A FORMAÇÃO SALINAS NA ÁREA-TIPO, NE DE MINAS GERAIS: UMA PROPOSTA DE REVISÃO DA ESTRATIGRAFIA DA FAIXA ARAÇUAÍ COM BASE EM EVIDÊNCIAS SEDIMENTARES, METAMÓRFICAS E IDADES U-Pb SHRIMP

SIRLENE A. DE ABREU LIMA¹, MARCELO A. MARTINS-NETO²,
ANTÔNIO C. PEDROSA-SOARES³, UMBERTO G. CORDANI⁴ & ALLEN NUTMAN⁵

ABSTRACT THE SALINAS FORMATION IN THE TYPE-AREA, NORTHEASTERN MINAS GERAIS: A PROPOSAL TO REVIEW THE STRATIGRAPHY OF THE ARAÇUAÍ BELT ON SEDIMENTARY, METAMORPHIC AND U-Pb SHRIMP EVIDENCES The Salinas Formation has been considered to be a stratigraphic unit of the Macaúbas Group. This group comprises the rift to passive margin sequences of the precursor basin of the Neoproterozoic Araçuaí Orogen, eastern Brazil. However, new roadcuts show extensive and spectacular outcrops with very well-preserved sedimentary structures, allowing detailed studies in the type-locality of this formation, located in the Salinas town and surroundings, northeast Minas Gerais State. In its type-locality, the Salinas Formation consists of graywacke, pelite and clast-supported conglomerate, metamorphosed in the greenschist facies. The sedimentary lithofacies are grouped into three facies association (shelf, slope and deep-sea), indicating sedimentation from shelf deposits to deep-water turbidites. The shelf sedimentation was influenced by storm-wave during deposition. The slump and deep-sea deposits were generated by gravitational flows and high- to low-concentration turbidity currents. Shelf sandstone, clast-supported conglomerate and proximal to distal turbidites outline a submarine fan system. U-Pb SHRIMP data from detrital zircons of graywacke samples indicate a maximum sedimentation age of ca. 568 Ma. Thus, the Salinas Formation is much younger than the Macaúbas Group, and represents late orogenic deposits (ca. 568-500 Ma). The distal, passive margin unit of the Macaúbas Group is now called Ribeirão da Folha Formation (ca. 800 Ma).

Keywords: Salinas Formation, Macaúbas Group, Araçuaí Belt, sedimentary facies, depositional environment, U-Pb geochronology

RESUMO A Formação Salinas tem sido considerada como uma unidade litoestratigráfica do Grupo Macaúbas que ocorre, extensamente, na Faixa Araçuaí. Na área-tipo desta formação, que se situa na cidade de Salinas e arredores, nordeste do Estado de Minas Gerais, as rodovias recentemente construídas oferecem exposições com grande continuidade lateral e estruturas sedimentares excepcionalmente bem preservadas. Em sua área-tipo, a Formação Salinas é constituída por grauvaça, pelito e conglomerado clasto-suportado, metamorfizados em fácies xisto verde. Três associações de litofácies (plataforma, talude e bacia) caracterizam sedimentação desde plataformar (influenciada por ondas de tempestade) até turbidítica de águas profundas. Na sedimentação de talude e bacia tem-se interação de fluxos gravitacionais (fluxos de detritos) e correntes de turbidez de alta até baixa densidades, em ambiente de leque submarino. As paragêneses metamórficas destas rochas grauvaquianas e pelitos sugerem contraste com a zoneografia metamórfica do Grupo Macaúbas. Datas U-Pb SHRIMP de zircões detríticos evidenciam que a idade máxima da sedimentação Salinas é ca. 568 Ma. Logo, a Formação Salinas é significativamente mais jovem que o Grupo Macaúbas. Na revisão estratigráfica aqui apresentada, a unidade distal do Grupo Macaúbas, representante da margem passiva neoproterozóica, é denominada Formação Ribeirão da Folha. A Formação Salinas representaria sedimentação tardi-orogênica, depositada no intervalo ca. 568-500 Ma.

Palavras-chaves: Formação Salinas, Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí, fácies sedimentares, ambiente deposicional, geocronologia U-Pb

INTRODUÇÃO A Formação Salinas tem sido considerada como uma unidade litoestratigráfica distal do Grupo Macaúbas (e.g., Pedrosa-Soares et al. 2001). Este grupo ocorre, extensivamente, no setor norte da Faixa Araçuaí (Fig. 1).

