálico do estágio metamórfico destes corpos.

Com base em correlações entre as matrizes marmóreas dos escarnitos e os litotipos associados, dos pendentes do teto do Itaoca, os metassedimentos da borda do maciço e as unidades metassedimentares regionais, apresenta-se modelo para a geração de escarnitos de contato magmático no Vale do Ribeira. Neste caso, os escarnitos seriam corpos *stratabound*, associados aos horizontes marmóreos da Formação Água Clara, basal ao Subgrupo Lajeado, enquanto que seus principais conteúdos metálicos estariam subordinados à natureza das intrusivas granitóides envolvidas na geração desses corpos metamórficos.

Características mercadológicas, reservas, teores dimensionados e ensaios de beneficiamento indicam que, no Itaoca, a mineralização de wolfrâmio não possui significado econômico, enquanto que as reservas de wollastonita do maciço, da ordem de 400.000 toneladas do mineral, poderão vir a se constituir em uma nova matéria-prima nacional para o parque industrial brasileiro.

Abstract: The Itaoca batholith covers an area above 200 km² and is believed to be part of the Ribeira Folded Belt being confined to the Ribeira Valley, which occupies the south-southeastern part of the State of São Paulo-Brazil.

The massif is intrusive and circumscribed in character and also emplaced into metasedimentary rocks of the Lajeado Subgroup, partially referred to the Açungui Group. The stratigraphy of the Lajeado Subgroup is revised and partially correlated to the Água Clara Formation, positioned below this unit.

The truncated discordant contact relationships, aureoles, internal facies distribution and the physico-chemical skarn formation characteristics indicate that the granites are mesozonal to epizonal in character and were emplaced at a depth in the range of 6 to 7 km.

The massif consists mainly of high potassium calc-alkaline monzonitic granitoids, a composite of multiple granitoid to syenitoid igneous units considered to be co-genetic injections derived from a deep seated crust. The magma type is indicative of I-type infracrustal source material of dioritic composition. This assumption is also evident from the whole rock features and chemistry of some enclaves seen in the pluton.

Field relations, petrography, mineralogy, chemical compositions, isotopic signatures and related metallogeny suggest a similarity of Itaoca with Cordilleran I-type, magnetite plutons.

The batholith is a late component of Andinotype subduction related magmatic arc and is also considered to be syn to late-kinematic in relation to the Neoproterozoic Açungui Basin deformation episode.

The ore deposits are directly associated with *roof pendant* skarn bodies, located in the central part of the massif, and include: wollastonite (CaSiO₃) and scheelite-powellite [Ca(W,Mo)O₄] which were formed by magma interaction (thermal metamorphism) with surrounding *roof pendant* carbonate rock.

The wollastonite was generated by decarbonation reaction of the country rock marbles by contact metamorphism.

The mineralized bodies are classic W-Mo-Cu bearing, calcic, reduced skarns.

The skarns and associated mineralization were formed during two major stages, metasomatic and hydrothermal, under peak contact metamorphism conditions of about 600°C and 2 kbar.

Besides wollastonite and scheelite-powellite mineralization there is an overlap of a sulphide assemblage containing pyrite, pyrrhotite, arsenopyrite, molibdenite, sphalerite, and chalcopyrite which might be related to slightly falling temperatures accompanied by reduced conditions and hydration of the

skarn mineral assemblages. Malachite, azurite and gold are also present being late products generated at low temperatures (<80°C) conditions.

The oxidation state of the magma, the amount of initial water, the depth of emplacement of the batholith, the types of mineralization, the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ skarn isotopic signatures play an important role in evaluating the formation of the metal-rich skarns and suggest a magmatic origin for the wolfram mineralization.

Correlation of roof pendant and metasedimentary contact rock Itaoca pluton as well as regional metamorphic rocks units, can be used to constrain the origin of the contact skarn rocks origin.

The Água Clara Formation marble horizons might favor the generation of stratabound skarn bodies whereas the source and relative abundance of metasomatic stage might reflect and be subordinate to the nature and evolution of the granitoid involved in the skarn formation.

The wolfram deposits of the Itaoca batholith did not yield any significant economic reserves. However, wollastonite measured reserves are of the order 400,000 tons which is great significance for Brazilian industry.

MENDES, Júlio César

Mineralogia e Gênese dos pegmatitos turmaliníferos da Mina do Cruzeiro, São José da Safira, Minas Gerais. 09 de outubro. 260p. Orientador: Darcy Pedro Svisero.

Resumo: Durante a expedição de 1674, o bandeirante Fernão Dias Paes Leme descobriu a Serra Resplandescente ou do Cruzeiro, onde estaria a primeira ocorrência e/ou jazimento de *esmeralda*, um mineral-gema muito procurado pelos portugueses no lado leste do continente latino-americano. Com a descrição da turmalina, provou-se tratar apenas de verdelita e este jazimento ficou abandonado até o início deste século. A partir de 1914, uma lavra rudimentar foi iniciada visando a retirada de turmalinas gemológicas. Porém, o real início da mineração no Cruzeiro só veio com o advento da 2ª Guerra Mundial, devido à grande demanda de mica pelos países aliados. Neste período, o Estado de Minas Gerais supriu quase um quarto das necessidades deste mineral aos países aliados, com a Lavra do Cruzeiro contribuindo com mais da metade dessa produção. Finalizada a guerra, todos os trabalhos de exploração voltaram-se para os minerais-gemas e nos dias atuais, o Pegmatito do Cruzeiro é um dos maiores produtores de turmalinas do mundo.

A Mina de Turmalina do Cruzeiro está situada no centro-nordeste do Estado de Minas Gerais, aproximadamente a 13,5 km a norte da Cidade de São José da Safira. O local dista cerca de 430 km de Belo Horizonte e pode ser alcançado facilmente por rodovias em sua maior parte pavimentadas.

A região dos Pegmatitos Turmaliníferos da Mina do Cruzeiro não conta com trabalhos geológicos sistemáticos em escala de detalhe ou semidetalle. Regionalmente, a região de São José da Safira está situada a noroeste da Província Mantiqueira, próxima ao limite dessa província com o Cráton do São Francisco, na Subprovíncia Médio Rio Doce. Esses e outros corpos pegmatíticos estão encaixados em um embasamento constituído de rochas gnáissicas, quartzíticas e xistosas, denominado de Gnaiss Piedade.

O mapeamento litológico da região da Jazida de Turmalina do Cruzeiro, em um área de aproximadamente 380 km² em torno da mineração, revelou a presença de dois agrupamentos litoestruturais distintos, sendo um deles representado pelo Gnaiss Piedade ou pelas rochas xistosas, e o outro por uma seqüência rochosa encaixada nestes xistos, cujos representantes da base para o topo são, uma camada de rocha metalultramáfica, um pacote de metapelitos composto por biotita xisto e um pacote espesso de quartzito com pequenas intercalações de biotita xistos.

Em termos petrográficos, as litologias xistosas pertencentes ao Gnaiss Piedade são representadas por três tipos diferentes de xistos; o clorita-moscovita-biotita xisto com granada, o estauroлита-moscovita-biotita xisto com granada e o granada-clorita-moscovita-biotita xisto. A seqüência rochosa formadora da Serra do Cruzeiro ou Resplandescente é predominantemente composta por litologias quartzíticas e, subordinadamente, por camadas de rochas xistosas. Entre esses xistos, há tipos provenientes do metamorfismo de rochas ultramáficas e os de composições aluminosas e derivados de pelitos. As assembléias minerais encontradas na região de São José da Safira indicam que as litologias aí presentes foram submetidas a um metamorfismo de pelo menos grau médio (fácies anfíbolito), sem atingir

o grau forte. Apesar da inexistência de granito, tal fato indica que é grande a possibilidade dos pegmatitos complexos e altamente diferenciados dessa região serem provenientes de corpos graníticos não aflorantes na área mapeada.

A Mina do Cruzeiro é composta por três corpos pegmatíticos aproximadamente paralelos, denominados de Veios 01, 02 e 03, principalmente em função de suas espessuras decrescentes, quando caminha-se no sentido de leste para oeste dessa mineração. O Veio 01 tem cerca de 1.300 m de comprimento por até 60 m de largura; o Veio 02 apresenta 900m de comprimento por cerca de 20 m de largura e o Veio 03, um comprimento de 700 m e uma largura máxima de 8 m, em afloramento no decreto de lavra da Mina do Cruzeiro. As soluções pegmatíticas penetraram ao longo de planos de rupturas de forma tabular, discordantes das estruturas das rochas quartzíticas encaixantes, com direção N20-30W e mergulho 80-86SW.

A mineralogia dos Pegmatitos do Cruzeiro é bastante complexa e compreende, até hoje, cerca de 20 espécies minerais diferentes. Micas clara (moscovita), rósea (possivelmente lepidolita ou mica litinífera) e polyolithionita; o grupo das turmalinas com as espécies schorlita e elbaíta; os nióbio-tantalatos nas variedades da columbita-tantalita, behierita e o grupo da aeschynita; grandes ripas de espodumênio; amblygonita feldspatos incluindo albitas, lamelas de cleavelandita e feldspatos potássicos com estruturas gráficas; quartzo leitoso e hialino; berilo azulado e róseo; granadas nas moléculas almandina e espessartita; cassiterita apatita e algumas raridades mineralógicas. Como esses pegmatitos encontram-se no alto de um serra e encaixados em quartzitos muito resistentes aos processos erosivos, alguns de seus minerais estão muito alterados. Tal fato, impossibilita a obtenção de análises químicas confiáveis, visando a interpretação geoquímica dos processos evolutivos dessas apófises pegmatíticas. Diante disso, todos os trabalhos desta tese, foram feitos em turmalinas, micas, nióbio-tantalatos, cassiterita, berilos e granadas, uma vez que esses minerais não estão alterados e a interpretação de suas características químicas permitiu compreender os processos genéticos responsáveis pela formação dessa jazida.

Com base nos dados obtidos nos trabalhos de campo e de laboratório, foi possível compreender alguns dos inúmeros problemas inerentes à gênese dos pegmatitos formadores da Mina do Cruzeiro. A origem dos corpos, entretanto, permanece ainda como uma questão controversa, havendo grande possibilidade de uma origem granítica, ligada a granitos não aflorantes na área mapeada. Trata-se de pegmatitos complexos, altamente diferenciados e portadores de elementos raros. O processo de formação da jazida está intimamente ligado a aspectos estruturais, tendo em vista a presença de lineamentos claramente definidos, alinhados segundo a direção N10-20W nos dois domínios já descritos e dado pela própria orientação das várias minas e garimpos existentes na região.

Abstract: During the 1674 expedition, the *bandeirante* (explorer) Fernão Dias Paes Leme discovered the *Serra Resplandescente* (Shining Mountain) also called *Cruzeiro*, where he expected to discover the first Brazilian emerald deposit, a gem-mineral widely searched for the Portuguese on the eastern side of the Latin American continent. The deposit he discovered was later proved to be of a green variety of tourmaline (verdelite). This deposit was abandoned until the beginning of the 20th C. From 1914 on, small scale mining activities started aimed at the extraction of gemological tourmalines. Large scale mining in *Cruzeiro* took place during the Second World War for the extraction of mica by the Allied Countries. During this period the State of Minas Gerais supplied approximately a quarter of the demand of this mineral to the Allied Countries. The *Cruzeiro* region furnished half of this production. With the end of the War, all the exploitation work turned to the gem-minerals and nowadays, the *Cruzeiro* Pegmatite is one of the world's largest producers of tourmalines.

The *Cruzeiro* tourmaline deposit is located 13,5 km north of the town of São José da Safira in the Northeastern portion of the State of Minas Gerais. The mine is 430 km away from Belo Horizonte and it can easily be reached during the dry season.

