

A Formação Água Clara na Região de Araçáiba - SP: Registro U-Pb de Uma Bacia Mesoproterozóica

Werner Weber¹ (wweber@ufpr.br), Oswaldo Siga Júnior², Kei Sato³, José Manoel dos Reis Neto¹,
Miguel Angelo Stipp Basei², Allen P. Nutman⁴

¹Departamento de Geologia - Setor de Ciências da Terra - UFPR
Caixa Postal 19.001, CEP 81531-990, Curitiba, PR, BRA

²Departamento de Mineralogia e Geotectônica - Instituto de Geociências - USP, São Paulo, SP, BRA

³Centro de Pesquisas Geocronológicas - Instituto de Geociências - USP, São Paulo, SP, BRA

⁴Research School of Earth Sciences - Australian National University, Canberra, AUS

Palavras-chave: Araçáiba, Formação Água Clara, metabásica, Mesoproterozóico, U-Pb.

RESUMO

O objetivo deste trabalho fundamenta-se no estudo isotópico dos corpos metabásicos associados à Formação Água Clara e as suas relações com as encaixantes. A Formação Água Clara é constituída predominantemente por uma seqüência de rochas carbonáticas (mármore puros a impuros). Rochas cálcio-silicáticas, cálcio xistos, mica xistos, anfibólio xistos, quartzitos, granada-clorita-biotita xistos, metacherts, metatufos básicos e intermediários, metabasitos, anfibolitos e cornubianitos. As rochas metabásicas estudadas normalmente têm dimensões longitudinais expressivas chegando a quilométricas, com dimensões transversais de até centenas de metros. São de coloração cinza – esverdeada, apresentam granulometria fina a média e textura normalmente nematoblástica. Ocorrem termos mais isotropos que exibem textura granoblástica. São compostos por piroxênios (diopsídio ou augita), anfibólios (actinolita e hornblenda) e plagioclásios (andesina/oligoclásio). Os acessórios mais comuns são apatita, magnetita, epidoto, titanita e raramente zircão. Em lâmina observa-se texturas ofíticas e subofíticas preservadas o que indica uma provável origem ígnea para esses corpos. Os dados geoquímicos sugerem composições semelhantes a basaltos enriquecidos de cadeias mesoceânicas (E-MORB) com tendências a basaltos de ilhas oceânicas (OIB). As características de basaltos toleíticos, subalcalinos semelhantes a basaltos enriquecidos de cadeias mesoceânicas com tendência a basaltos de ilhas oceânicas (OIB), permitem sugerir como ambiente geotectônico gerador deste magmatismo básico, ambientes distensivos ou em bacias de retroarco. Os dados analíticos U-Pb (convencional, EMF e SHRIMP) obtidos para os litotipos metabásicos indicam épocas de cristalização dos zircões e conseqüente formação dessas rochas durante o mesoproterozóico, com idades do intervalo 1590 – 1470 Ma. Os valores neoproterozóicos obtidos (~600 Ma) provavelmente referem-se a processos de recristalização e neoformação de zircões nas rochas metabásicas, colocação de rochas de natureza granítica e resfriamento regional da Formação Água Clara.

Keywords: Água Clara Formations, Araçáiba, metabasic rocks, Mesoproterozoic, U-Pb.

ABSTRACT

The main objective of this work is to present U-Pb isotopic data obtained from zircons of metabasic rocks and subordinate acid and associated rocks of the Água Clara Formation in the Araçáiba region – São Paulo. The Água Clara Formation is predominantly constituted by a sequence of carbonate rocks (pure to impure marbles), calc-silicate rocks, calc schists, mica schists, amphibole schists, quartzites, garnet-chlorite-biotite schists, metacherts, basic and intermediate metatuffs, metabasites, amphibolites and cornubianites. The metabasic bodies are usually a few km long with widths of hundreds of m. They are greenish gray, fine- to medium-grained, and usually present nematoblastic texture. More isotropic terms also occur, showing granoblastic texture. They are composed of pyroxenes (diopside or augite), amphiboles (actinolite and hornblende), and plagioclases (andesine/oligoclase). The most common accessories are apatite, magnetite, epidote, titanite, and rare zircon. In thin section, preserved ophitic and subophitic textures are observed, indicating a probable igneous origin. The geochemical data suggest compositions similar to enriched midoceanic ridge basalts (E-MORB) tending to oceanic island basalts (OIB). The subalkaline, tholeiitic characteristics, similar to E-MOR basalts tending to OI basalts, suggest distension or back-arc

environments as the geotectonic settings for the basic magmatism. The geochronologic and geochemical characteristics and structural patterns described for the Água Clara Formation metabasic lithotypes (probably sills and/or dikes) suggest that periodic volcanism with associated sedimentation occurred during the Mesoproterozoic at about 1500 Ma. This event represents an important marker in the volcano-sedimentary evolution of the Apiaí Domain. The Neoproterozoic values obtained refer to zircon recrystallization, to neof ormation processes which affected the metabasics and amphibolites, to the emplacement of granitic and acid volcanic rocks, and to regional cooling of the Água Clara Formation.

INTRODUÇÃO

O estabelecimento de uma cronologia nos terrenos pré-cambrianos, do Leste Paranaense e Sudeste de São Paulo tem se mostrado problemático, função principalmente da dificuldade na obtenção de dados geocronológicos precisos em seqüências metavulcano-sedimentares de baixo a médio grau metamórfico. Idades relacionadas à deposição e metamorfismo destas seqüências metavulcano-sedimentares representam uma importante contribuição ao quadro geológico deste setor.

O estudo isotópico U-Pb em zircões dos litotipos metabásicos intercalados às seqüências metassedimentares, constitui uma importante ferramenta no posicionamento estratigráfico dessas unidades pré-cambrianas.