A área-tipo da Formação Salinas, que se situa na cidade homônima e arredores, no nordeste do Estado de Minas Gerais, não contava com estudos detalhados em função, principalmente, da carência de bons afloramentos. Entretanto, as rodovias pavi-

mentadas recentemente construídas oferecem, em seus taludes de corte, afloramentos de grande continuidade lateral, nos quais as estruturas sedimentares estão excepcionalmente preservadas.

O presente trabalho aborda, principalmente, a seção ao longo da rodovia BR251, de Salinas à BR116 (Rio-Bahia), mas diversas outras seções foram estudadas (Lima, em preparação). Foram realizados estudos sedimentológicos detalhados e coleta de amostras para estudos diversos, dentre os quais se destaca a determi-

1 - Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Campus do Morro do Cruzeiro, 35400-000 Ouro Preto, MG

2 - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia e NUPETRO-Núcleo de Geologia do Petróleo, Caixa Postal 173, 35400-000 Ouro Preto, MG. mamneto@uai.com.br

3 - Universidade Federal de Minas Gerais-IGC-CPMTC, Campus Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte, MG. pedrosa@igc.ufmg.br

4 - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Cidade Universitária, São Paulo, SP

5 - Australian National University, Research School of Earth Sciences, Canberra, A.C.T. 0200, Australia

nação das condições de metamorfismo e datação de zircões detríticos pelo método U-Pb SHRIMP.

SEDIMENTAÇÃO NO CONTEXTO REGIONAL Segundo Brito Neves (1993), a região continental do São Francisco representaria uma península do Paleocontinente São Francisco-Congo. Entre esta paleopenínsula e o restante do Paleocontinente São Francisco-Congo foram depositados os sedimentos do Grupo Macaúbas e seus correlatos do sudoeste africano, em uma extensa bacia de sedimentação, cuja fase rifte ocorreu entre 1000 Ma e 900 Ma (Pedrosa-Soares *et al.* 2000, Martins-Neto *et al.* 2001, Tack *et al.* 2001). A inversão dessa bacia se deve à Orogênese Brasileira-Pan-africana, entre 630 e 500 Ma, resultando na edificação do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental (Trompette 1994, Pedrosa-Soares *et al.* 2001).

Com base no mapeamento realizado pelo Projeto Espinhaço (Grossi-Sad *et al.* 1997), Noce *et al.* (1997) subdividiram o Grupo Macaúbas nas seguintes formações (da unidade mais velha à mais nova, consideradas as relações laterais):

- Formação Domingas - metassiltito e metadolomito estromatolítico;
- Formação Duas Barras - quartzito, geralmente microgradado, com lentes de conglomerado;
- Formação Serra do Catuni - metadiamicrito geralmente maciço, com raras intercalações de quartzito e filito;
- Formação Rio Peixe Bravo - quartzito imaturo e mal selecionado, com intercalações de filito e conglomerado;
- Formação Nova Aurora - metadiamicrito com intercalações de quartzito e metapelito, gradado ou não, rico em hematita, encerrando com formações ferríferas do tipo Rapitan;
- Formação Chapada Acauã - metadiamicrito, metapsamito e metapelito, com raras lentes de mármore dolomítico. Caracteriza-se por espessos ciclos de fluxos de detritos e turbiditos, cujos termos grossos são metadiamicrito, sucedido por quartzito e metapelito. Granodecrescência ascendente e contatos erosivos entre ciclos são comuns. A porção superior desta unidade é tipificada por alternância de quartzito e metapelito;
- Formação Salinas - quartzito-biotita xisto bandado, metagrauvaca, rocha cálcio-silicática, metaconglomerado e grafita xisto. Em sua porção distal ocorre o Membro (ou Fácies) Ribeirão da Folha, de natureza vulcano-sedimentar, como descrito adiante.
- Formação Capelinha - subdivide-se nos membros:
- Inferior: alternâncias de protoquartzito com quartzito-mica xisto e xisto carbonoso-grafitoso;
- Superior: ortoquartzito laminado, com intercalações de quartzito ferruginoso e/ou micáceo e/ou feldspático.