Systematic geological studies on the country rocks of the tourmaline pegmatites do not exist. The region of São José da Safira is located to the Northwest of the *Provincia Mantiqueira*, near the limit of this *Provincia* with the *Cráton do São Francisco*, in the *Subprovincia Médio Rio Doce*. The pegmatite bodies of the area are embedded in a basement complex made up of gneisses, quartzites and schist, called *Gnaiss Piedade*.

The lithologic mapping in a area of 380 square kilometers surrounding the tourmaline mine of *Cruzeiro* revealed the presence of two distinct lithostructural units called *Gnaiss Piedade* and the *Serra*

do *Cruzeiro* Sequence. The *Gnaiss Piedade* is composed of gneisses, quartzites and mainly schists.

This schists are of three different types, the chlorite-muscovite-biotite schist with garnet, the staurolite-muscovite-biotite schist with garnet and the garnet-chlorite-muscovite-biotite schist. The *Serra do Cruzeiro* Sequence overlies these schists. From the bottom to the top it is composed by a layer of metatramafic rock, a layer of metapelites composed of biotite-schist and a thick layer of quartzite with small intercalations of biotite schists. The high topography of the *Cruzeiro* Mountains is due to the quartzitic rocks, which are not easily weathered.

The mineral paragenesis found in the rocks of the São José da Safira region indicate that the lithologies were subjected to a metamorphism of at least medium grade (amphibolite facies), without reaching the partial fusion stage. Although granite was not found in the mapped area, there is a great possibility that the highly differentiated and complex pegmatites of this region derived from granitic bodies. The emplacement of the pegmatities seems to have a regional structural control. This is indicated by the concentration of many pegmatite bodies along lineaments oriented N10-20W.

The *Cruzeiro* Mine is composed of three pegmatitic lens-shaped bodies with nearly parallel orientations, called here Vein 01, 02 and 03. Vein 01 is about 1,300 m long and up to 60 meters wide; Vein 02 is 900 m long and about 20 m wide and Vein 03 is 700 m long with a maximum width of 8m, in outcrop. The pegmatitic solutions penetrated along tabular rupture surfaces. These surfaces are oriented N20-30W/80-86SW. They are discordant with the country rocks.

The mineralogy of the *Cruzeiro* pegmatites is complex and by now about twenty different minerals have been described. The most important of these minerals are light coloured micas (muscovite), pink micas (possibly lepidolite, or litiferous mica) and polyolithionite; the tourmaline group represented by schorlite and elbaite type; the niobium-tantalites in the varieties of columbite-tantalite, behierite and the group of aeschynite; spodumene in large sticks; ambligonite, feldspars including cleavelandite and potash feldspars with graphic textures, milky and hialine quartz, bluish and pink beryl, Mn and Fe-bearing garnets, cassiterite, apatite and some mineralogical rarities. Since the pegmatites are embedded within the more resistant quartzites, they are always much more strongly altered than the country rock. Confronted with this reality, we have been compelled to use minerals resistant to the weathering, such as tourmalines, micas, cassiterite, garnet and niobium-tantal minerals, to obtain chemical data which have been used for understanding the internal evolution of the *Cruzeiro* Pegmatites.

Taking into consideration the data obtained in the field and lab work, it was possible to understand several of the problems inherent to the genesis and evolution of the *Cruzeiro* Pegmatites. Even though the origin of the bodies remains a controversial subject, there is a great possibility of its linkage to granites.

NÓBREGA, Maria Teresa de

Características e mecanismo de estabilização de solos tropicais com cal e cimento em pista experimental. 27 de dezembro. 247p. 1 vol. Orientador: Adilson Carvalho.

Resumo: O objetivo principal da pesquisa é contribuir para o entendimento dos processos e mecanismos desencadeados pela adição de cal e cimento a materiais ferralíticos em condições de pista. Neste estudo foram analisados materiais da base de uma pista experimental (PR-518) estabilizados com adição de cal + cimento ou apenas cal.

A PR-518, que liga Santa Mariana ao Porto Quebra Canoa, foi construída pelo DER-PR (Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná) em 1987, tem 29,5 km de extensão, está localizada na região Norte do Estado do Paraná e atravessa áreas de ocorrência de Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada e Latossolo Vermelho-escuro - solos tropicais de textura argilosa.

Dos 61 segmentos que compõem a estrada foram estudados cinco, que são representativos dos tipos de misturas e técnicas empregadas: segmento 4 (mistura de Latossolo Roxo + 4% de cal cálcica + 5% de cimento portland - SCC/LR 1); segmento 10 (Latossolo Roxo + 4% de cal dolomítica + 5% de cimento portland - SCC/LR 2); segmento 55 (Latossolo Vermelho - escuro + 2% de cal cálcica + 3% de cimento portland - SCC/LE); segmento 8 (cascalho de basalto alterado + Latossolo Roxo + 4% de cal cálcica + 5% de cimento portland - CCC); segmento 41 (cascalho de basalto alterado + Latossolo Roxo + 5% de cal dolomítica - CC).

A pesquisa foi desenvolvida através de análises morfológicas, realizadas a níveis macro, meso e microscópicos, complementadas por análises mineralógicas por raios X e infravermelho, análises químicas qualitativas e quantitativas sobre amostra total (ataque triácido) e pontuais (microsondagens). Paralelamente foi efetuado, a partir de dados fornecidos pelo DER-PR, o levantamento das características físico-hídricas e mecânicas dos segmentos logo após a construção; o acompanhamento do comportamento estrutural e do estado da superfície da pista ao longo do tempo.

Os resultados obtidos mostram que de um modo geral as bases apresentam problemas relacionados à etapa de construção: o grau de compactação variável ao longo do segmento e da espessura da camada; a umidade acima ou muito abaixo do teor ótimo de compactação; a homogeneização deficiente da umidade e da mistura dos materiais como os aditivos, etc.

Nos pontos amostrados a morfologia dos materiais das bases refletiu esses problemas através de diferenciações de porosidade, concentração ou ausência de aditivos, organizações particulares do plasma e de outros constituintes.

As misturas solo-cal-cimento se caracterizam por apresentar agregados (ou zonas) de plasma não afetado, ou pouco afetado pelo aditivo, mais sensíveis às variações e esforços de origem hídrica e mecânica. Estão envolvidos por plasma transformado por reações com os aditivos em diversos graus, contendo os produtos de hidratação do cimento e de reação pozolânica da cal (silicatos, aluminatos e aluminossilicatos de cálcio hidratados), menos sensível às variações hídricas e mecânicas (sem fissuras) e mais resistente.

As misturas com cascalho de basalto alterado são constituídas por fragmentos líticos (cascalho de basalto), volumes de material do solo do subleito e um "matriz mista". Foi principalmente a "matriz", gerada pela incorporação do solo e dos produtos do córtex de alteração do basalto, que se misturou e reagiu com os aditivos.

Cada uma dessas organizações é constituída por matérias química e mineralogicamente diversificadas.

Dois aspectos importantes devem ser ressaltados:

1) a influência da qualidade e da composição química da cal aplicada - as neoformações minerais, transformações e reorganizações do material das misturas são mais evidentes naquelas onde foi empregada a cal cálcica do que naquelas com cal dolomítica (com ou sem cimento). Estas diferenças implicam em maior estabilidade das misturas tratadas com cal cálcica como comprovam também os dados de desempenho da pista;

2) as técnicas de construção das bases são as responsáveis pelas condições da mistura dos constituintes dos solos com os aditivos, da homogeneização da umidade (necessária para as reações de hidratação do cimento e pozolânicas) e grau de compactação. Ou seja, criam o ambiente físico e químico onde ocorrem as reações que promovem a estabilização. São também responsáveis, ao lado das reações químicas e físico-químicas desencadeadas pelos aditivos, pela morfologia do material.

Nas misturas com cascalho, os fragmentos líticos "armam" o material enquanto os aditivos mantêm estável a "matriz". Nas misturas solo-cal-cimento, ao contrário, a "armação" é produzida pelo plasma do solo original transformado e enriquecido em produtos cimentantes (resultantes da hidratação e das reações pozolânicas), que isola volumes de material mais instável.

Abstract: The prime aim of this research is to contribute for the understanding of the processes and mechanisms brought about by the addition of lime and portland cement to ferralitic materials from an experimental road (PR-518) stabilized addition of lime + cement or lime only, have been analysed.

PR-518, which connects Santa Mariana to Porto Quebra Canoa has been built by DER-PR (Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná) in 1987, is 29.5 km long, is in Paraná North region and crosses areas where can be found "Latossolo Roxo", "Terra Roxa Estruturada" and "Latossolo Vermelho-escuro"- tropical soils clayed texture.

Of the 61 parts that make up the road, five have been studied, which represent the kinds of applied mixture and techniques: part 4 (mixture of "Latossolo Roxo" + 4% of calcitic lime + 5% portland cement - SCC/LR 1); part 10 ("Latossolo Roxo" + 4% dolomitic lime + 5% portland cement - SCC/LR 2); part 55 ("Latossolo Vermelho-escuro" + 2% calcitic lime + 3% portland cement - SCC/LE); part 8 (gravel of weathered basalt + 4% calcitic lime + 5% portland cement - CCC); part 41 (gravel of weathered basalt + 5% dolomitic lime - CC).

The research has been developed through morphological analysis (macro, meso and microscopic levels) complemented by mineralogical analysis by x-ray and infrared, qualitative and quantitative chemical analysis on total sampling (triacid attack) and by points (microprobes). At the same time it has been put into effect, based on the data supplied by DER-PR, the conclusion of physical-hydrics characteristics and mechanics of the parts soon after the building; the follow-up structural behaviour and surface condition of the road during a period of time.

The results obtained show that, in general, the bases depict problems related to a building stage: compaction grade variable at the length of the part and the layer thickness; moisture content above or below of the optimum PROCTOT; deficient homogenization of the moisture and the mixture of the materials with the additive, etc.

The morphology of the materials of the bases reflected these problems through porosity differentiations, concentration or lack of additives, singular organizations of the plasma and other constituents.

The soil-lime-cement mixtures are characterized by showing zone of plasma not affected, or not so affected by the additives, more sensible to the variations and efforts from hydric and mechanical origin. They are involved by plasma transformed by reactions with the additives in several grades, containing the products of hydration of the cement and of lime pozzolanic reaction (calcium silicate hydrate, calcium aluminate hydrate and calcium aluminosilicate hydrate), less sensible to hydric and mechanic variations (without joint planes), and more resistant.

The mixtures with weathered basalt gravel are made up by lithic fragments (basalt gravel), volumes of soil material from the sublayer and "mixed matrix". It was mainly the "matrix", generated by the soil incorporation and the basalt alteration cortex products, that mixed and reacted with the additives.

Each one of those organizations are constituted by chemically and mineralogically diversified materials.

Two important aspects must be highlighted:

1) the influence of the quality and of the chemical composition of the applied lime - the mineral newformations, transformations and the material reorganizations of the mixtures are more evident in those where the calcic lime was applied than in those with dolomitic lime (with or without cement). These differences imply a higher stability of the mixtures treated with the calcic lime as confirmed by de road accomplishment data as well;

2) the building techniques of the bases are responsible by the conditions of the constituents mixture of the soils with the additive, of the moisture homogenization (necessary for the cement hydration reactions and pozzolanic) and compaction grades. That is, they create the chemical and physical environment where the reactions that bring about the stabilization occur. They are also responsible, along with physical-chemical and chemical reactions brought about by the additives, by the material morphology.

In the mixture with gravel, the lithic fragments build the material structure while the additives keep the matrix stable. In the soil-lime-cement mixtures, on the contrary, the "structure" is provided by the original soil plasma transformed and enriched in cement products (result of the hydration and of pozzolanic reactions), that isolates more instable material volumes.