Este trabalho tem como principal objetivo apresentar dados isotópicos U-Pb em zircões de rochas metabásicas, e subordinadamente ácidas e associadas à Formação Água Clara que afloram próximos a Araçáiba no estado de São Paulo, pela existência de boas exposições dessas rochas (Figura 1). Estes corpos metabásicos ocorrem intercalados a metacalcarenitos, metacalcáreos micríticos, metassiltitos, calcoxistos, quartzitos que se mostram intrudidos por granitos quartzo-feldspáticos deformados.

TRABALHOS ANTERIORES

Os trabalhos do pré-cambriano paranaense e sudeste paulista foram motivados desde cedo devido aos importantes jazimentos minerais encontrados na região. Os trabalhos realizados durante a segunda metade do século XIX até meados da década de 50, envolveram principalmente o reconhecimento geológico destes terrenos.

A primeira tentativa em situar a Formação Água Clara numa coluna estratigráfica foi efetuada por Marini *et al.* (1967) que na mesma oportunidade redenomina ram a Série Açungui para Grupo Açungui. Os autores verificaram que as litologias desta unidade repousam em aparente discordância sobre a formação Votuverava, a partir de relações estruturais. Desta forma os autores posicionaram as litologias desta unidade no topo do Grupo Açungui.

Fuck *et al.* (1971) reforçam as correlações entre as formações Capiru e Itaiacoca, colocando-as lado a lado; mantém a Formação Água Clara no topo do Grupo Açungui e

considerando como embasamento a Formação Setuva.

Veiga e Salomão (1980) e Piekarz (1981) descreveram a Formação São Sebastião e a seqüência Perau, respectivamente, com características litológicas, estruturais e metamórficas, semelhantes àquelas observadas na Formação Água Clara por Pontes (1981, 1982).

Fritzsons *et al.* (1982) retiram a Formação Água Clara da base do Grupo Açungui situando-a no topo do Grupo Setuva sem, contudo, esclarecer os critérios utilizados para tal modificação e atribuindo idade Mesoproterozóica para a mesma.

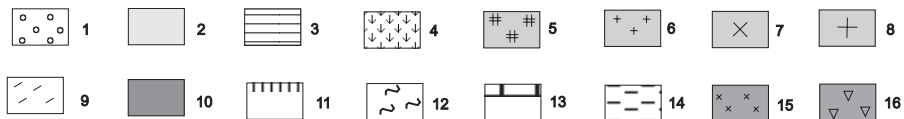
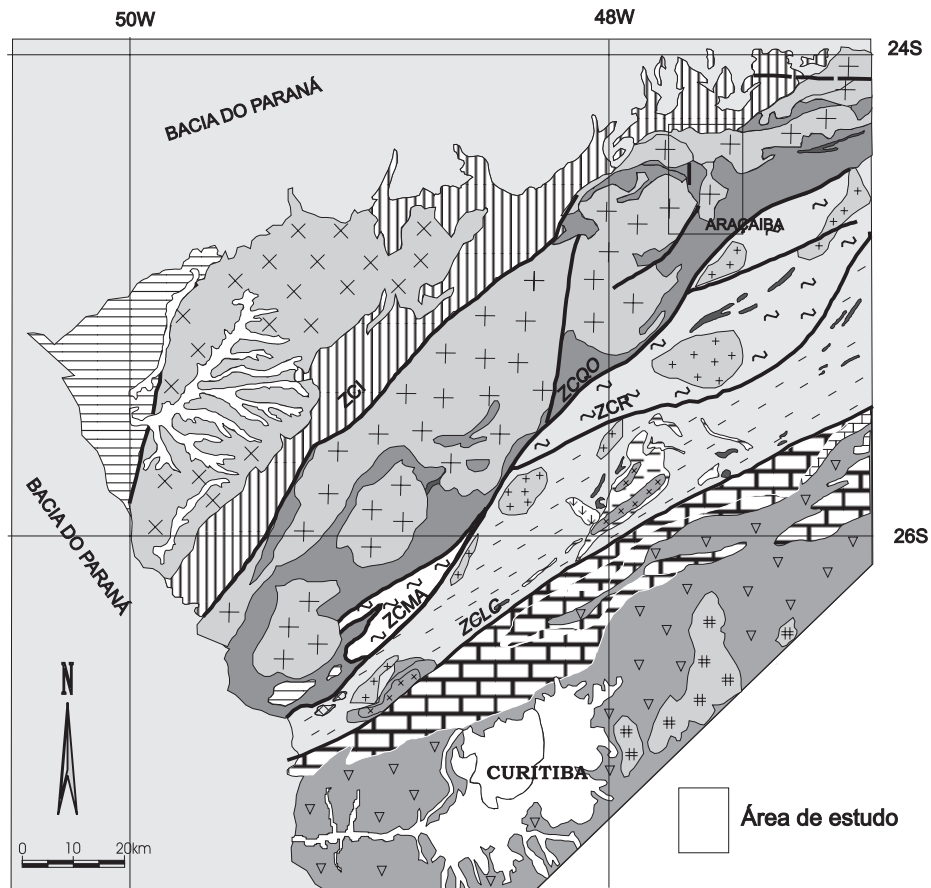
Pontes (1981, 1982) posiciona a Formação Água Clara na base do Grupo Açungui ao identificar metassedimentos típicos de águas profundas, com metamorfismo xisto verde alto início do grau médio, a ocorrência de dobras isoclinais quase sempre rompidas, interpretado como incremento na intensidade de deformação e metamorfismo em relação às Formações Capirú e Votuverava. Estas características levaram o autor a sugerir para a Formação Água Clara, deposição em ciclo tectônico anterior, provavelmente do Proterozóico médio.