Na figura 1, já modificada conforme a proposta deste trabalho, as formações Domingas, Duas Barras, Serra do Catuni, Rio Peixe Bravo, Nova Aurora e Chapada Acauã estão englobadas na representação "Formações proximais do Grupo Macaúbas".

Em Karfunkel *et al.* (1985) encontra-se um histórico sobre a definição da unidade Salinas. Esta unidade foi hierarquizada como formação do Grupo Macaúbas por Pedrosa-Soares *et al.* (1992), que nela distinguiram a Fácies (ou Membro) Ribeirão da Folha, característica de assoalho oceânico, com idade em torno de 816 Ma (Pedrosa-Soares *et al.*, 1998).

Em trabalhos mais recentes (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Pedrosa-Soares *et al.* 2001), a Formação Salinas foi subdividida em uma "unidade proximal", considerada como exclusivamente sedimentar, e uma "unidade distal", vulcano-sedimentar, portadora de remanescentes de litosfera oceânica

neoproterozóica.

A "unidade proximal" seria composta, predominantemente, por quartzito-mica xisto bandado, metagrauvaca ("quartzito impuro", carbonático ou não), micaxisto e grafita xisto, com intercalações frequentes de rocha cálcio-silicática paraderivada (metamarga), mas raras intercalações de metaconglomerado clasto-suportado e mármore calcítico. No presente trabalho, parte desta unidade mantém a designação de Formação Salinas, aqui redefinida (Fig. 1).

A "unidade distal" foi referida pelo nome de Ribeirão da Folha-Dom Silvério (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Pedrosa-Soares *et al.* 2001), pois apresenta continuidade física desde a norte do Distrito de Ribeirão da Folha (Município de Minas Novas) até a sul da cidade de Dom Silvério (a leste e sudeste do Quadrilátero Ferrífero). A unidade Ribeirão da Folha-Dom Silvério tipifica uma associação vulcano-sedimentar composta predominantemente por pelitos e semipelitos de mar profundo (micaxisto, quartzito-micaxisto, xisto gnaissóide, biotita gnaiss, geralmente bandados), com intercalações de rocha cálcio-silicática paraderivada (metamarga), formações ferríferas (tipos óxido, sulfeto e silicato metamórfico), formação manganésifera (gondito), metachert (desde micáceo a sulfetado) com corpos de diopsidito sulfetado e de sulfeto maciço, pelito carbonoso (grafita-cianita xisto) e rochas vulcânicas máficas (ortoanfibolitos). No presente trabalho, a área de ocorrência desta unidade foi ampliada para norte e oeste (em relação aos mapas de Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos (2000) e Pedrosa-Soares *et al.* (2001)), e redefinida como Formação Ribeirão da Folha, a unidade distal do Grupo Macaúbas (Fig. 1).

A FORMAÇÃO SALINAS NA ÁREA-TIPO As melhores exposições da Formação Salinas, em sua área-tipo, ocorrem ao longo da rodovia BR251 que faz a ligação Montes Claros-Salinas-BR116, e em taludes e pedreiras na cidade de Salinas. A abertura do trecho da BR251 que liga Salinas à rodovia Rio-Bahia (BR116), executada após o mapeamento geológico realizado pelo Projeto Espinhaço (Pedrosa-Soares & Oliveira 1997), permitiu que as excelentes exposições que ali ocorrem sejam aqui descritas em detalhe pela primeira vez.

Embora as rochas estejam metamorfoseadas na fácies xisto verde, pode-se interpretar sua composição original com muita facilidade. Assim, designação sedimentar será adotada em detrimento à metamórfica. A granulometria do protólito sedimentar é estimada pelo tamanho dos grãos de quartzito e feldspatos. A fração pelítica é avaliada pela quantidade de biotita e moscovita que, na fácies metamórfica considerada, são os minerais derivados de argilas. Adotou-se o termo grauuvaca no sentido puramente descritivo, para referir os litotipos compostos essencialmente por quartzito, feldspatos, micas e esporádicos fragmentos de rocha. Texturalmente, as rochas psamíticas são granoblásticas a granolepidoblásticas, em função da recrystalização de quartzito, feldspato e carbonato, e as pelíticas são lepidogranoblásticas a lepidoblásticas, devido à recrystalização dos argilo-minerais na forma de mica. Algumas rochas arcoseanas são porfiroblásticas.