NOCE, Carlos Maurício

Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. 07 de abril. 128p. Orientador: Wilson Teixeira

Resumo: O Complexo Belo Horizonte representa um segmento de crosta arqueana, constituído principalmente por gnaisses tipo TTG, bandados e exibindo feições de migmatização (Gnaiss Belo Horizonte). Ocorrem encravadas nos gnaisses pequenas faixas de rochas supracrustais, de natureza vulcano-sedimentar (essencialmente vulcanitos máficos e sedimentos químicos), e corpos granitóides circunscritos. Estes granitóides apresentam aspecto homogêneo, foliação bem desenvolvida, tendo-se posicionado após o evento principal de migmatização do Gnaiss Belo Horizonte. Os dois corpos mais significativos são granitos cálcio-alcálicos de alto K, designados Granito Santa Luzia e Granito General Carneiro.

Análises U-Pb em zircões de um mobilizado migmatítico definiram uma discórdia com

intercepto em $2.860 \pm 14/-10$ Ma, datando o evento de migmatização do Gnaiss Belo Horizonte. Titanitas do mobilizado e do gnaiss alinharam-se em outra discórdia, com intercepto inferior em 2.041 ± 5 Ma. Esta idade foi interpretada como a do retrabalhamento (metamorfismo) do Evento Transamazônico impresso no Complexo Belo Horizonte.

O Granito Santa Luzia posicionou-se em $2.712 \pm 5/-4$ Ma (idade U-Pb em zircão), sendo esta também a idade provável do Granito General Carneiro. Obteve-se uma isócrona Rb-Sr (rocha total) para o Gnaiss Belo Horizonte de 2.629 ± 65 Ma. Os eventos de granitogênese e de rejuvenescimento isotópico dos gnaisses mais antigos devem marcar os estágios finais de estabilização da crosta arqueana na região do Quadrilátero Ferrífero.

No extremo sudoeste do Quadrilátero Ferrífero um pequeno corpo granítico, o Granito Salto do Paraopeba, possui idade U-Pb, em zircão, de 2.612 ± 5 Ma. Esta idade define, até o presente, o mais novo evento de granitogênese arqueana da região. Ainda no quadro da evolução arqueana, a análise U-Pb em rutilos de uma zona de cisalhamento mineralizada em ouro, cortando o Grupo Nova Lima, forneceu resultado muito discordante mas com idade mínima de 2.580 Ma.

Esse conjunto de determinações geocronológicas, aliado a outros dados da bibliografia, permite delinear um quadro bastante acurado para a evolução da crosta arqueana. Informações adicionais são também fornecidas pelas datações de zircões detriticos, provenientes das unidades supracrustais proterozóicas do Quadrilátero Ferrífero. As mais antigas evidências da existência de núcleos continentais datam de ca. 3.200 Ma. Entretanto, o principal período de geração crustal parece ter ocorrido entre $3.000-2.900$ Ma. A partir daí, o *trend* evolutivo registra um processo progressivo de amalgamação de blocos continentais, associado a intenso retrabalhamento da crosta primitiva de blocos continentais, associado a intenso retrabalhamento da crosta primitiva e novos eventos de adição granitóide, além da deposição de seqüências supracrustais do *greenstone belt* (Supergrupo Rio das Velhas). Resultou desse processo a consolidação de extensa plataforma continental, provavelmente completada com a intrusão dos granitos arqueanos mais jovens, como o Granito Salto do Paraopeba.

A bacia de sedimentação do Supergrupo Minas implantou-se sobre essa plataforma, possivelmente ainda no final do Arqueano. Reforça a hipótese o fato de todos os zircões detriticos analisados para a Formação Moeda, unidade basal do Supergrupo Minas, serem mais antigos que 2.600 Ma. As outras unidades estudadas (Grupo Sabará, Grupo Itacolomi e Supergrupo Espinhaço) continham zircões gerados e/ou retrabalhados no Paleoproterozóico.

O pacote sedimentar do Supergrupo Minas registra a passagem de sedimentação plataformar (grupo Caraça, Itabira e Piracicaba) para sedimentação sinorogênica, representada pelo Grupo Sabará, cuja idade máxima de deposição foi determinada em ca. 2.120 Ma.

A idade de intrusão do Batólito Alto Maranhão foi determinada por análises U-Pb em titanita e zircão, em 2.124 ± 2 Ma. Este corpo, localizado a sul do Quadrilátero Ferrífero, possui composição tonalítica predominante e características geoquímicas indicativas de origem mantélica. Tal assertiva confirma-se pela idade-modelo Sm-Nd (T_{DM}) na mesma faixa de idade U-Pb. Portanto, interpreta-se o Batólito Alto Maranhão como uma intrusão pré-colisional, ligada a consumo de crosta oceânica, marcando o estágio do Evento Transamazônico.

As idades U-Pb em titanitas do embasamento arqueano posicionam o ápice do *overprint* metamórfico transamazônico em $2.065-2.035$ Ma. Este processo foi acompanhado pela intrusão de pequenos corpos graníticos na região setentrional do Quadrilátero Ferrífero, que são o Granito Córrego do Brumado (idade U-Pb em monazita de 2.045 Ma) e o Granito Morro da Pedra. Pegmatitos intrusivos na Formação Moeda, região de Salto do Paraopeba, apresentam idade Pb-Pb em anfibólio de 2.236 ± 200 Ma.

Outras determinações geocronológicas, no âmbito do Complexo Belo Horizonte, incluem uma errócrona Rb-Sr para o Granito General Carneiro, de 1.740 ± 53 Ma, e idade K-Ar em biotita, variando entre 1.800 e 1.000 Ma. As idades por volta de 1.800 Ma poderiam registrar o resfriamento final do Evento Transamazônico. Já as idades mais novas refletem, provavelmente, aberturas parciais do sistema isotópico K-Ar em eventos de baixa magnitude, ligados aos ciclos Espinhaço e Brasileiro.

Interpretação semelhante pode ser dada para as idades K-Ar (biotita) obtidas para o Batólito Alto Maranhão, de 1.000 ± 22 e 730 ± 25 Ma. Duas idades isocrônicas Rb-Sr, para este mesmo corpo, registram o rejuvenescimento isotópico brasileiro. Na mesma região, monazitas de veios quartzo-feldspáticos, encontrados na Falha do Engenho, possuem idade U-Pb de 596 Ma. A colocação desses veios, e os processos localizados de rejuvenescimento isotópico, foram interpretados como um reflexo da

reativação de estruturas pré-existentes durante a deformação do Evento Brasileiro. O registro isotópico pouco expressivo desse evento, no Quadrilátero Ferrífero, é uma indicação de seu papel secundário na estruturação da região.

Abstract: The Belo Horizonte Complex represents an Archean crust segment principally composed of banded TTG-type gneisses, and exhibiting migmatization features (Belo Horizonte Gneiss). Small tracts of volcanosedimentary supracrustal rocks, essentially mafic volcanics and chemical sediments, and granitoid bodies occur enclosed by the gneisses. These granitoids are in general homogeneous, have well-developed foliation, and were emplaced after the main migmatization event that affected the Belo Horizonte Gneiss. The Santa Luzia and General Carneiro calc-alkaline granites constitute the two most prominent granitic bodies.

The age of the Belo Horizonte Gneiss migmatization event is indicated by the $2860 \pm 14/10$ Ma upper intercept of a discordia obtained by U-Pb analyses in zircons of a migmatitic mobilizate. Sphenes of this mobilizate and of the gneiss align along another discordia with a lower intercept at 2041 ± 5 Ma. This is interpreted as the age of the Transamazonian tectonometamorphic event imprinted on the Belo Horizonte Complex.

The Santa Luzia Granite was emplaced at $2712 \pm 5/4$ Ma (U-Pb age in zircon), probably also corresponding to the age of the General Carneiro Granite. A Rb-Sr-whole-rock isochron indicates 2619 ± 65 Ma for the Belo Horizonte Gneiss. These ages define a granite genesis event and also an isotopic resetting of the older gneisses, possibly marking the final stages of the stabilization of Archean crust in the studied area.

The Salto do Paraopeba Granite occurs in the extreme southwest of the Quadrilátero Ferrífero, and has an U-Pb age in zircon of 2612 ± 5 Ma. At present, this age is interpreted as defining the youngest Archean granite genesis event. U-Pb analyses of rutiles from a gold-mineralized shear zone, crosscutting the Nova Lima Group, yield a very discordant minimum age of 2580 Ma, also regarded as part of the Archean evolution of this region.

This set of geochronological determinations together with those already published allow the establishment of a fairly accurate framework for the Archean crust evolution. Additional information are also furnished by dating of detritic zircons, from Proterozoic supracrustal units of the Quadrilátero Ferrífero. The oldest evidences for the existence of continental nuclei are dated at ca 3200 Ma. However, the main period of crust generation seems to have happened between 3000 to 2900 Ma. Following this period, the evolutionary trend followed a progressive amalgamation of continental blocks, associated with intensive reworking of the primitive crust, renewed events of granitoid addition and deposition of the supracrustal greenstone belt Rio das Velhas Supergroup. As a result of this process, an extensive continental platform was consolidated, probably accompanied by the intrusion of younger Archean granites like the Salto do Paraopeba Granite.

The Minas Supergroup sedimentary basin was established on this platform possibly in the end of the Archean. This hypothesis is enhanced by detritic zircons consistently older than 2600 Ma from the Moeda Formation, basal unit of the Minas Supergroup. A number of the zircons from the other studied units, the Sabará and Itacolomi Groups, and the Espinhaço Supergroup, were crystallized and/or reworked during the Lower Proterozoic.

The Minas Supergroup sedimentary sequence records the change from platformal (Caraça, Itabira and Piracicaba Groups) to synorogenic sedimentation, the latter represented by the Sabará Group. The zircons of this Group define the maximum age of deposition ca 2120 Ma.

U-Pb analyses in zircon and sphene determine the age of the intrusion of the Alto Maranhão Batholith at 2124 ± 2 Ma. This granitic body is located to the south of the Quadrilátero Ferrífero, and has a predominantly tonalitic composition. A mantelic derivation is indicated by geochemical characteristics, and confirmed by a Sm-Nd model age (T_{DM}) in the same range of age obtained by U-Pb. Therefore, the Alto Maranhão Batholith is interpreted as a precollisional intrusion related to the consumption of the oceanic crust, marking the initial stage of the Transamazonian Event.

U-Pb ages in sphenes from the Archean basement define the peak of the Transamazonian metamorphic overprint at 2065-2035 Ma. This process was accompanied by the intrusion of two small granitic bodies in the northern region the Quadrilátero Ferrífero: the Córrego Brumado Granite (U-Pb age of 2045 Ma in monazite) and the Morro da Pedra Granite. Pegmatites intrusive in the Moeda Formation in

the region of Salto do Paraopeba have a Pb-Pb age in amphibole of 2236 ± 200 Ma.

Other geochronological determinations in the Belo Horizonte Complex include a Rb-Sr isochron for the General Carneiro Granite at 1740 ± 53 Ma, and K-Ar ages in biotites varying between 1800 and 1000 Ma. The ages around 1800 Ma might indicate the final cooling of the Transamazonian Event. The younger ages probably reflect partial opening of the K-Ar isotopic system during events of a lesser magnitude, related to the Espinhaço and Brasiliano cycles.

A similar interpretation arises from K-Ar ages of 1000 ± 22 and 730 ± 25 in biotite obtained for the Alto Maranhão Batholith. Two isochronic Rb-Sr ages obtained for the same batholith register the Brasiliano-cycle isotopic resetting. In the same region, quartz-feldspathic veins in the Engenho Fault yields an U-Pb age in monazite of 596 Ma. The veins emplacement and the localized processes of isotopic resetting are interpreted as resulting from the reactivation of pre-existing structures during the Brasiliano Event deformation. The weak record of this Event in the Quadrilátero Ferrífero is indicative of its secondary role in the structuring of the region.