Os principais estudos relacionados aos terrenos metavulcano-sedimentares do Grupo Açungui, envolvendo mapeamento geológico, análises faciológicas e estruturais e modelamento tectônico, referem-se a Fiori e colaboradores (que publicaram mais de uma dezena de trabalhos na década de 80, sintetizados e revisados em Fiori, (1990, 1992), Fiori e Gaspar (1993) e aos trabalhos desenvolvidos por Campanha *et al.* (1987) e Soares (1987).

Almeida (1989) e Almeida *et al.* (1986), descrevem na região de Araçáiba – SP, rochas carbonáticas constituídas por cálcio-silicáticas, cálcio-xistos, mármore impuros, metabasitos e quartzitos, que sofreram três fases deformacionais. Almeida (1989) considera o Proterozóico inferior como idade de deposição da referida formação.

Também na região de Araçáiba – SP, Frasca *et al.* (1990) sugerem três tipos de magmatismo básico durante períodos tectônicos; um de natureza toleítica de estágio inicial de abertura de bacia ou ao início de fechamento; o segundo, basaltos shoshoníticos de margem continental ativa (estágio final de fechamento da bacia) e o terceiro um magmatismo básico toleítico de natureza continental.

A existência de diversas e distintas colunas estratigráficas desses terrenos metavulcano-sedimentares caracteriza a dificuldade no posicionamento das unidades



ZCI - Zona de cisalhamento Itapirapuã
 ZCMA - Zona de cisalhamento Morro Agudo
 ZCQO - Zona de cisalhamento Quarenta Oitava
 ZCR - Zona de cisalhamento Ribeira
 ZCLC - Zona de cisalhamento Lancinha Cubatão

Figura 1. Esquema geológico com as principais unidades geológicas e tectônicas, sudeste brasileiro. **1.** Cobertura quaternária. **2.** Bacia do Paraná. **3.** Bacias de Ante-País (Grupo Castro (NW) e Grupo Camarinha (SW)). **4.** Sienito Tunas. **5.** Complexo batolítico costeiro. **6.** Granitóides sin- a pós-colisionais. **7.** Batólito Cunhaporanga. **8.** Batólito Três Córregos e corpos graníticos associados. **9.** Formação Votuverava. **10.** Formação Água Clara. **11.** Grupo Itaiacoca. **12.** Sequências Lajeado e Antinha. **13.** Formação Capirú. **14.** Sequências Perau e Betara. **15.** Granitóides alcalinos deformados e granitóides cálcio-alcalinos deformados. **16.** Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba.

geológicas em termos estratigráficos e tectônicos. O trabalho de Fassbinder (1996), mostra a existência de cerca de 40 colunas geológicas sugeridas (notadamente para o Grupo Açungui), várias das quais bastante discrepantes, e posiciona a Formação Água Clara na base do Grupo Açungui, em função do metamorfismo e deformação mais intenso que as demais formações (Votuverava, Capirú/Itaiacoca).

Os inúmeros trabalhos setorializados no âmbito do Grupo Açungui, contribuíram não só para a proliferação da nomenclatura, como também do variado empilhamento estratigráfico. No âmbito regional, merecem destaque os trabalhos de Hasui (1986), Soares (1987), Campanha *et al.* (1987), Fiori (1990, 1992), Fiori e Gaspar (1993), Spoladore (1993), Reis Neto (1994), Soares e Rostirolla (1997), Hackspacher *et al.* (1997, 2000), Wernick (1997) e Campanha e Sadowski (1999), que abordam de modo integrado estudos relacionados a ambientes de sedimentação, metamorfismo, magmatismo (incluindo plutonismo e vulcanismo), caracterização estrutural, geofísica, geocronológica, compartimentação tectônica, entre outros.

Reis Neto (1994) apresenta idades isocrônicas Pb-Pb e Rb-Sr de metavulcânicas (~1250 Ma), de mármore (~1120 Ma) e metadoleritos (~1080 Ma) do Grupo Itaiacoca e para rochas anfíbolíticas (~1080 Ma) da Formação Água Clara. Interpreta tais valores como relacionados à época de sedimentação/vulcanismo associado à formação dessas duas bacias.

Maniesi (1997) apresenta idades K-Ar em concentrado de anfíbólio de rochas anfíbolíticas de Adrianópolis – PR (675 ± 21 Ma) e de plagioclásios de metabásicas da mesma região (1456 ± 25 Ma), neste caso em cristais admitidos pelo autor como preservados do metamorfismo. Apresenta ainda um valor K-Ar em anfíbólio de 881 ± 46 Ma, obtido em anfíbolitos da região de Campo Largo.

Estudos utilizando-se de isótopos estáveis (O^{18}) realizados por Fassbinder (1996), sugerem para a Formação Água Clara idades mais jovens que 1,3 Ga, para a Formação Votuverava idades próximas a 0,9 Ga e para a Formação Capirú/Itaiacoca idades mais antigas que 0,7 Ga.

GEOLOGIA DA ÁREA

As seqüências metavulcano-sedimentares pertencentes à Formação Água Clara, distribuí-se em dois compartimentos principais, o primeiro no sudeste Paranaense e o segundo no sul-sudeste de São Paulo. O primeiro compartimento localiza-se nas proximidades de Rio Branco do Sul, onde as rochas da Formação Água Clara encontram-se balizadas a NNW pelo batólito Granítico Três Córregos, que se mostra intrusivo nas seqüências metavulco-sedimentares. A SSE o limite é tectônico, balizado pela zona de cisalhamento Mor-

ro Agudo. No segundo compartimento essas rochas distribuem-se a NNE da localidade de Apiaí/Araçaíba, sendo limitado a SSE através de zona de cisalhamento com as seqüências pertencentes ao Subgrupo Lajeado e correlatos. A NNW é balizada pelo Batólito Granítico Três Córregos.