Desta forma, na área-tipo, a Formação Salinas é constituída por grauuvaca, arenito grauuvaciano, pelito grauuvaciano, pelito e conglomerado clasto-suportado. Comparativamente a nomes utilizados em trabalhos anteriores, as rochas grauuvacianas correspondem a "quartzito impuro", "biotita quartzito calcítico ou não", "quartzito-mica xisto" e "mica-quartzito xisto".

Os litotipos grauuvacianos e pelíticos se distribuem amplamente na área, formando extensos e espessos pacotes com grande

Figura 1 - Mapa Geológico do setor norte da Faixa Araçuaí (modificado de Pedrosa-Soares et al. 2001).

continuidade lateral. Os conglomerados são raros e formam lentes ou lobos amalgamados, com espessura e extensão lateral variáveis, intercalados em litotipos grauvaquianos.

De modo geral, as rochas grauvaquianas da Formação Salinas, em sua área-tipo, são compostas essencialmente por quartzo, plagioclásio, biotita, mica branca (moscovita e sericita) e, subordinadamente, feldspato potássico, clorita, calcita e/ou dolomita. Turmalina, zircão, apatita, titanita, granada, rutilo, epidoto e opacos (pirita e magnetita) são minerais acessórios de natureza detrítica. Clorita e sericita são produtos retrometamórficos de biotita e feldspatos, respectivamente. Os feldspatos são detríticos, embora tenham sofrido alguma recristalização. Desta forma, a associação quartzo + biotita + moscovita indica metamorfismo progressivo de fácies xisto-verde, zona da biotita.

Fácies sedimentares As fácies da Formação Salinas foram caracterizadas em função das estruturas sedimentares presentes, textura das rochas, geometria dos corpos, relações de contato e associações de campo. Desta forma, discriminam-se as fácies a seguir descritas.

FÁCIES GRAUVACA MACIÇA Esta fácies consiste de grauvaça não estruturada, com granulometria variando de areia média a muito fina, pobremente sortida e de coloração cinza esverdeada a cinza escura. As camadas variam de centimétricas a decimétricas e apresentam limites superior e inferior planos a levemente ondulados (Fig. 2). Aflora em pacotes com espessuras decimétricas a métricas (inferior a 5 m) e extensões laterais decamétricas. Estruturas em chama, centimétricas, podem ocorrer em alguns pacotes (Fig. 3). A composição varia desde termos mais argilosos até mais feldspáticos (arcoseanos), embora essencialmente quartzosos. Esporadicamente, ocorrem fragmentos de rocha quartzo-feldspática e/ou carbonática. A contribuição pelítica é caracterizada pela presença de biotita e moscovita. Localmente, as camadas são delimitadas por lâminas argilosas constituídas, essencialmente, por biotita. Esta fácies é interpretada como sendo produto da rápida deposição por correntes de turbidez lamosas de alta densidade, ou fluxo de detritos tipo areia-lama-fluido.

FÁCIES GRAUVACA GRADADA Esta fácies é constituída de camadas psamo-pelíticas de granulometria areia muito fina a fina, gradadas na base e com laminações cruzadas por onda do tipo climbing ripples bem desenvolvidas no topo (Fig. 4). As climbing ripples são de pequeno porte, unidirecionais e normalmente assimétricas, com sets limitados por superfícies de erosão no topo e estratificação plana na base (*ripples-drift*). A espessura das camadas varia em torno de 3 cm e a dos estratos não ultrapassa 1 m. Esta grauvaça é constituída essencialmente por quartzo, feldspato, biotita e moscovita. Esta fácies é interpretada como turbidito depositado por correntes de turbidez de baixa densidade.

FÁCIES GRAUVACA BANDADA (RITMITO) Esta fácies se caracteriza pela alternância de bandas geralmente finas (lâminas e camadas) de grauvaça quartzosa, de coloração cinza-clara, e grauvaça pelítica, cinza-escura, constituindo o litotipo denominado descritivamente de ritmito (pares areia muito fina e silte-argila). As bandas claras são psamíticas e apresentam espessura inferior a 20 cm. As bandas escuras são geralmente lâminas ou camadas delgadas, com espessura variável, desde poucos milímetros a 4 cm. Esta fácies forma pacotes com espessura em torno de 3 a 5 m,

Figura 2 - Aspecto geral da grauvaça maciça da Formação Salinas, apresentando limites de camada planos e ondulados. Afloramento em talude de corte da avenida de pista dupla na entrada principal da cidade de Salinas.