RIFAZ, Carlos Guarino Gómes

A zona de cisalhamento sinistral "Sierra Ballena" no Uruguai. 18 de dezembro. 244p. 1 vol. Orientador: Georg Robert Sadowski.

Resumo: Inexistente.

Abstract: Sierra Ballena Shear Zone is a mylonitic belt 6 km wide and 750 km long. It is composed by mylonites and ultramylonites of different types, due to differences in composition of protoliths and intensity of deformation.

It is the last Pre-Devonian event in the Uruguay - Rio Grande do Sul Shield. S.B.S.S.Z. is the collisional border between the Pelotas magmatic arc and the passive margin of the Rio de la Plata craton. Her mylonites register a large activity time because they present features corresponding to "hot mylonites" as well as "cold" ones. Initial formation pressure and temperature correspond to amphibolite facies following to greenschist to brittle in the late stages. Her kinematics shows essentially a sinistral component as part of simple shear as well as transtensional.

It constitutes simultaneously with the Além-Paraíba-Cubatão-Lancinha Shear Zone one of the most extensive shear belts of SW Gondwana. Her reactivation occur in Phanerozoic times affecting Paraná Basin sediments and performing the borders of Meso-Cenozoic basins.

The eastern block is mainly integrated by various granitic rocks which are here described; meanwhile the western block exposes highly deformed granites, and a supracrustal sequence.

The supracrustal have been folded in two events and are integrated by limestones, dolomites, marbles, metamicroconglomerates, metasilstones and acid, basic and intermediate metalavas, as well as reworked tuff; all of the Lavalleja Group.

A supracrustal sequence integrated by mylonitized schists and possible acid metavolcanic rocks, dominated by recumbent folding and horizontal foliation is described here for the first time: Fazenda El Fortin Formation, situated between the Aiguá Granite and S.B.S.S.Z.

ROHN, Rosemarie

Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná. 07 de março. 386p. 2 vol. Orientador: Oscar Rösler.

Resumo: A presente tese aborda a lito-, crono- e bioestratigrafia do Grupo Passa Dois, particularmente das formações Teresina e Rio do Rasto (membros Serrinha e Morro Pelado), visando interpretar a história ambiental e deposicional da Bacia do Paraná durante o Neopermiano. Os resultados fundamentam-se nos dados paleontológicos e litofaciológicos levantados ao longo de 16 estradas nos estados do Paraná e de Santa Catarina, e nas análises de testemunhos e de perfis geofísicos de poços situados no leste da bacia.

Foram descritas 32 litofácies e discutidos, de modo sucinto, os possíveis processos deposicionais e os prováveis paleoambientes de origem.

A distribuição espacial de 13 espécies de bivalves da Formação Teresina (46 assembléias; 8 tafofácies) e 17 espécies da Formação Rio do Rasto (125 assembléias; 7 tafofácies) substancia a redefinição das zonas *Pinzonella neotropica*, *Leinzia similis* e *Palaeomutela? platinensis* e da Subzona *Nothoterraia acarinata-Religiicola delicata*. Na área estudada, também ocorrem elementos das zonas *Barbosaia angulata-Anhembia froesi* e *Pinzonella illusa*, estabelecidas originalmente para depósitos das formações Serra Alta e Corumbataí no Estado de São Paulo. Entretanto, seu registro escasso inviabiliza ampliar formalmente a abrangência geográfica dessas zonas.

Megafósseis vegetais são registrados em 14 afloramentos da Formação Teresina e em 13 afloramentos da Formação Rio do Rasto (no total, 8 tafofácies). São propostas as zonas *Lycopodiopsis derbyi*, *Sphenophyllum paranaense* e *Schizoneura gondwanensis*. Entre as duas primeiras zonas existe "um intervalo florístico pobremente representado" (informal), que deve refletir as mudanças ambientais ocorridas na transição entre as formações Teresina e Rio do Rasto. *Sphenophyllum* é um gênero seguramente permiano. A zona *S. paranaense* é a mais diversificada (abundantes glossopterídeas, filicineas, pteridófilas, esfenófitas, entre outras). A Zona *S. gondwanensis* já atesta relativo declínio da vegetação, provavelmente por condições climáticas mais secas, com sobrevivência praticamente apenas das esfenófitas e de outros vegetais que ocupavam as margens dos corpos aquosos. De modo geral, as tafofloras estudadas são mais pobres que as coevas do Gondwana, sugerindo maior aridez na região da Bacia do Paraná.

São conhecidas 13 espécies de conchostráceos na Formação Rio do Rasto e, através das novas investigações, o número de ocorrências elevou-se para 136 (192 assembléias; 9 tafofácies). Os conchostráceos evidenciam baixa salinidade da água e coadunam com a interpretação de condições climáticas relativamente secas. Quanto à bioestratigrafia, são redefinidas as zonas *Cyzicus* sp., *Monoleaia unicastata*, *Paranaleaia supina* (incluindo a Subzona *Palaeolimnadiopsis subsalata*) e o "intervalo final". Representantes da Família Leaiidae, encontrados quase até o topo da formação, constituem forte evidência da idade permiana.

Os depósitos das formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto foram correlacionados e subdivididos em 11 intervalos de conotação cronoestratigráfica. Após a deposição da Formação Irati (unidade basal do Grupo Passa Dois), voltaram a ocorrer algumas grandes transgressões-regressões na Bacia do Paraná, condicionadas possivelmente pela tectônica global e pelas variações da pluviosidade. Os depósitos registram predominantemente as fases regressivas. Próximo à paleoborda da bacia (região de Santo Antônio da Platina), a coluna sedimentar está mais incompleta e há maior abundância de rochas calcíferas. Porém o caráter epicontinental muito raso da bacia resultou na preservação de fácies bastante similares entre as margens e as porções mais centrais, mascarando as grandes discordâncias provavelmente existentes ao longo da sucessão.

A Formação Serra Alta representa o primeiro grande ciclo transgressivo-regressivo. A parte inferior da Formação Teresina, correlacionável à Zona *P. illusa* da Formação Corumbataí no Estado de São Paulo, corresponde ao final dessa regressão. Nesse intervalo, pode ter subsistido alguma comunicação com a Bacia do Karoo, porém não mais com o oceano. Os raros fósseis que evocam paleoambiente "marinho" devem ser descendentes de organismos marinhos euritípicos bem mais antigos, a exemplo do que se observa atualmente no Mar Cáspio. Provavelmente incidiram fases de grande aridez durante a deposição da Formação Teresina que propiciaram o desenvolvimento de carbonatos nas margens do "lago-mar"; esses carbonatos comumente eram retrabalhados e transportados para áreas mais centrais da bacia, por fluxos induzidos por tempestades. A ampla distribuição de *Pinzonella neotropica* permite concluir que novas subidas do nível de base causaram inundações em grandes áreas (por exemplo, até o extremo nordeste do Estado de São Paulo e o Paraguai). O último ciclo transgressivo-regressivo reconhecido para a Formação Teresina deve ter sido controlado por acentuado aumento da pluviosidade. Nessa fase houve extinção dos bivalves da Zona *P. neotropica*, provavelmente causada por diminuição da salinidade.

O Membro Serrinha registra ambiente deposicional lacustre raso, com grande aporte de areia através das desembocaduras dos rios e freqüente retrabalhamento dos depósitos por ondas de tempestade. A reexpansão dos limites deposicionais da bacia, a dulcificação da água, a escassez dos carbonatos, as modificações da fauna e o melhor desenvolvimento da flora atestam condições climáticas mais úmidas. Não obstante a maior pluviosidade, devem ter ocorrido alguns grandes ressecamentos da bacia, manifestando-se principalmente pelas novas substituições das malacofaunas e pelo aparecimento de fácies

eólicas e fluviais.

O Membro Morro Pelado é caracterizado pelas evidências do crescente aumento da aridez. São comuns sucessões litológicas cíclicas (10-30 m de espessura) que devem representar a rápida progradação de barras de desembocadura após ligeiras subidas do nível de base (relacionadas a recorrências de clima um pouco mais úmido); e no topo das sucessões cíclicas, são encontrados depósitos fluviais e/ou eólicos e superfícies de erosão. Algumas discordâncias intraformacionais, especialmente na região de Cândido de Abreu, indicam quedas do nível de base mais acentuadas, possivelmente relacionadas a alguma instabilidade tectônica. A Formação Pirambóia deve representar o apogeu da aridização, podendo ter iniciado a sua deposição no norte da bacia, enquanto ainda se acumulava a Formação Rio do Rasto nas porções mais centrais.

Ponderando vários dados paleontológicos e informações de carácter global do Gondwana, a Formação Teresina provavelmente é kazaniense e a Formação Rio do Rasto, na área de afloramentos, é tatariana.

Abstract: This thesis deals with litho-, chrono- and biostratigraphy of the Passa Dois Group, particularly of the Teresina and Rio do Rasto Formations (Serrinha and Morro Pelado Members) in order to interpret the environmental/sedimentary history of the Paraná Basin during the Neopermian. The results are supported by paleontological and lithofaciological data, including the description of 32 lithofacies, collected along 16 roads in the states of Paraná and Santa Catarina, as well as by analyses of drill-cores and geophysical logs of boreholes situated in the eastern part of the basin.

The spacial distribution of 13 species of bivalves of the Teresina Formation (46 assemblages; 8 taphofacies) and 17 species of the Rio do Rasto Formation (125 assemblages; 7 taphofacies) supports the redefinition of the *Pinzonella neotropica*, *Leinzia similis* and *Palaeomutela?* zones, and of the *Nothoterrata acarinata-Relogitcola delicata* Subzone. In the studied area, there are also representatives of the *Barbosaia angulata-Anhembia froesi* and *Pinzonella illusa* zones, originally established for deposits of the Serra Alta and Corumbatai Formations in the State of São Paulo, yet its sparse occurrence does not allow formal amplification of the geographic area of these zones.

Plant megafossils are registered in 14 outcrops of the Teresina Formation and in 133 outcrop of the Rio do Rasto Formation (for a total of 8 taphofacies). The *Lycopodiopsis derbyi*, *Sphenophyllum paranaense* and *Schizoneura gondwanensis* zones are here revised. Between the first two zones there exists a poorly represented, informal floristic "interval", which must reflect environmental changes that occurred in the transition between the Teresina and Rio do Rasto formations. *Sphenophyllum* is certainly a Permian genus. The *S. paranaense* zone is the most diversified (abundant glossopterids, ferns, sphenopsids, among others). The *S. gondwanensis* zone already shows a relative decline in diversity, probably because of drier climatic conditions, with survival of practically only the sphenopsids and other plants that occupied the margins of aqueous environments. In general, the studied taphofloras are poorer than other coeval Gondwana examples, suggesting drier conditions for the Paraná Basin region.

Thirteen species of conchostracans are known in the Rio do Rasto Formation, and through new investigations, the number of occurrences has increased to 136 (192 assemblages; 9 taphofacies). The conchostracans comprise evidence of low salinity of water and support the interpretation of relatively dry climatic conditions. The *Cyzicus* sp., *Monoleaia unicastata*, *Paranaleaia supina* zones (including the *Palaeolimnadiopsis subalata* Subzone) and a "final interval" are redefined. Representatives of the Lealidae Family, found until almost the top of the formation, constitute strong evidence for a Permian age.