A Formação Água Clara é constituída predominantemente por uma seqüência carbonática impura. Inclui mármore puros a impuros, calciossilicatadas, cálcio xistos, mica xistos, anfíbólio xistos, quartzitos, granada-clorita-biotita xistos, metacherts, metatufos básicos e intermediários, metabasitos, anfíbolitos e cornubianitos. Trata-se de litotipos sugestivos de ambiente plataformal relativamente profundo. Os corpos de rochas anfíbolíticas e metabásicas que ocorrem em meio às seqüências metavulcano-sedimentares apresentam, de um modo geral, expressivas dimensões longitudinais quando comparadas às dimensões laterais, estas normalmente decamétricas.

As relações de contato dos litotipos metabásicos dificilmente são observadas e, quando presentes, mostram contatos concordantes e bruscos com a estruturação das rochas encaixantes. Constituem corpos que se mostram, por vezes, totalmente anfíbolitizados (anfíbolitos) e por outros, pouco modificados pelo metamorfismo (metabásicas), coerentes com o padrão metamórfico das seqüências metassedimentares encaixantes. Apresentam-se normalmente intemperizadas, adquirindo cor verde escura a cinza esverdeada e granulação fina a fina-média, raramente grossa. Os termos anfíbolíticos apresentam texturas granoblásticas a granonematoblásticas, predominando em termos mineralógicos o anfíbólio (hornblenda – actinolita), geralmente alterado para biotita e/ou clorita, o plagioclásio (albita-oligoclásio), normalmente saussuritizado, e em maior ou menor proporção, quartzo, biotita, clorita, sericita, granada, diopsídio, titanita, opacos, epidoto e carbonato. Os termos metabásicos normalmente apresentam características ígneas reliquias, como por exemplo, texturas ofíticas a subofíticas, e mineralogia composta por clinopiroxênios, plagioclásio cálcico, geralmente oligoclásio-andesina podendo ocorrer labradorita, hornblenda, quartzo, sericita, carbonato, apatita, titanita, epidoto e opacos.

O grau metamorfismo nessas rochas chegou a facies anfíbolito. A paragênese que melhor caracteriza o grau metamórfico que atuou sobre as rochas metabásicas pode ser sumarizado pela seguinte reação: hornblenda + plagioclásio (oligoclásio/andesina – em alguns casos labradorita) + diopsídio + titanita que indica grau facies anfíbolito (Winkler, 1977). Processos de retrometamorfismo podem ser caracterizados através da saussuritização em plagioclásios e alterações em anfíbólios e piroxênios formando epidoto, clorita e actinolita. Este retrometamorfismo não deve ter ultrapassado a facies xisto verde. Sobreposto a esse metamorfismo ocorre metamorfismo de contato originado pela

colocação de corpos granitóides do Complexo Três Córregos gerando cornubianitos e hornfels.

Pode-se citar ainda um evento retrometamórfico, evidenciado pela saussuritização de feldspatos, epidotização de actinolita e cloritização de hornblendas. Este evento de retrometamorfismo não chegou a ultrapassar as condições da facies xisto verde.

O padrão estrutural observado na região é uma foliação (Sc) de baixo ângulo, paralela à subparalela ao bandamento composicional das rochas cálcio-silicáticas. A questão é se esta foliação representa uma superfície Sn ou Sn+1, em função da existência de dobras centimétricas fechadas a isoclinais em bainha desenhadas pelo Sn (?) com flancos rompidos. Esta superfície mostra-se afetada por uma foliação de cisalhamento rúptil-dúctil heterogeneamente desenvolvida de baixo a médio ângulo, que muitas vezes confunde-se com a anterior. Deformações posteriores são responsáveis por dobramentos mais abertos, com eixos normalmente subhorizontais (NE-SW) e seus planos axiais subverticalizados. Sistemas transcorrentes são responsáveis por uma foliação Sc de alto ângulo, que oblitera completamente as feições anteriores. Tal padrão mostra-se de um modo geral, muito similar ao observado por Almeida (1986) e Fiori (1990).

Estudos litogeoquímicos realizados nas rochas metabásicas pertencentes à Formação Água Clara, sugerem para estas rochas, origem ortoderivada de natureza toleítica subcalina, representando basaltos de fundo oceânico transicionais (T-MORB) ou basaltos de arco de ilha (OIB) Weber *et al.* (2002) fato este já levantado por Frasca *et al.* (1990, 1997), Maniese (1997) e Maniese e Oliveira (1999).

ESTUDO GEOCRONOLÓGICO

O estudo geocronológico U-Pb (zircões) envolveu rochas metabásicas da região de Araçáiba – SP intercaladas nas seqüências metavulcano-sedimentares da Formação Água Clara (Figura 1).

Os litotipos metabásicos analisados apresentam geralmente granulação fina a média, e se mostram em campo incipientemente deformadas, com padrão estrutural similar ao observado nas seqüências metassedimentares encaixantes. Ao microscópio a superfície principal (Sn) é caracterizada pela orientação de cristais de anfibólio e plagioclásios.

Os zircões de rocha metabásicas nem sempre têm a forma característica: prismático, alongado e biterminado, mas na maioria dos casos são mal formados, às vezes não tendo uma forma definida.

As análises isotópicas U-Pb foram realizadas no CPGeo – USP (método convencional e evaporação de monocristal em filamento EMF) e nos laboratórios da Austrália (SHRIMP)

através da cooperação científica com o Dr. Allen P. Nutman, neste caso, envolvendo estudos de catodoluminescência.

O estudo isotópico U-Pb em zircões, relativo às rochas metabásicas de número de campo WWD-03, envolveu as três técnicas analíticas mencionadas (convencional, EMF e SHRIMP). Inicialmente as populações de zircões foram selecionadas através da técnica *split*, utilizando-se do separador eletromagnético tipo FRANTZ, para posterior catação manual em lupa binocular.

As populações de zircões foram selecionadas em função das diferenças relacionados ao hábito (prismas relativamente bem formados, ovalados, com terminações difusas), normalmente translúcidos, podendo apresentar fraturas e inclusões.