Figura 3 - Estrutura em chama desenvolvida em camadas mais pelíticas da Formação Salinas (afloramento da Figura 2).

Figura 4 - Fácies grauvaca gradada, exibindo estratificações plano-paralelas na base e climbing ripples no topo. Talude de corte da rodovia BR251, a nordeste de Salinas, rumo à Rio-Bahia.

e extensão lateral é decamétrica. As estruturas dominantes são laminações plano-paralelas bem desenvolvidas (Fig. 5). Localmente, esta fácies envolve lobos amalgamados de grauvaca maciça, apresenta estruturas tipo ball and pillow e estruturas em chama (Fig. 6). A rocha apresenta quartzo, feldspato e biotita, como principais constituintes, e minerais subordinados como moscovita, clorita e calcita. As bandas psamíticas são representadas por biotita-quartzo xisto arcoseano, rico em porfiroblastos de feldspato. A granulometria varia de areia muito fina a silte. Localmente, apresenta-se com incipiente gradação normal. As bandas pelíticas são representadas por biotita xisto, de granulometria siltico-argilosa. A associação metamórfica progressiva é biotita + moscovita + quartzo, testemunhando o metamorfismo de baixo grau, fácies xisto-verde, zona da biotita. Esta fácies corresponde a uma deposição uniforme, relativamente lenta, gerada por correntes de turbidez de baixa concentração.

FÁCIES GRAUVACA CONVOLUTA Esta fácies consiste de camadas psamo-pelíticas, com espessuras médias menores que 20 cm, ricas em estruturas convolutas e com grande continuidade lateral. As convoluções formam feições irregulares e caóticas, que se distribuem de forma descontínua nas camadas (Fig. 7). Estas estruturas denotam alta saturação do sedimento em água, sob esforço cisalhante, o que possibilitou a fluidização das camadas e contorcendo os estratos. A composição mineralógica é similar à da fácies grauvaca bandada. A fácies grauvaca convoluta é interpretada como produto de escorregamento gravitacional durante a sedimentação. Tais camadas se assemelham a sismitos.

FÁCIES GRAUVACA BRECHADA Esta fácies apresenta proe-

Figura 5 - Aspecto geral da fácies grauvaca bandada da Formação Salinas, com estratificação plano-paralela bem desenvolvida e proeminente ritmicidade dos estratos. Talude de corte da rodovia BR251, a nordeste de Salinas, rumo à Rio-Bahia.

Figura 6 - Estrutura em chama, de porte avantajado, envolvendo camada rítmica da Formação Salinas. Talude de corte da rodovia BR251, a nordeste de Salinas, rumo à Rio-Bahia.

Figura 7 - Fácies grauvaca convoluta (Wc) da Formação Salinas, mostrando estratos contorcidos, limitada pela grauvaca bandada (Wl), na base, e grauvaca brechada (Wb), no topo, em contatos erosivos. Talude de corte da rodovia BR251, a nordeste de Salinas, rumo à Rio-Bahia.

Figura 8 – Fácies grauvaca brechada da Formação Salinas, mostrando camada de brecha intraformacional com intraclastos estratificados. Talude de corte da rodovia BR251, a nordeste de Salinas, rumo à Rio-Bahia.

minentes níveis de brecha intraformacional (Figuras 8). A granulometria da rocha é areia muito fina a silte-argila. As camadas formam estratos extensos, cuja espessura varia de centímetros a decímetros, mas os pacotes são decamétricos. Localmente, o contato basal é erosivo. Os clastos da brecha intraformacional encontram-se dispersos numa matriz grauvaquiana e ocorrem descontinuamente nos pacotes. Apresentam, às vezes, estrutura sedimentar preservada. A deposição da fácies grauvaca brechada resultou de processos similares aos referidos para a fácies grauvaca convoluta, porém com deformação interna mais intensa nas camadas.