The deposits of the Serra Alta, Teresina and Rio do Rasto Formations were correlated and subdivided into 11 chronostratigraphic intervals. After deposition of the Irati Formation (basal unit of the Passa Dois Group), great transgressions-regressions started again in the Paraná Basin, possibly controlled by global tectonics and by variations in rainfall. The deposits document predominantly the regressive phases. Close to the paleo-margin of the basin (Santo Antônio da Platina region), the sedimentary record is more incomplete and there is a greater abundance of calcite bearing rocks. Even so, the epicontinental, very shallow character of the basin resulted in the preservation of very similar facies from the margin to the center, masking the great unconformities which probably exist throughout the succession.

The Serra Alta Formation represents the first great transgressive-regressive cycle. The lower part of the Teresina Formation, equivalent to the *P. illusa* Zone of the Corumbatai Formation in the State of São Paulo, corresponds to the end of this regression. During this time, there may have been some

aquatic communication with the Karoo Basin, but not with a true marine environment. The rare fossils of "marine" affinities must be descendants of much older eurytopic marine organisms, such as some invertebrates today in the Caspian Sea. There probably were phases of great aridity during the deposition of the Teresina Formation leading to the deposition of carbonates at the margins of the "sea-lake"; these carbonates commonly were reworked and transported to more central areas of the basin by storm-induced currents. The broad geographical distribution of *Pinzonella neotropica* indicates that new rises in water level caused inundation of great areas of the margin of the basin (for example, as far as the extreme northeast of the São Paulo State and Paraguay). The last transgressive-regressive cycle recognized for the Teresina Formation must have been controlled by a marked increase in rainfall. The extinction of bivalves of the *P. neotropica* zone, was probably caused by decreasing salinities.

The Serrinha Member records a shallow lake environment, with a great input of river-mouth sand and frequent reworking of the deposits by storm waves. The new expansion of the sedimentary limits of the basin, the decreasing salinity of the water, the lack of carbonates, the modifications of the fauna and the greater diversity of the flora attest to more humid climatic conditions during deposition of this formation. In spite of the greater rainfall, drops in great lake level must have occurred, as indicated mainly by new changes in the bivalve faunas and by the first occurrences of eolian and fluvial facies.

The Morro Pelado Member is characterized by evidences of progressive desertification. Cyclic upward-thickening and -coarsening successions are common (10-30 m thick) which must represent progradation of mouth bars after small rises in water level (related to short intervals of slightly more humid climate); at the top of the cyclic successions, are observed fluvial and/or eolian deposits and erosion surfaces. Some intraformational unconformities in the upper portions of the formation, especially in the Cândido de Abreu region, indicate major lowering of the relative base level, possibly caused by tectonic instability. The Piramboia Formation must represent the climax of aridization, and its deposition may have begun in the northern part of the basin while the Rio do Rasto Formation was still accumulating in the more central portions.

Much of the paleontological data collected, together with other information concerning Gondwana, suggest that the Teresina Formation is probably of Kazanian age, and the Rio do Rasto Formation, where exposed, is of Tatarian age.

SANTOS, Edilton José dos

O complexo granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema. 12 de junho. 220p. + 05 p. de anexos. Orientador: Benjamim Bley de Brito Neves.

Resumo: A Província Borborema evoluiu através de um mecanismo de colagem de terrenos, os quais se agregaram à margem norte do Cráton do São Francisco durante o Neoproterozóico. O Complexo Granítico Lagoa das Pedras constitui um batólito granítico composto, situado no limite entre terrenos Alto Moxotó e Alto Pajeú e sua evolução testemunha um longo período de acreção e colisão na Província, que iniciou-se no final do Mesoproterozóico e prosseguiu durante todo Neoproterozóico.

O terreno Alto Moxotó compreende uma faixa mesoproterozóica que inclui um prisma acrescionário, uma pilha metavulcanossedimentar e um bloco de embasamento granulítico paleoproterozóico. O segmento acrescionário engloba uma suíte bimodal formada por corpos tabulares de gabros, dioritos, anortositos em menor proporção e um conjunto de granitóides leucograníticos e trondhjemiticos, que aparecem atravessando tanto as rochas do embasamento, quanto a seqüência supracrustal. A seqüência supracrustal é composta por uma sucessão de metassedimentos clásticos e químico-clásticos intercalados com rochas metavulcânicas de natureza intermediária, que incluem uma suíte calcioalcalina com médio a alto K de arco magmático, formada por andesitos, andesitos basálticos, traquiandesitos, traquibasaltos, tufos e por pequenas intrusões de gabros e diabásios. Todo o conjunto está fortemente deformado e metamorfizado na fácies anfíbolito alto. Os padrões geoquímicos da suíte bimodal demonstram seu caráter pouco evoluído e um provável ambiente oceânico de formação. Evidências mineralógicas e geoquímicas sugerem que os trondhjemitos teriam se originado por fusão parcial dos toleitos, deixando um resíduo eclogítico, em um episódio de pressões moderadas (abaixo de 8 kbar) e alta temperatura (acima de 900°C). Os dados isocronicos U/Pb em zircões das vulcânicas e leucogranitos indicam que o episódio acrescionário e vulcânico ocorreu em torno de 1,0 Ga.

O Complexo Granítico Lagoa das Pedras foi formado pela intrusão sucessiva de pulsos graníticos relacionados com um evento contraccional seguido de outro transtraccional. O complexo contraccional compreende uma alternância de fatias de diatexitos e metagranitóides peraluminosos tipo S, rochas metamáficoulttramáficas e supracrustais metavulcanossedimentares. As fatias metamáficoulttramáficas são produtos metamórficos de rochas básico-ultrabásicas intrusivas e vulcânicas basálticas e picríticas toleiticas, provavelmente formada no mesmo episódio acrescionário do terreno Alto Moxotó. As supracrustais são predominantemente metassedimentos pelíticos, mas englobam uma componente vulcanossedimentar, formada principalmente por metavulcanoclásticas, de composição dacítica, dacitoandesítica e traquidacítica, com padrões geoquímicos similares aos de arcos magmáticos maduros. Os migmatitos e metagranitóides foram formados por recristalização e fusão parcial dos protólitos sedimentares e vulcanossedimentares, gerados por fusão incongruente de micas, com ausência de vapor, estimando-se pressões moderadas (5 a 6 kbar) e temperaturas em torno de 700°C na formação dessas rochas. Uma concórdia U/Pb em zircões das metavulcanoclásticas comprovou que o vulcanismo é o mesmo do terreno Alto Moxotó. Uma idade similar foi obtida em zircões dos metagranitóides contraccionais, sugerindo tratar-se de cristais herdados.

O evento transtraccional originou dois pulsos principais, denominados de Granodiorito Riacho do Icó e Granito São João, além do Granito Serra do Arapuá, já fora dos limites do Complexo. O espectro composicional do Granodiorito Riacho do Icó, quartzomonzodiorito-granodiorito-monzogranito, e sua assinatura geoquímica confirmam tratar-se de uma série calcálcica com médio a alto K, híbrida de arco continental, evoluída através de mistura de magmas/assimilação, seguida de cristalização fracionada, com separação de hornblenda, plagioclásio e biotita. Os autólitos e xenólitos de rochas máficas e uma idade T_{DM} Sm/Nd de 1,28 Ga. são sugestivos de uma fonte ligada ao segmento acrescionário. Concórdia U/Pb em zircão definiu uma idade de colocação de 750 ± 20 Ma., comprovando tratar-se de um pulso distinto daquele existente na faixa Piancó-Alto Brigida (Cachoeirinha-Salgueiro). O Granito São João é um leucogranito peraluminoso com granada, crustal colisional intrusivo ou hídrico com forte componente sedimentar. Os padrões geoquímicos e isotópicos Sm/Nd confirmam sua relação com os diatexitos e granitóides contraccionais, sugerindo a evolução desses dois pulsos crustais através de um único ciclo. O Granito Serra do Arapuá representa um membro da série granítica/shoshonítica implantada na transição entre o terreno Alto Pajeú e Piancó-Alto Brigida (Cachoeirinha-Salgueiro), correspondendo a uma série híbrida tardiorogênica brasileira.

A análise tectônica e geocronológica/isotópica (U/Pb e Sm/Nd) é compatível com uma evolução progressiva entre esses pulsos durante o Neoproterozóico. O episódio contraccional corresponderia a um evento de colisão oblíqua entre os terrenos Alto Moxotó e Alto Pajeú, sendo seguido imediatamente pelo episódio transtraccional, em torno de 750 Ma.; os pulsos tardi e pós-colisão, incluindo o Granito Serra do Arapuá, teriam se desenvolvido entre 620 e 570 (515?) Ma., concomitantemente ao plutonismo estabelecido na faixa Piancó-Alto Brigida (Cachoeirinha-Salgueiro).

Abstract: The Borborema Province has evolved through a tectonic *collage* mechanism in which several terranes have been attached to the northern margin of the São Francisco craton. The Lagoa da Pedras Granitic Complex is a granitic composite batholith lied between the Alto Moxotó and Alto Pajeú terranes and it was produced by a long accretion-collision process, which started in the late Mesoproterozoic and has continued through the Neoproterozoic era.

The Alto Moxotó terrane constitutes a Mesoproterozoic belt that embraces an accretionary wedge, a volcanic and sedimentary supracrustal pile and a paleoproterozoic granulitic basement. The accretionary wedge is a bimodal suite including a series of gabbros, diorites, minor anorthosites, and associated leucogranites and trondhjemites sheets, that intrudes both the basement and the supracrustal rocks. The supracrustal sequence is composed by a succession of clastic and chemical-clastic sediments interlayered with intermediate metavolcanic rocks, which includes a calcálcica medium to high-K suite of magmatic arc, formed by andesites, basaltic andesites, trachy-andesites, trachy-basalts, tuffs and small intrusions of gabbros and diabases. All the rocks are strongly deformed and metamorphosed in the high amphibolite facies. The geochemical patterns of the bimodal suite show a primitive character and suggest a probable original oceanic environment. Mineralogical and geochemical evidences supports the generation of the trondhjemites by partial melting of the tholeiites, leaving a eclogitic residua, in moderate pressure (below 8 kbar) and high temperature (above 900°C) conditions. U-Pb concordia of zircons of the

metavolcanics and leucogranites indicates an age around 1.0 Ga. for the accretion and volcanism event.

The Lagoa das Pedras Granitic Complex was formed by successive granitic pulses related to two tectonic episodes of contractional and transtensional character. A contractional anatectic complex includes slices of peraluminous diatexites and S-type metagranitoids stacked with metamafic-ultramafic rocks and a supracrustal sequence of clastic and volcanoclastic character. The metamafic-ultramafic slices are metamorphic products of tholeiitic basic and ultrabasic intrusives and basaltic and picritic volcanics, probably of the same accretionary magmatism of the Alto Moxotó terrane. The supracrustals are mainly pelitic metasediments but embraces a volcanosedimentary sequence, composed of metagreywackes and metavolcanoclastics corresponding compositionally to dacites, dacitic andesites and trachy-dacites with similar geochemical patterns to mature volcanic arcs. The migmatites and metagranitoids have been formed by recrystallization and partial melting of those supracrustal protoliths. The generation of these rocks happened by means of incongruent melting of micas with a vapor-absent phase, with estimated moderate pressure (5 to 6 kbar) and temperature of about 700°C. An/U/Pb concordia of zircons of the volcanoclastic sequence yield an age similar to the volcanism of the Alto Moxotó terrane. The zircons of the contractional metagranitoids are also of this age being probably inherited crystals.