Os dados analíticos SHRIMP, relativos a cinco zircões estudados (bordas e núcleos) alinham-se em diagrama Tera-Wasserbourg (Figura 2), caracterizando para o intercepto superior idades de 1593 ± 70 Ma e para o intercepto inferior de 586 ± 24 Ma. Dois dos dados analíticos plotam no diagrama em posições intermediárias entre os valores mencionados.

As imagens de catodoluminescência revelam sobrecrecimentos em praticamente todos os zircões analisados. O ponto mais próximo ao intercepto superior (idade mais antiga) refere-se à uma análise de uma porção mais interna preservada de sobrecrecimento, enquanto nos demais as análises referem-se a porções mais externas, caracterizadas por sobrecrecimentos e zonas oscilatórias. Os dados apresentados sugerem para a época de cristalização dos zircões o Mesoproterozóico, com idade de 1593 ± 70 Ma. Os valores relativos ao Neoproterozóico (586 ± 24 Ma) referem-se às zonas de sobrecrecimento desses zircões, indicativas provavelmente de processos metamórficos, bem como relacionados à colocação do batólito Granítico Três Córregos.

Os dados isotópicos obtidos através da técnica convencional em quatro populações da mesma amostra WWD-03, alinham-se ao longo da discórdia, interceptando a curva concórdia em 1561 ± 18 Ma (intercepto superior), e 751 ± 15 Ma (intercepto inferior). O posicionamento intermediário de três pontos analíticos na discórdia (Figura 3), revela perdas parciais de Pb, provavelmente associadas à tectônica Neoproterozóica. O único ponto posicionado próximo ao intercepto inferior localiza-se à esquerda da curva concórdia, denotando desequilíbrio isotópico, possivelmente relacionado à digestão incompleta dos zircões analisados. Portanto, a idade obtida neste intercepto de 751 ± 15 Ma deve ser encarada com ressalvas, provavelmente sem significado geológico. De qualquer modo, trata-se de zircões cristalizados no Mesoproterozóico, com idade de 1561 ± 18 Ma, com perda de Pb associadas à tectônica Neoproterozóica impressa nesses litotipos.

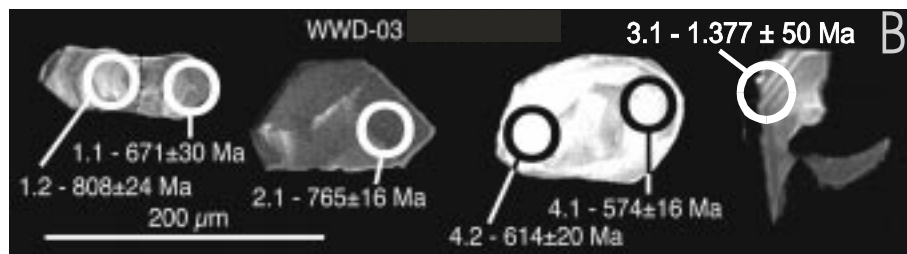
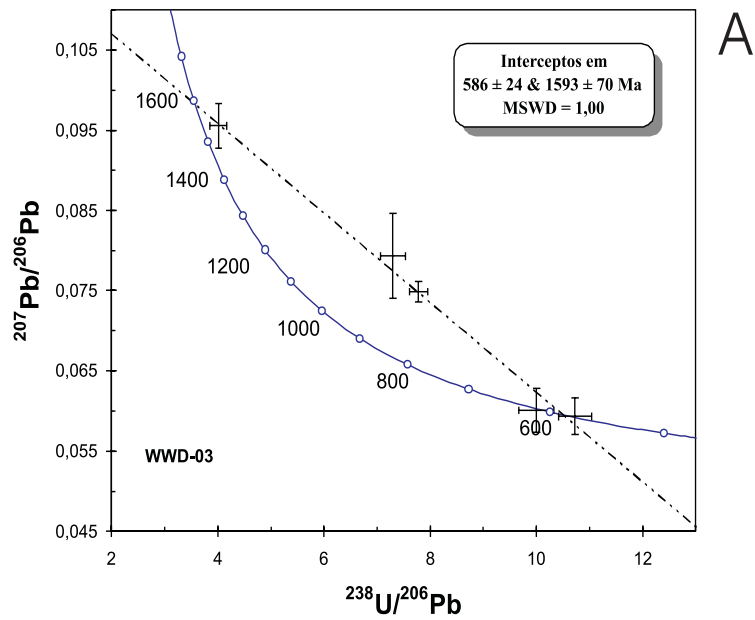


Figura 2. **A** - Diagrama Tera-Wasserburg. **B** - Imagens de catodoluminescência dos zircões da amostra WWD-03.

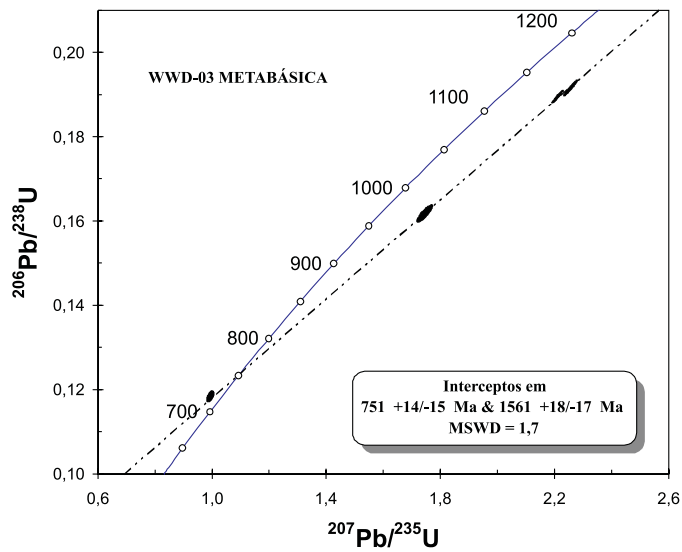


Figura 3. Diagrama Concórdia para quatro frações da amostra WWD-03.