FÁCIES ARENITO COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA ACANALADA Esta fácies é caracterizada por arenito de granulometria fina a média, coloração bege-clara, pobremente sortidos, com menor conteúdo de matriz pelítica em relação às fácies grauvaquianas. Apresenta estratificação cruzada acanalada de baixo ângulo e estratificação paralela. A espessura dos sets não ultrapassa 10 cm, mas os estratos atingem 2 m. A rocha apresenta textura granoblástica e mineralogia constituída por quartzo e, subordinadamente, feldspatos (principalmente plagioclásio) e biotita. A fácies arenito com estratificação cruzada acanalada é indicativa de retrabalhamento das areias por processos de tração. Pode também representar o produto de correntes geradas por processos associados a ondas e/ou marés, em águas mais rasas, plataformais. Em contexto turbidítico pode evidenciar depósito abaixo de correntes de turbidez diluídas ou correntes de base fortes, especialmente em canais confinados e/ou em scours.

FÁCIES ARENITO COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA HUMMOCKY Esta fácies é constituída por arenito com alguma contribuição argilosa, granulometria muito fina, de coloração cinza-esverdeada. É caracterizada por estratificações cruzadas com

truncamentos de baixo ângulo, formando estruturas do tipo hummocky pobremente desenvolvidas e de pequeno porte. A base das camadas é plana e o topo ondulado, por vezes recoberto por lâminas pelíticas. Esta fácies apresenta-se em estratos com espessura decimétrica, cujas bandas têm poucos centímetros de espessura. A rocha é constituída essencialmente por quartzo, sendo acessórios feldspato (plagioclásio), biotita e moscovita. A fácies arenito com estratificação cruzada hummocky indica deposição por fluxos oscilatórios ou combinados, associados a ondas de tempestade em ambiente plataformais.

FÁCIES CONGLOMERADO MACIÇO É caracterizada por conglomerado polimítico, clasto-suportado e mal selecionado. Os clastos variam desde grânulos até matações, predominando calhaus, imersos em uma matriz grauvaquiana. São geralmente subarredondados a arredondados, mostrando algum estiramento e/ou achatamento relacionado à deformação tectônica (Fig. 9). Os clastos são de granitóide, quartzito, quartzo arenito, quartzo de veio, carbonato, xisto pelítico, feldspato pórfiro (rocha subvulcânica) e rochas vulcânicas félsicas, cujas proporções variam de um corpo conglomerático para outro e conforme a região (Pedrosa-Soares 1995 e referências aí citadas). A morfologia dos pacotes conglomeráticos é de lobos amalgamados ou lentes de extensões métricas. O contato basal é geralmente erosivo, com seixos encravados na base e entalhamento canalizado. As alternativas de ambiente deposicional da fácies conglomerado maciço estão detalhadamente abordadas em Lima (em preparação).

FÁCIES PELITO Esta fácies consiste de micaxisto, constituído essencialmente por biotita, quartzo e mica branca, geralmente com porfiroblastos de granada. Os minerais acessórios são clorita (alteração da biotita), turmalina, opacos, zircão, titanita, apatita e rutílio. A paragênese metamórfica (biotita + quartzo + moscovita ±

Figura 9 - Conglomerado clasto-suportado, maciço, polimítico, mal selecionado, com clastos de tamanhos variados, formas subarredondadas a arredondadas e matriz grauvaquiana. Afloramento na rodovia Salinas-Taiobeiras, próximo a Ferreirópolis.

granada) indica sedimento pelítico metamorfoseado na fácies xisto verde. A fácies pelito é interpretada como representante de argilitos ou folhelhos de água profunda, depositados por acresção vertical ou correntes de turbidez de muito baixa concentração.

Associação de Fácies As fácies caracterizadas na área-tipo da Formação Salinas são agrupadas em três associações de fácies e evidenciam sedimentação em três ambientes marinhos distintos: plataforma, talude e bacia.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DE PLATAFORMA Nesta associação foram agrupadas seis fácies sedimentares: grauvaça maciça, grauvaça gradada, grauvaça bandada, arenito com estratificação cruzada acanalada, arenito com estratificação cruzada *hummocky* e conglomerado maciço. Essa associação caracteriza-se por conter fácies de granulometria mais grossa e estruturas sedimentares características de ambientes plataformal a turbidítico proximal. Tal