The transtensional granitic plutonism occurred in two main pulses that gave rise to the Riacho do Icó Granodiorite and São João Granite, as well as to Serra do Arapuá Granite, the later lying out of the limits of the complex. Compositions of the Riacho do Icó Granodiorite range from quartz-monzodioritic through granodioritic to monzogranitic and its geochemical signature of the magmatism confirms a hybrid, medium to high-K calcalkaline series (H_n type). Magma mixing and assimilation followed by fractional crystallization with hornblende, plagioclase and biotite separation provides the compositional variation observed. A source related to accretionary rocks is suggested by mafic autoliths and xenoliths and a T_{DM} Sm/Nd model age of 1,28 Ga. An/U/Pb zircon concordia of the Granodiorite defines an emplacement age of 750 ± 20 Ma., showing that it is a distinct pulse from that of Piancó-Alto Brígida (Cachoeirinha-Salgueiro) belt. The peraluminous garnet-bearing São João leucogranite is a crustal collisional intrusive or an hybrid with a strongly crustal component-type. Their geochemical and isotopic characteristic show that it must be derived from the same crustal source that originates the crustal contractional melts. The Serra do Arapuá Granite is part of the peralkaline/shoshonitic series of the transition zone between Piancó-Alto Brígida belt and the alto Pajeú terrane, corresponding to a Brasileiro hybrid late orogenic suite.

The isotopic/geochronologic (U/Pb and Sm/Nd) and tectonic assessment of the data so far gathered in this research point to a progressive evolution between two forementioned pulses during the Neoproterozoic. The contractional episode probably corresponds to an oblique collisional event between Alto Moxotó and Alto Pajeú terranes, immediately followed by the transtensional episode about 750 Ma. The late collisional pulse, which includes the Serra do Arapuá granite, would be developed between 620 and 570 (515?) Ma., together with the Piancó-Alto Brígida plutonism.

SIMÕES, Luiz Sérgio Amarante

Evolução tectonometamórfica da Nappe de Passos, sudoeste de Minas Gerais. 23 de maio. 149p. + 15p. de anexos. Orientador: Vicente Antonio Vitério Girardi.

Resumo: O objetivo do presente trabalho é documentar e explicar o metamorfismo inverso da Nappe de Passos, numa área de aproximadamente 2.700 km², na parte sul da Faixa de Dobramentos Brasília, no Estado de Minas Gerais. O estudo foi baseado em análise estrutural, petrografia de - cerca de 400 lâminas delgadas e análises de microsonda eletrônica, para caracterizações geotermobarométricas.

Na porção sul da Faixa de Dobramentos Brasília, três unidades tectônicas são identificadas, sendo uma autóctone e duas alóctones. Estas unidades foram imbricadas, através de extensas falhas de empurrão, durante a orogênese brasileira, a cerca de 600 Ma. A unidade tectônica superior, a Nappe de Passos, é uma seqüência metassedimentar, essencialmente psamo-pelítica, com pequena contribuição de rochas metabásicas toleíticas, apresentando metamorfismo de fácies xisto verde a anfibolito superior. São reconhecidos dois ciclos deposicionais. O ciclo deposicional inferior é caracterizado por uma sedimentação madura, representada por quartzitos e mica xistos, enquanto o ciclo deposicional superior apresenta uma sedimentação imatura, representada por gnaisses, mica xistos, e, minoritariamente, quartzitos. A unidade tectônica intermediária é representada por um sistema de cavalgamentos,

consistindo principalmente de quartzitos e filitos, do Grupo Canastra, metamorfisados em condições de fácies xisto verde inferior. Lascas tectônicas de rochas do embasamento e de sua cobertura metassedimentar, o Grupo Bambuí, são incluídas no sistema de cavalgamento. A unidade tectônica autóctone é representada por um embasamento granito-gnaiss-greenstone, Proterozóico Inferior (1.800 Ma) a Arqueano, o Complexo Campos Gerais, e uma cobertura metassedimentar do Proterozóico Superior, o Grupo Bambuí, o qual representa uma seqüência plataformal, pelito-carbonática.

Uma revisão da nomenclatura estratigráfica aplicada às seqüências metassedimentares referidas acima, indica que o termo Grupo Araxá deve ser utilizado para as rochas da Nappe de Passos, no lugar do termo Grupo Araxá-Canastra, o qual tem sido usado por muitos autores. Na unidade tectônica intermediária o nome Grupo Canastra é recomendado para substituir os termos Seqüência Metassedimentar de Carmo do Rio Claro e Seqüência Serra da Boa Esperança.

Uma foliação de baixo ângulo paralela às superfícies das falhas de empurrão, é reconhecida em cada uma das três unidades tectônicas. O desenvolvimento desta foliação foi parcialmente contemporâneo para as três unidades tectônicas. Além disso, o padrão estrutural torna-se mais complexo da unidade tectônica autóctone, inferior, para a unidade tectônica alóctone mais superior.

O padrão estrutural da Nappe de Passos é caracterizado por uma foliação de baixo ângulo, geralmente paralela às unidades litoestratigráficas da nappe, e por um lineação de estiramento/mineral, de orientação WNW, associada. Uma história de deformação não coaxial e um transporte de aproximadamente 150 km para ESE, são bem caracterizados por indicadores cinemáticos. Dois conjuntos de dobras normais, abertas e suaves, com baixo caimento, são superpostos à foliação principal. Apresentam orientação axial W-NW e NNW-NE. As estruturas da nappe são agrupadas em quatro fases de deformação, D₁ a D₄, sendo que o transporte da nappe e a foliação principal são relacionados à fase D₂.

A Nappe de Passos é caracterizada por apresentar um gradiente metamórfico invertido, variando da fácies xisto verde médio até a fácies anfibolito superior. Dados geotermobarométricos indicam condições de 486°C - 6 kbar, próximo à base da nappe, que aumentam progressivamente até 739°C - 11,2 kbar, próximo ao topo da nappe. O metamorfismo invertido é interpretado como decorrente da deflexão das isotermas na zona de subducção, aliado à contínua expulsão das rochas de mais alta pressão para níveis crustais mais rasos, ocasionado pelo intenso cisalhamento não coaxial, típico do processo de subducção.

Os dados litoestratigráficos, estruturais e metamórficos, indicam que a Nappe de Passos consiste de rochas metassedimentares, depositadas numa margem continental passiva. Subseqüentemente, esta rochas foram deformadas e metamorfisadas numa zona de subducção e, então, tectonicamente expulsa para níveis crustais mais rasos, durante uma colisão continental do Ciclo Brasileiro.

Abstract: The objective of this study is to document and explain the inverted metamorphism of the Passos Nappe over an area of 2,700 km² in the southern part of the Brasília Fold Belt in Minas Gerais State. Structural analysis in the field, more than 400 thin sections, and microprobe determinations for geothermobarometry support my results.

In the southern part of the Brasília Fold Belt, three tectonic units, one autochthonous and two allochthonous, are identified. These were imbricated by large thrust faults during Brasiliano orogeny about 600 Ma. The uppermost tectonic unit, the Passos Nappe, is mainly a psammitic-pelitic metasedimentary sequence, with minor associated tholeiitic basic rocks, metamorphosed to greenschist to upper amphibolite conditions. Two depositional cycle are recognized. Its lower depositional cycle is characterized by a mature sedimentation represented by quartzites and mica schist, whereas its upper depositional cycle had an immature sedimentation and is now represented by gneiss and mica schists with minor associated quartzites. The intermediate tectonic unit is a thrust system, mainly consisting of quartzites and phyllites, the Canastra Group, all in the lower greenschist metamorphic grade. Slices of basement rocks and of the Bambuí Group, its metasedimentary cover, are included in the thrust system. The autochthonous tectonic unit has two parts: a granitic-gneiss-greenstone basement of Early Proterozoic (~ 1,800 Ma) to Archean age, the Campos Gerais Complex, and a Late Proterozoic metasedimentary cover, the Bambuí Group, which represents a pelitic-carbonate platform sequence.

A review of the stratigraphic nomenclature applied to all the above metasedimentary sequences suggests that the term Araxá Group should be utilized for the rocks of the Passo Nappe, and not the Araxá-Canastra Group, which has been used by many workers. In the intermediate tectonic unit the

name Canastra Group is recommended to replace the two terms Carmo do Rio Claro Metasedimentary Sequence and Serra da Boa Esperança Sequence.

A low angle foliation, parallel to the thrust surfaces, is recognized in each of the three units. The development of this foliation was partially coeval for the three tectonic units. In addition, the structural pattern becomes more complex upward from the basal autochthonous to the uppermost allochthonous tectonic unit.

The structural pattern of the Passos Nappe is mainly characterized by a low angle foliation, that generally parallels the lithostratigraphic units of the nappe, and by an associated WNW mineral/stretching lineation. A noncoaxial strain history and a tectonic transport of about 150 km to ESE are well constrained by shear sense indicators. Two sets of open to gentle, low plunge, upright folds are superimposed on the main foliation, which has W-NW and NNW-NE axial trends. The nappe structures are grouped into four deformation phases, D1 to D4. The nappe transport and the main foliation are D2 related.

An inverted metamorphic gradient, medium greenschist to upper amphibolite facies, is typical to the Passos Nappe. Geothermobarometric data indicate 486°C - 6 kbar near the nappe's base, and an increasing temperature and pressure conditions up to 739°C - 11.2 kbar near the top of nappe. Deflection of isotherms in the subduction zone and continuous exhumation of more high pressure rocks to shallow crustal levels, due a strong noncoaxial shear, are believed to have caused this inverted metamorphism.

Lithostratigraphic, structural and metamorphic data suggest that the Passo Nappe consists of sedimentary rocks deposited on a passive continental margin; these were subsequently deformed and metamorphosed in a subduction zone, and then, squeezed out to a shallow crustal level during the continental collision of the Brasiliano Cycle.

SIGA JÚNIOR, Oswaldo

Domínios tectônicos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal. 27 de setembro. 212p. 1 vol. Orientador: Miguel Angelo Stipp Basei.

Resumo: O objetivo deste trabalho é discutir a evolução geotectônica de terrenos Pré-Cambrianos localizados na porção sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina.

As diferenças litológicas, petrográficas, estruturais, acopladas principalmente aos estudos geocronológicos, permitiram reconhecer neste setor a existência de três grandes domínios com evoluções próprias e distintas.

O primeiro domínio (Luís Alves) tem grande expressão na porção meridional estudada, afilando-se rumo nordeste, sentido Serra Negra, estendendo-se provavelmente até o Maciço de Itatins, já no estado de São Paulo. É balizado na porção noroeste pelos terrenos pertencentes ao Domínio Curitiba e no setor oriental pelo Domínio Paranaguá, contatos estes definidos por importantes zonas de cisalhamento. A sul, mostra-se recoberto pelos sedimentos do Grupo Itajaí, relacionados à evolução do Cinturão Dom Feliciano. O Domínio Luís Alves é representado, em grande parte, por rochas de alto grau metamórfico, tendo como litotipo principal gnaisses granulíticos formados no Arqueano (2.800-2.600 Ma), e no Paleoproterozóico (2.200-1.900 Ma). Grande parte desses terrenos encontrava-se relativamente frio no Neoproterozóico, temperaturas inferiores a 300°-250°C, representando possivelmente nessa época um segmento continental, posicionado entre os Crátons do Congo (África) e do Paraná (Brasil).