Utilizando-se a técnica EMF (evaporação de monocristal em filamento) em zircão dessa mesma amostra (WWD-03) observa-se um patamar com idades ao redor de 1461 ± 51 Ma (Figura 4), caracterizando mais uma vez épocas de cristalização relacionadas ao Mesoproterozóico. Acrescenta-se que tal técnica, nesses casos não é efetiva para análise das bordas dos zircões, função da quantidade de Pb comum presente e queima relativamente rápida desta borda.

Outros afloramentos estudados da região de Araçáiba referem-se às rochas metabásicas que ocorrem nos arredores de Taquari-Mirim (números de campo WWD-32 e WWD-33).

Na amostra WWD-32, foram realizadas análises em quatro frações de zircões, utilizando-se a técnica convencional. Duas frações 32a e 32d são compostas por zircões mal for-

mados com arestas indefinidas, translúcidos e livres de inclusões e fraturas. Em diagrama concórdia estes dois pontos analíticos posicionaram-se no intercepto superior. As outras duas frações, 32b e 32c são compostos por zircões prismáticos, relativamente bem formados, com arestas definidas, transparentes, incolores e geralmente com inclusões e/ou fraturas. Essas duas frações, 32b e 32c distinguem-se apenas pelo tamanho do prisma, sendo o primeiro mais curto (2:1) e o segundo (~3:1). Estes dois pontos posicionaram-se, no intercepto inferior, praticamente sobre a curva concórdia. A discordância que melhor se ajusta a esses pontos analíticos, revelou para o intercepto superior idade de 1484 ± 76 Ma e para o inferior de 601 ± 83 Ma. Trata-se de zircões cristalizados no Mesoproterozóico e recrystalizados parcialmente ou neoformados no Neoproterozóico (Figura 5).

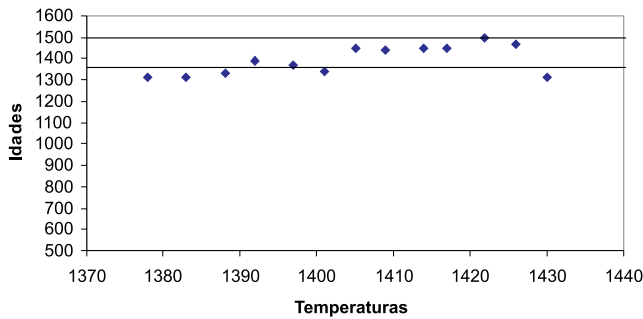
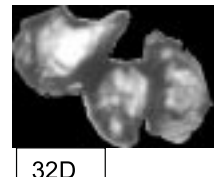
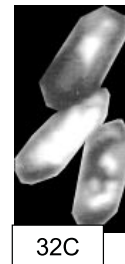
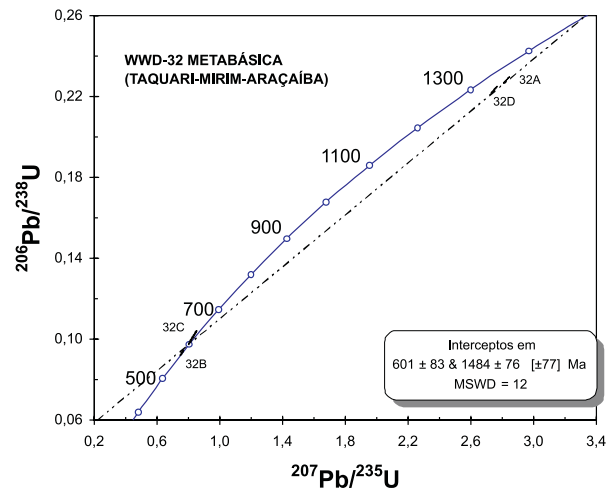


Figura 4. Gráfico Idade versus Temperatura para análises por evaporação de monocristal em filamento.

Figura 5. Diagrama Concórdia para quatro frações da amostra de campo número WWD-32 e suas respectivas tipologias.



Na amostra com número de campo WWD-33, relativamente próxima ao afloramento WWD-32, os zircões são raros, possibilitando apenas a concentração de duas frações. Tentativamente esses pontos analíticos foram lançados em diagrama concórdia conjuntamente com os outros pontos das amostras WWD-3 e 32, (Figura 6). A discórdia que melhor se ajusta a esses pontos analíticos intercepta a curva concórdia em 1477 ± 46 Ma (superior) e 575 ± 46 Ma (inferior), valores estes muito similares e mais precisos que os anteriores discutidos.

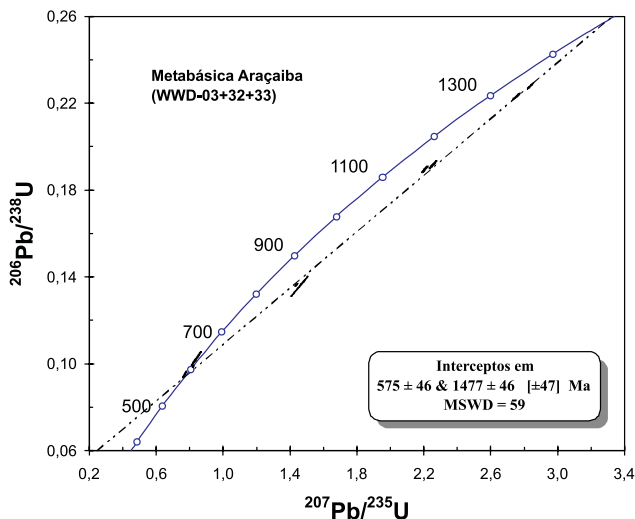


Figura 6. Diagrama Concórdia com as frações das amostras com número de campo WWD-03+32+33.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo geológico - geocronológico, envolvendo principalmente análises U-Pb em zircões de rochas metabásicas intercaladas nas seqüências metavulcano-sedimentares da Formação Água Clara permite tecer as seguintes considerações:

a. os dados analíticos U-Pb (convencional, EMF e SHRIMP) obtidos para os litotipos metabásicos indicam épocas de cristalização dos zircões e conseqüente formação dessas rochas durante o Mesoproterozóico, com idades do intervalo 1590 – 1470 Ma;

b. os estudos de catodoluminescência realizados em zircões de rocha metabásica revelam a presença de núcleos cristalizados no Mesoproterozóico e de zonas de sobrecrecimento de amplitudes variáveis, com idades mais significativas no intervalo 600 – 580 Ma;

c. a estruturação desses terrenos (similar ao das seqüências metavulcano-sedimentares encaixantes) relaciona-se ao Neoproterozóico, quando do metamorfismo de grau médio (facies anfíbolito). Dados K-Ar em minerais metamórficos realizados por diferentes autores, bem como U-Pb em zonas de sobrecrecimento dos zircões revelam a importância do Neoproterozóico no arcabouço geotectônico desses terrenos;

d. os dados U-Pb (zircões) obtidos em rochas metabásicas e anfíbolíticas das seqüências Perau e Votuverava apresentam idades relacionadas também ao Mesoproterozóico, ~1480 Ma (Basei, informação verbal), similares às observadas para Formação Água Clara.

CONCLUSÃO

As características geocronológicas, geoquímicas e padrões estruturais descritos para os litotipos metabásicos da Formação Água Clara sugerem épocas de vulcanismo com sedimentação associada, relacionada ao Mesoproterozóico, com idades próximas aos 1500 Ma. Os valores Neoproterozóicos (± 600 Ma.) obtidos, referem-se a processos de recristalização e neoformação de zircões (metabásicas/anfíbolitos), colocação de rochas de natureza granítica/vulcânicas ácidas e resfriamento regional da Formação Água Clara.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro do projeto FAPESP Nº 99/04040-8, que permitiu o presente estudo e ao CNPq pelo auxílio bolsa, processo 140833/1999-4.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. A. *Geologia da formação Água Clara na região de Araçáiba – SP*. 1989. 184 f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ALMEIDA, M. A.; BISTRICHI, C. A.; STEIN, D. P. A Formação Água Clara na região de Araçáiba, Estado de São Paulo: litotipos, metamorfismo e deformação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1986. Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBG, 1986. v. 2, p. 905-918.
- CAMPANHA, G. A. C. Tectônica proterozóica do Alto e Médio Vale do Ribeira, estados de São Paulo e Paraná. 1991. 296 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CAMPANHA, G. A. C.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, M. A. Considerações sobre a organização litoestratigráfica e evolução tectônica da faixa de dobramentos Apiaí. In: III SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1987.

- Curitiba. Atas... Curitiba: 1987, v. 2, p. 725-742.
- CAMPANHA, G. A. C.; SADOWSKI, G. R. Cinturão Ribeira: tectônica e questões pendentes sobre a sua evolução. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998. Belo Horizonte. *Anais*. Belo Horizonte: SBG, 1998. p. 17.
- CAMPANHA, G. A. C.; SADOWSKI, G. R. Tectonics of southern portion of the Ribeira Belt (Apiá Domain). *Precambrian Research*, v. 98, p. 31-51, 1999.
- DAITX, E. C. Origem e evolução dos depósitos sulfetados tipo-perau (Pb-Zn-Ag), com base nas jazidas Canoas e Perau (Vale do Ribeira, PR). 1996. 435 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- DAITX, E. C. Prospecto de Cu, Pb e Zn nas faixas carbonáticas Furnas/Lajeado, SP e PR. São Paulo: CPRM, 1980. 27 p. (Relatório interno).
- DAITX, E. C.; BETTENCOURT, J. S.; ZANARDO, A. Metatufos traquíticos na área da Mina Perau (Vale do Ribeira, PR): significado geológico e importância na gênese dos corpos sulfetados (Pb-Zn-Cu-Ag-Ba). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992. São Paulo. *Boletim de Resumos*. São Paulo: SBG, 1992. p. 255.
- DAITX, E. C.; TEIXEIRA, W.; ZANARDO, A. Geologia e geocronologia do metagabro Apiá, Vale do Ribeira, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990. Natal. *Boletim de Resumos*. Natal: SBG, 1990. p. 341.
- FASSBINDER, E. A unidade Água Clara no contexto do Grupo Açungui: um modelo transpressivo de colisão oblíqua no Neoproterozóico paranaense. 1996. 207 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FIORI, A. P. Tectônica de cavalgamento no Grupo Açungui. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTONICOS, 3., 1991. Rio Claro. *Boletim de resumos...* São Paulo: SBG, 1991.
- FIORI, A. P. *Tectônica e Estratigrafia do Grupo Açungui a Norte de Curitiba*. 1990. 261 f. São Paulo. Tese (Livro – Docência) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FIORI, A. P. Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui, PR. *Boletim IG-USP. Série Científica*, v. 23, p. 55-74, 1992.
- FIORI, A. P.; GASPAR, L. A. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Açungui (Proterozóico Superior), Paraná, sul do Brasil. *Boletim IG-USP. Série Científica*, v. 24, p. 1-19, 1993.
- FRASCÁ, M. H. B. O.; FIGUEIREDO, M. C. H.; ALMEIDA, M. A.; COUTINHO, J. M. V. Petrografia e geoquímica da Formação Água Clara, região de Araçáiba, SP. *Boletim IG-USP. Série Científica*, v. 21, p. 73-92, 1990.
- FRASCÁ, M. H. B. O.; CAMPANHA, G. A. C.; FIGUEIREDO, M. C. H.; SADOWSKI, G. R. Geoquímica e ambiência tectônica de metabasitos do alto e médio Vale do Ribeira, São Paulo e Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 27, n. 1, p. 41-48, 1997.
- FRITZONS JÚNIOR, O.; PIEKARZ, G. F.; FALCADE, D. Geologia e potencial econômico do Grupo Setuva (PR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador. *Anais...* Salvador: SBG, 1982. v. 3, p. 991-1001.
- FUCK, R. A.; MARINI, O. J.; TREIN, E.; MURATORI, A. Geologia do leste Paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, 1971, v. 5, p. 121-130.
- FUCK, R. A.; MARINI, O. J.; TREIN, E. Mapa geológico preliminar do litoral, da Serra do Mar e Primeiro Planalto no Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 27, p. 123-152, 1969.
- HACKSPACHER, P. C.; DANTAS, E. L.; SPOLADORE, A.; FETTER, A. H.; OLIVEIRA, M. A. F. Evidence of Neoproterozoic backarc basin development in the central Ribeira belt, southeastern Brazil: new geochronological and geochemical constraints from the São Roque – Açungui Groups. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, p. 110-114, 2000.
- HACKSPACHER, P. C.; DANTAS, E. L.; VAN SCHUMUS, W. R.; FETTER, A. Terrenos exóticos na Faixa Ribeira, sim ou não? In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5., 1997. São Paulo. *Atas...* São Paulo: SBG, 1997. p. 69-71.
- HASUI, Y. *Novo modelo geológico do Vale do Ribeira*. São Paulo: IPT, 1986. 67 p. (Relatório Interno).
- MANIESI, V. *Petrologia das rochas anfíbolíticas das regiões de Adrianópolis, Campo Largo e Rio Branco do Sul/PR*. 1997. 215 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Paulista, Rio Claro.
- MANIESI, V.; OLIVEIRA, M. A. F. Quimismo mineral e metamorfismo de anfibólios e sua relação com feições texturais nos corpos anfíbolíticos de Adrianópolis e Campo Largo/PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996. Salvador. *Anais...* Salvador: SBG, 1996. v. 2, p. 138-140.
- MANIESI, V.; OLIVEIRA, M. A. F. Anfibólitos com afinidades dos basaltos de fundo oceânico: regiões de Adrianópolis e Campo Largo/PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998. Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: SBG, 1998. p. 456.
- MARINI, O. J.; TREIN, E.; FUCK, R. A. 1967. O Grupo Açungui no estado do Paraná. In: BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R.; PINTO, V. M. “Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subseqüentes da porção oriental do estado do Paraná”. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 23-25, p. 43-104.
- PIEKARZ, G. F. Reconhecimento de unidades correlacionáveis à seqüência mineralizada do Perau, Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLO-