associação constitui o pacote sedimentar de água mais rasa e proximal, preservado na bacia. As grauvacas refletem fluxo de massa em porções mais profundas da plataforma (zona de offshore) ou ambiente turbidítico proximal.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DE TALUDE Esta associação é representada por cinco fácies: grauvaça maciça, grauvaça gradada, grauvaça bandada, grauvaça convoluta e grauvaça brechada. Essa associação de fácies define-se pelas feições que sugerem deslizamento gravitacional e, portanto, deposição em contexto de talude.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DE BACIA Esta associação de fácies é constituída por quatro fácies: grauvaça maciça, grauvaça gradada, grauvaça bandada e pelito. Essa associação caracteriza-se por apresentar as fácies de granulometria mais fina (grauvaça finamente bandada e pelito), indicando deposição em ambientes mais profundos. As grauvacas bandadas, que consistem de alternâncias rítmicas de grauvacas finas e pelitos, evidenciam deposição por correntes de turbidez de muito baixa densidade.

Modelo deposicional As associações de fácies e sua distribuição, na área-tipo da Formação Salinas, sugerem uma configuração de plataforma marinha relativamente estreita, com quebra de talude e bacia profunda, onde ocorreu a deposição dos sedimentos por fluxos de gravidade e, principalmente, por correntes de turbidez. Admite-se como modelo deposicional um sistema turbidítico, provavelmente com morfologia de leque submarino. Correntes e ondas de tempestades influenciaram na sedimentação no domínio plataformal. Uma abordagem mais aprofundada sobre este tópico encontra-se na tese de doutorado de Lima (em preparação).

GEOCRONOLOGIA DE ZIRCÕES DETRÍTICOS Algumas particularidades da Formação Salinas, em sua área-tipo, levaram à hipótese de que esta unidade poderia não pertencer ao Grupo Macaúbas, tais como:

- Em antigos levantamentos regionais sugeriu-se que as rochas que afloram na cidade de Salinas poderiam pertencer ao Grupo Bambuí, em função de seu baixo metamorfismo (e.g., Manoel Teixeira da Costa em comunicação oral de A. W. Romano, Fontes et al., 1978).

- Particularmente na seção da BR251, de Salinas rumo à BR116, o acamamento sedimentar apresenta, com frequência, mergulho baixo para norte, sugerindo discordância entre esta pilha grauvaquiana e as unidades sotopostas, pertencentes ao Grupo Macaúbas, que mergulham para leste.

- O metamorfismo da pilha grauvaquiana é da fácies xisto verde, geralmente na zona da biotita, atingindo a zona da granada apenas na fácies pelito (micaxisto), sendo que mesmo as lâminas muito ricas em biotita intercaladas nas rochas grauvaquianas são desprovidas de granada. Isto sugere contraste com o aumento do metamorfismo no Grupo Macaúbas, o qual cresce de oeste para leste na região considerada, de tal modo que as fácies pelíticas da pilha grauvaquiana, na área-tipo da Formação Salinas, deveriam conter paragêneses da fácies anfibolito. De fato, em região a sul desta área-tipo, Pedrosa-Soares (1995) demonstrou a existência de um "corredor" de baixo metamorfismo (vale paleotermobarométrico de Araçuaí-Minas Novas), contrastante com a zoneografia metamórfica regional. Tal contraste metamórfico vinha sendo justificado com argumentos diversos ("diferenças

Tabela 1 - Dados U-Pb SHRIMP obtidos de zircões detríticos de grauvacas da área-tipo da Formação Salinas. Análises executadas conforme rotinas e padrões (Nutman et al.) adotados nos laboratórios da Australian National University, Research School of Earth Sciences (Canberra, A.C.T. 0200, Austrália). $f^{206}\text{Pb}$: proporção de ^{206}Pb não-radiogênico corrigida em relação a ^{204}Pb ; Pb^* : Pb radiogênico; Conc: grau de concordância entre as idades $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ e $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$.