O segundo domínio (Curitiba) ocupa a porção setentrional estudada, sendo limitado no setor noroeste, através de zonas de cisalhamento, pelas seqüências metassedimentares dos Grupos Açungui e Setuva. Predominam neste domínio rochas gnáissico-migmatíticas do fácies anfibolito, ocorrendo em sua borda meridional granitóides cálcio-alcálicos (Suite Rio Piên). Caracteriza-se por mesossomas formados no Paleoproterozóico (2.200-1.800 Ma), com leucossomas e porções graníticas do Neoproterozóico (640-560 Ma), período esse em que as isotermas atingiram temperaturas superiores a 500°C. Esses terrenos (Domínio Curitiba) podem representar a borda do Domínio Luís Alves, intensamente deformada, migmatizada e granitizada no Neoproterozóico. Essa tectônica seria decorrência da movimentação relativa, que teria colocado os terrenos Luís Alves por debaixo do Cinturão Ribeira. O transporte relativo, envolvendo tanto as seqüências metassedimentares como a margem continental retrabalhada do microcontinente colidente teria sido de NW para SE. Tal processo ter-se-ia iniciado ao redor de 700±50

Ma, período este em que o arco magmático Três Córregos seria gerado, na borda do Cráton do Paraná. O fechamento completo do oceano existente entre o Domínio Luís Alves e o Cráton do Paraná, e consequentemente colisão, teria ocorrido em épocas anteriores a 620-600 Ma, período este associado ao resfriamento (idades K-Ar) do Domínio Curitiba. Os granitóides deformados (Suíte Rio Piên), que balizam o contato entre os Domínios Curitiba e Luís Alves, poderiam ter sua colocação relacionada a zonas transcorrentes, que limitam essas rochas magmáticas.

O terceiro domínio (Paranaguá) ocupa grande parte do setor oriental estudado, sendo representado por uma variedade de granitóides heterogeneamente deformados (Morro Inglês, Canavieiras) e isótopos (Rio do Poço, Estrela), ocorrendo ainda como encaixantes, gnaisses, xistos, quartzitos e anfíbolitos. A justaposição do Domínio Paranaguá deu-se tardiamente a colagem dos terrenos Luís Alves e Paraná. Os dados geocronológicos sugerem a formação desses granitóides principalmente no intervalo 620-570 Ma. O padrão K-Ar (560-480 Ma) indica ainda que o resfriamento deste segmento ou de parte dele, atingiu o Cambro-Ordoviciano evidenciando provavelmente processos relacionados à aglutinação dos Crátons Congo-Kalahari e os Crátons São Francisco-Paraná e, conseqüente, formação do Gondwana Ocidental.

Durante a justaposição do Domínio Paranaguá, registra-se no âmbito dos terrenos adjacentes, já relativamente estabilizados, expressivo magmatismo de natureza alcalina-peralcalina (600-570 Ma), representado pelos maciços graníticos da Graciosa, Anhangava, Marumbi, Serra da Igreja, Agudos do Sul, Morro Redondo, Dona Francisca, Pirai, Corupá e Serra Alta. Neste mesmo período, ocorre intenso vulcanismo ácido-intermediário, relacionado à evolução das Bacias de Campo Alegre, Guaratubina e Corupá. Tais manifestações sugerem uma associação com regimes tectônicos distensivos produzidos pelos ajustes crustais decorrentes de uma procura de condições de maior estabilidade, após o espessamento provocado pelo tectonismo precedente.

Finalmente, expressivo vulcanismo básico, de idade Juro-Cretácea, distribui-se no âmbito desses terrenos, relacionado a processos tectônicos que culminaram com a formação do Atlântico Sul.

Abstract: The aim of this study is a discussion of the geotectonical evolution of Precambrian terrains in the southeast of the Paraná and northeast of Santa Catarina. Three large domains with individual and distinct evolutionary histories are recognised by lithological, petrographic and structural differences, reinforced by geochronological data.

The Luís Alves domain occurs mainly in the southern part of the study area, but narrows northwestwards in the direction of Serra Negra and probably continues up to Itatins massif in São Paulo State. Its contacts with the Curitiba Domain in the northwest and with the Costeiro Domain in the east are formed by expressive shear zones. In the south, the Luís Alves Domain is covered by sediments of the Itajai Group formed during development of the Domínio Feliciano Belt. The Luís Alves Domain is mainly composed of high grade rocks, typically granulite gneisses formed during the Archaean (2,800-2,600 My) and Paleoproterozoic (2,200-1,900 My). A large part of this domain was relatively cool during the Neoproterozoic, with inferred temperatures lower than 250-300°C. At this time, the domain was a continental segment - the Luís Alves microplate - between the Congo (Africa) and Paraná (Brazil) Craton.

The Curitiba domain occurs in the northern part of the study area. It is separated from the metasedimentary sequences of the Açungui and Setuva Groups, to the northwest, by shear zones. Amphibolite facies gneiss-migmatites predominate in this domain. Deformed calc-alkaline granitoids occur along its southern border. The mesosomes were formed in the Paleoproterozoic (2,200-1,800 My), while leucosomes and granitic segregations were formed in the Neoproterozoic (640-560 My). During this period, the isotherms reached temperatures higher than 500°C. These terranes are believed to have formed the border of the Luís Alves microplate, which was strongly deformed and suffered migmatization and granite intrusion during the Neoproterozoic.

This tectonic situation resulted from the movement which thrust the Luís Alves terranes under the Ribeira belt. The transport, which involved both metasedimentary sequences and the continental margins of the colliding microcontinent, was from northwest to southwest. The process started at 700±50 My at a time when the Três Córregos magmatic arc was formed at the margin of the Paraná craton. The total closure of the ocean which existed between the Luís Alves and Paraná terranes and the subsequent continental collision occurred before 620-600 My when late tectonic processes (uplift/cooling) were affecting the Curitiba domain. The deformed granitoids of the Rio Piên suite, which outline the contact

between the Curitiba and Luís Alves Domain, may have been intruded into the transcurrent zones define their contacts.

The Costeiro Domain occupies a large part of the eastern part of the study area. It is formed by various heterogeneously deformed (Morro Inglês, Canavieiras) to isotropic (Rio Poço/Estrela) plutons, together with gneisses, schists, quartzites and amphibolites which form the host rocks. The Costeiro Domain arrive at its present position late during the *college* of the Luís Alves and Paraná Domains. The geochronological data shows that the granitoids were formed during the interval 620-570 My.

The K-Ar age pattern shows that this sector remained hot, with isotherms above 250°-300°C, during a long time interval from the Cambrian to the Ordovician, and may provide of uplift and agglutination of the Congo and Kalahari cratons to the São Francisco, Paraná and Amazonian cratons which resulted in the formation of West Gondwana.

During the arrival of the Costeiro Domain, the adjacent terrains were relatively stable. Abundant alkaline-peralkaline granite intrusion, represented by the Graciosa, Anhangava, Maruni, Serra da Igreja, Morro Redondo, Dona Francisca, Pirai and Corupá massifs, occurred within these terrains at 600-570 My.

During this same period, acid-intermediate volcanism occurred during the evolution of the Campo Alegre, Guaratubinha and Corupá basins. This manifestations area a consequence of crustal rearrangement eithin relatively stable segments under distensive regimes.

Finally, Jurassic-Cretaceous mafic volcanism occurred eithin these Domains, related to the tectonic processes which the opening of the Atlantic.

SILVA, Alexandre Pessoa da

Mercúrio em ambientes aquáticos de Poconé-MT. 08 de dezembro. 123p. 1 vol. Orientador: Raphael Hypolito.

Resumo: Para entendimento dos mecanismos de transportes de mercúrio nos ambientes aquáticos de Poconé, buscou-se o entendimento das fontes de emissão do poluente, a partir das atividades garimpeiras.

Além do levantamento da história dos ciclos do garimpo, formas de garimpagem de ouro predominantes na região e a intensidade recente da atividade, buscou-se caracterizar as principais drenagens que cortam o município de Poconé, tanto quanto a parâmetros físico-químicos e químicos de suas águas, em diferentes épocas de chuvas e de estiagens, bem como quanto ao processo de poluição mercurial nos seus diversos compartimentos ambientais.

No período entre 1989 (concentrando-se no córrego Tanque dos Padres) e 1994 (incluindo as principais drenagens que cortam o município de Poconé) foram analisadas aproximadamente 500 amostras dos diversos compartimentos ambientais.

Para caracterizar o impacto poluente na maior bacia de rejeitos de Poconé, o *Tanque dos Padres*, pela dimensão da área e desencontro das informações sobre as emissões de mercúrio nas diversas fases do garimpo, desenvolveu-se uma metodologia colorimétrica de campo, que possibilitou um grande número de análises semi-quantitativas de mercúrio em sedimentos permitindo visualizar, a um nível macro, a distribuição do mercúrio ao longo do córrego dos Tanque do Padres.

Como resultado principal, assinalou-se a baixa mobilidade do mercúrio metálico, emitido juntamente com os rejeitos de amalgamação, contido nos corpos de rejeitos. Por outro lado, principalmente na época das fortes chuvas, o material particulado torna-se um eficiente mecanismo de transporte para o mercúrio existente nas camadas mais superficiais dos solos.

Os resultados indicaram forte contaminação mercurial, principalmente dos córregos Pirarema e Piraputanga. No caso do córrego Pirarema, afora os impactos poluentes causados pelos garimpos da localidade de Cangas, através dos córregos Corguinho e Navegantes, existe a possibilidade de contaminação pelos vapores de mercúrio provenientes das casas de compra de ouro, no centro de Poconé, trazidos pelos ventos predominantes de direção norte e nordeste.

Abstract: For the understanding of the mercury transport mechanisms in the aquatics environment of Poconé, we search for the knowledge of the pollutant emissions source from the regional *garimpos* activities.

Besides the survey of the historical garimpo's cycles, its predominant forms in the region and the intensity of its recent activities, another point this study was to characterize the main drainages that cut Poconé city, as the physical-chemical and chemical parameters from its waters in different seasons.

Another aspect of the study was the mercury in the different environment compartments. Between 1989 (in the Tanque do Padres creek) and 1994 (including the others main drainages, which passes through Poconé), were analysed approximately 500 probes of different environment compartments.

To characterize the pollutant impact in the biggest Poconé's tailings depot, Tanque dos Padres, due to the dimension of the area even though its misinformations about the mercury emissions in the different phases of the garimpo history in this location, was developed a field colorimetric methodology, which permitted to realize a great number of mercury semi-quantitative analyses in the creek sediments.

With this colorimetric analytical kit was possible to recognize the mercury hot points contaminations along the Tanque dos Padres creek.

As the others main results this study, it was pointed the low mobility of metallic mercury emitted together with the amalgamated material included in the tailings body. Another observed aspect, specially during the heavy rainy season, the particulate matter becomes a efficient transport mechanism for mercury existing above superficial soils layers.

The results showed also a heavy mercury contamination basically in the Pirarema and Piraputanga creeks. In the case of Pirarema creek, besides the pollutants impacts caused by the Canga's Village garimpos, through the Corguinho and Navegantes creeks, there is the possibility of contamination caused by the mercury vapors brought by the north and northeast winds from the gold selling houses in downtown Poconé.

VASCONCELLOS, Eleonora Maria Gouvêa

Petrologia e geoquímica de diques e "plugs" alcalinos da região do Vale do Ribeira, divisa dos Estados do Paraná e São Paulo. 30 de agosto. 202p. Orientador: Celso de Barros Gomes.

Resumo: Diques e "plugs" alcalinos de composição fonolítica *l.s.*, encontrados na região do Vale do Ribeira, são estudados do ponto de vista geoquímico e petrológico.

Essas rochas ocorrem associadas aos complexos do Banhadão, Itapirapuã e Mato Preto, e aos "plugs" de Sete Quedas e Barra do Teixeira, ou ocorrem como diques cortando o granito Três Córregos, nas localidades de Barra do Ponta Grossa, Morro do Chapéu, Cerro Azul e na estrada entre Sete Quedas e Dr. Ulisses (SQ-DR.U). Quimicamente, esses corpos são classificados como: fonolitos peralcalinos (mais comuns); fonolitos e traquifonolitos (presentes somente no Mato Preto); e nefelinitos fonolíticos (observados em Sete Quedas e em um dos diques SQ-DR.U). O fonolito peralcalino de Itapirapuã é petrograficamente descrito como um microssienito, devido à ausência de nefelina modal.