- GIA, 3., 1981. Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1981. v. 1, p. 148-154.
- PONTES, J. B. Geologia e potencialidades econômicas da Formação Água Clara - Paraná. Relatório interno da MINEROPAR, 1981.
- PONTES, J. B. Geologia e potencialidades econômicas da Formação Água Clara - Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982. Salvador. *Anais...* Salvador: SBG, 1982. v. 3, p. 1002-1016.
- REIS NETO, J. M. Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no neoproterozóico. 1994. 253 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SILVA, C. R.; TAKAHASHI, A. T.; CHIODI FILHO, C.; BATOLLA, F. Geologia e mineralização da região do Perau - Água Clara, Vale do Ribeira, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982. Salvador. *Anais...* Salvador: SBG, 1982. v. 3, p. 1024-1036.
- SILVA, M. J.; VASCONCELLOS, E. M. G. Estudo geoquímico das rochas metabásicas da faixa de dobramentos Apiaí. In: V CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA E VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1999. Porto Seguro. *Anais...* Porto Seguro: 1999, p. 592-595.
- SOARES, P. C. Seqüências tectono-sedimentares e tectônica deformadora no centro-oeste do Escudo Paranaense. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987. Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1987. p. 245-258.
- SOARES, P. C.; ROSTIROLLA, S. P. Tectônica de escape tardicolisional nos Cinturões Ribeira e Dom Feliciano. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 6., 1997. Pirinópolis. *Anais...* Pirinópolis: SBG, 1997. p. 65-68.
- SPOLADORE, A. *Caracterização da história deformacional das rochas proterozóicas da região de Bromado, Paraná*. 1993. 157 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- TASSINARI, C. C. G.; BARBOUR, A. P.; DAITX, E. C.; SATO, K. Aplicação de isótopos de Pb e Sr na determinação da natureza das mineralizações de chumbo do Vale do Ribeira – São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990. Natal. *Anais...* Natal: SBG, 1990. v. 3, p. 1254-1266.
- TASSINARI, C. C. G.; MELLO, I. S. C. A idade e a origem das mineralizações do granitóide de Itaoca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994. Camboriu. *Resumos Expandidos...* Camboriu: SBG, 1994. p. 304-305.
- VEIGA, H. R.; SALOMÃO, E. L. A formação São Sebastião e sua importância econômica. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Balneário de Camboriu. *Anais...* Balneário de Camboriu: 1980. v. 2, p. 826-831.
- WEBER, W.; SIGA JUNIOR, O.; BASEI, M. A. S.; SATO, K. A Formação Água Clara na Região de Araçáiba –SP, Registro de uma bacia Mesoproterozóica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002. João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBG, 2002. p. 346.
- WERNICK, E. Idade da tectônica de colocação do magmatismo granitóide Brasileiro do Estado de São Paulo e áreas adjacentes do Estado de Minas Gerais, SE – Brasil. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5., 1997. São Paulo. *Atas...* São Paulo: SBG, 1997. v. 1, p. 104-106.
- WINKLER, H. G. F. Petrogenesis of metamorphic rocks. *Springer – Verlag*, p. 348, 1977.