Quanto à mineralogia são rochas constituídas, essencialmente, por feldspato alcalino (em geral rico em K_2O e, menos comumente, em Na_2O); piroxênio variando de cálcicos (diopsídio, hedembergita e augita) a sódico-cálcicos (egirina-augita) e sódicos (egirina) e nefelinas. Subordinadamente, ocorrem biotitas; granadas titaníferas (nos nefelinitos fonolíticos e no fonolito peralcalino do Banhadão); anfíbios (no fonolito do Mato Preto) e minerais opacos (fonolito do Mato Preto).

A geoquímica de elementos maiores, traços e Terras Raras (ETR) indica a derivação dos fonolitos peralcalinos a partir dos nefelinitos fonolíticos, tendo fonolitos peralcalinos menos evoluídos como termos intermediários. Os fonolitos, traquifonolitos e microssienitos são derivados diretamente do fracionamento dos nefelinitos fonolíticos. Estas passagens são testadas por meio de cálculos de balanço de massas a partir de modelos de cristalização fracionada, com base nos elementos maiores e traços.

O estudo de "spidergrams", construídos com base nos elementos traços ou ETR, revela grande afinidade entre todas as rochas estudadas, com variações apenas na intensidade das anomalias.

Aliando-se o estudo de diagramas de variação aos padrões de elementos traços e Terras Raras, as rochas estudadas são separadas em dois grupos principais: o primeiro rico em MgO (nefelinitos fonolíticos, fonolitos, microssienitos e fonolitos peralcalinos menos evoluídos); e o segundo pobre em

MgO (demais rochas), dividido em: rochas ricas em elementos traços e ETR (Mato Preto); rochas pobres em ETRP (Barra do Ponta Grossa, Cerro Azul e Sete Quedas) e rochas intermediárias (Morro do Chapéu, Barra do Teixeira e diques SQ-DR.U).

Os fonolitos *l.s.* possuem razões isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ com valores entre 0,704834 (nefelinito fonolítico de Sete Quedas) e 0,71051 (diq. SQ-DR.U).

Os diques que compõem o complexo de Tunas, de composição traquítica, são examinados separadamente, uma vez que formam um grupo quimicamente diferente daqueles definidos para as rochas fonolíticas *l.s.*; admite-se, assim, fontes diversas para a geração dessas rochas.

Com relação ao potencial econômico, as rochas do Mato Preto são definidas como bons indicadores do alto conteúdo em ETR e elementos traços.

Abstract: Alkaline dikes and plugs of phonolitic composition found in Ribeira Valley area, Brazil were studied on its geochemical and petrological aspects.

Those rocks are present either associated to the Banhadão, Itapirapuã and Mato Preto complexes or as dikes cutting the granites rocks of the Três Córregos Complex in the cities of Barra do Ponta Grossa, Morro do Chapéu, Cerro Azul and along the road between Sete Quedas and Dr. Uliisses (SQ-DR.U). Chemically, those bodies are classified as peralkaline phonolites (the most usually found); phonolites and trachyphonolites (found in Mato Preto complex); and phonolitic nephelinite (found in Sete Quedas and in one of the SQ-DR.U dikes). The peralkaline phonolite from Itapirapuã is described petrographically as microsyenite due to the absence of modal nepheline.

From the mineralogical point of view they are formed essentially by alkali feldspars, usually, potassium-rich feldspar and in less extent, sodium-rich feldspar; pyroxene, covering the range from calcium (diopside, hedenbergite and augite) to calcium-sodium (aegirine-augite) and sodium pyroxenes (aegirine) and nephelines. Secondly, biotites are found, as well as titanian garnet (in the phonolitic nephelinite and in the peralkaline phonolite from Banhadão; amphibole and opaques (in the phonolite from Mato Preto).

The geochemistry of trace, major and Rare Earth (REE) elements indicates that the peralkaline phonolites are originated from phonolitic nephelinite, occurring more primitive peralkaline phonolites as intermediate terms. The phonolites, trachyphonolites and microsyenites are derived directly from phonolitic nephelinite. These changes are tested through mass-balance calculations from fractional crystallization models based on trace and major elements.

The study of spidergrams built on bases of trace elements or REE shows great affinity among all studied rocks, only the anomalies intensity presenting variations.

The analysis of variation diagrams and the traces and REE pattern together lead to the conclusion that the rocks can be divided in two main groups, according to MgO content; rocks enriched in MgO (phonolitic nephelinite, phonolites and more primitive peralkaline phonolite). All the others are poor in MgO and can be subdivided in three compositional groups; rocks enriched in trace elements and REE (Mato Preto); rocks poor in HREE (Barra do Ponta Grossa, Cerro Azul and Sete Quedas) and rocks with intermediate composition (Morro do Chapéu, Barro do Teixeira and the SQ-DR.U dikes).

The phonolites *l.s.* present isotopic ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ between 0,704834 (phonolitic nephelinite from Sete Quedas) and 0,71051 (SQ-DR.U dike).

The Tunas Complex dikes of trachytic composition are taken separately, since they form a chemically different group from the ones defined as phonolitic rocks; for that reason, one attributes different sources to the generation of both groups.

The high content of trace elements and REE in the rocks found in Mato Preto define them as good indicators, from the view point of economical potential.

WEISSBERG, Iara

Estudo da reabilitação de solos em áreas bauxíticas mineradas em Poços de Caldas (MG): uma abordagem ambiental e uma contribuição técnica para otimização. 15 de agosto. 130p. Orientadora: Maria Cristina Motta de Toledo.

Resumo: A região bauxítica de Poços de Caldas vem sendo minerada por várias empresas e, nos

últimos 10 anos, com a exigência dos órgãos ambientais, as áreas mineradas estão sendo reabilitadas (revegetadas) com o emprego de diferentes procedimentos de preparo do solo e de plantio usando várias espécies vegetais.

Foram escolhidas algumas destas áreas, com diferentes idades de reabilitação, para compor o campo do presente estudo que objetivou, através de comparação entre os vários resultados obtidos e as observações relativas ao desenvolvimento da vegetação e dos solos, reconhecer a evolução da reabilitação dos solos novos para propor procedimentos mais apropriados para o êxito dos trabalhos que buscam reintegrar as áreas mineradas à paisagem natural.

As técnicas de preparo do terreno colocam à superfície materiais que anteriormente estavam em profundidade, iniciando um novo processo pedogenético relacionado ao clima da região. Apesar destas ações naturais sobre os materiais, a adição de fertilizantes, de "top-soil", a sulcagem da superfície e as espécies vegetais escolhidas para cobrir as áreas influem, por sua vez, de modo a acelerar os processos naturais. Os resultados desta pesquisa evidenciaram a importância de procedimentos que permitam a rápida reestruturação dos solos para sucesso da reabilitação.

O estudo dos teores de carbono orgânico e matéria orgânica mostrou que a estruturação dos solos, fenômeno importantíssimo para as funções de ciclagem de nutrientes para a biota associada à planta, ocorre em presença de teores mínimos desta matéria orgânica. As áreas que apresentaram melhor desenvolvimento da vegetação continham valores acima de 2% de carbono e de 2,5 g de matéria orgânica total em cada 50g de solo ou seja 5%. Entretanto a erosão mostrou-se muito atuante nas meia-encostas onde está a maioria das áreas mineradas, como foi medido nas análises de granulometria e na evolução da textura das áreas. Desta maneira a matéria orgânica pode ser perdida muito facilmente. Por isto a escolha da vegetação é muito importante uma vez que o desenvolvimento rápido de raízes ajuda a fixar os materiais mais finos que se aglutinam com a participação da matéria orgânica e da água que está nas raízes e pelo fenômeno da osmose passa para fora.

O estudo microestrutural dos solos permitiu visualizar o arranjo geral dos seus componentes e a disposição dos poros, permitindo uma classificação evolutiva dos solos naturais em relação aos novos. O estudo microgeoquímico à microsonda eletrônica contribuiu para identificação do processo geoquímico que ocorre com o revestimento dos poros, talvez ampliado pelas substâncias adicionadas no preparo das áreas para a revegetação. Nos solos naturais, os revestimentos de poros são principalmente ferruginosos, enquanto que nos solos novos, principalmente gibbsíticos. Neste aspecto, o estudo mostrou que o mecanismo de gibbsitização, responsável pela formação das jazidas da área, continua ocorrendo, sob ação da pedogênese, nos materiais retrabalhados pela reabilitação, e em curto intervalo de tempo.

Os minerais secundários predominantes nestes solos são a gibbsita, a caulinita e a goethita. Os solos naturais apresentam um estágio evolutivo muito adiantado com fissuras interconectadas e grandes fissuras no interior das quais aparecem microagregados ricos em matéria orgânica. Os solos novos apresentam esta evolução fissural muito modificada na forma com revestimento por materiais remobilizados. Este aspecto pode estar relacionado ao desenvolvimento precário da vegetação em algumas áreas, além dos tratamentos artificiais.

A importância da reabilitação de áreas mineradas reside não somente na fixação da vegetação mas também no desenvolvimento pedológico dos materiais. Os solos assim desenvolvidos passam a reduzir a atividade das águas de chuva não só na erosão mas também na dissolução de elementos ou substâncias tóxicas existentes nos materiais descartados pela mineração. A passagem para os recursos hídricos superficiais ou subterrâneos destas substâncias ou íons tóxicos podem atingir tanto a vegetação como os animais e, no caso de cidade próxima, a população. Um experimento realizado com solo e bauxita mostrou que uma camada de solo reduziu a teores abaixo dos limites de detecção a solubilidade do alumínio, que, em contato direto com água, seria solubilizado.

Abstract: Mining companies in the region of Poços de Caldas has been exploiting bauxite and in the last ten years, obeying environmental agency exigencies, mined areas have been rehabilitated by different material preparation and plantation of selected vegetal species.

Natural areas and several rehabilitated areas of different ages were chosen for the study. By comparison of the data obtained and observations on soil evolution and plant growth, the rehabilitation process on new soils was analysed. The aim was to propose the best methods which could return these areas, in the time, to the state of the natural landscape.

The preparation techniques place on the surface materials which were present in deeper points of the natural soil profile. The obtained data shows that climatic action modifies the preparation. Fine materials are eroded, and the regional pedogenetic processes initiates modification within the new top-soil. Besides this natural action, some artificial improvements occur through use of fertilizers and addition of stored original top-soil. Deep and straight furrows have been opened, by ripper equipment, crossing the land surfaces and special vegetal species were seeded and planted to cover these areas. All these actions were efforts to accelerate the rehabilitation.

Comparing the measures of Carbon and Organic Matter in the natural and new soils and the evolution of soil structuring by roots of plants, it was possible to conclude that a small quantity of these substances (0.2% of Carbon or 0.5% of total Organic Matter) is enough to start soil structuring in presence of vegetation development. Natural soils in areas which presented the best vegetation development contained 2% of Carbon and 5% of Organic Mater.

On the other hand, erosion was stronger in the rehabilitated areas because they are on inclined relief. Carbon and organic matter are eroded together with the fine particles of soils. Because of this, the choice of grass species is very important. The "capim gordura" is a good option because it covers the surface very rapidly, its roots contribute to the structuring of soils and consequently it helps to retain fine particles and associated organic matter.

The most important minerals in these soils are gibbsites, kaulinites and goethites. The microscopic studies on the natural soils presented a well-evolved *agglomeroplasmic* microstructure or interconnected fissural system, with rounded particles, while new soils presented this fissural system but with modified particle shapes or with coatings of remobilized materials.

Aluminium solubility was studied by a laboratory lixiviation experiment of water percolation through bauxite and soil. The results showed the soil to be a system with low water activity.

In conclusion, soil rehabilitation is important to integrate mined areas into the landscape and to reduce the solubility of toxic elements.