Grão. Spot	U (ppm)	Th/U	^{204}Pb (ppb)	$f^{206}\text{Pb}$ (%)	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}$	Idade (Ma) $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	Conc (%)
1.1	176	1,196	20	0,00347	0,094±0,003	0,786±0,038	0,060±0,002	579 ± 17	93
2.1	317	0,941	41	0,00071	0,111±0,004	0,931±0,035	0,061±0,001	675 ± 20	105
3.1	240	0,711	29	0,00596	0,111±0,003	0,944±0,037	0,062±0,001	679 ± 20	102
4.1	323	0,209	40	0,01625	0,127±0,004	1,022±0,053	0,058±0,002	773 ± 25	144
5.1	195	0,603	21	0,00695	0,108±0,003	0,880±0,035	0,059±0,001	663 ± 19	117
6.1	238	0,499	89	0,00049	0,339±0,010	5,891±0,193	0,126±0,001	1883 ± 51	92
6.2	159	0,731	62	0,00132	0,338±0,020	6,603±0,428	0,141±0,002	1878 ± 98	83
7.1	235	0,579	28	0,00159	0,034±0,001	0,112±0,004	0,963±0,042	668 ± 28	98
8.1	840	0,242	89	0,00085	0,033±0,002	0,108±0,003	0,928±0,028	649 ± 32	97
9.1	437	0,623	53	0,00005	0,034±0,002	0,113±0,008	0,984±0,069	680 ± 51	95
10.1	171	1,215	21	0,00249	0,030±0,001	0,097±0,003	0,804±0,031	599 ± 24	98
11.1	207	0,682	23	0,00472	0,030±0,002	0,102±0,003	0,824±0,034	599 ± 22	114
12.1	360	0,769	39	0,00285	0,029±0,002	0,097±0,006	0,773±0,048	568 ± 36	114
12.2	316	0,700	34	0,00084	0,030±0,001	0,098±0,004	0,820±0,033	593 ± 24	94
13.1	137	1,292	17	0,00572	0,030±0,003	0,103±0,009	0,798±0,085	592 ± 61	138

Figura 10 - Dois exemplos de zircões detríticos (grãos 2 e 12) de grauvacas da área-tipo da Formação Salinas. Imagens em luz natural à direita e de catodo-luminiscência à esquerda. São indicados os locais (spots) datados em cada grão.

composicionais", "zona de baixo strain", "zona de escape de fluidos"; e.g., Pedrosa-Soares 1995, Pedrosa-Soares e Oliveira 1997).

- Os atributos geoquímicos das amostras de grauvas maciça indicam proveniência a partir de fontes sedimentares situadas em arco magmático de margem continental ativa (Lima, em preparação). Portanto, um candidato a ser fonte dos sedimentos Salinas seria o próprio arco magmático da Faixa Araçuaí.

Desta forma, amostras de grauvas foram coletadas em cortes da BR251, a nordeste de Salinas rumo à BR116, para se realizar as idades U-Pb de zircões detríticos. Os concentrados de zircão foram obtidos pelo métodos convencionais. As análises isotópicas U-Pb foram realizadas em equipamento SHRIMP (Sensitive High Resolution Ion Microprobe) e os dados obtidos estão listados na Tabela 1.

Foram realizadas 15 determinações sobre 13 grãos de zircão detrítico (fração não-magnética). Desconsideradas as idades mais discordantes (4.1 e 13.1, Tabela 1), os grãos analisados forneceram três conjuntos diferentes de idades (adota-se os valores $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$, tendo em vista as idades relativamente jovens das amostras, por volta de 600 Ma):

- 568 - 599 Ma, cinco idades fornecidas por quatro grãos subarredondados a arredondados, claros, com nítido zonamento magmático (Fig. 10, grão 12);

- 649 - 680 Ma, seis idades fornecidas por seis grãos também subarredondados a arredondados, claros, com nítido zonamento magmático (Fig. 10, grão 2);

- ca. 1890 Ma, duas idades obtidas em grão bem arredondado.

Portanto, a idade máxima da sedimentação Salinas está limitada em torno de ca. 568 Ma. Como esta unidade é intrudida por granitos cristalizados há ca. de 500 Ma (idade U-Pb de zircões, Whittington et al. 2001), o intervalo de deposição da Formação Salinas situa-se em ca. 568-500 Ma.

CONCLUSÕES Na área-tipo da Formação Salinas, localizada na cidade homônima e seus arredores (nordeste de Minas Gerais), encontram-se as estruturas sedimentares mais bem preservadas desta unidade, até agora conhecidas. Isto se deve ao metamorfismo baixo e à deformação fraca, condições aparentemente únicas no contexto do domínio tectônico interno da Faixa Araçuaí.

A Formação Salinas apresenta associações de fácies sedimentares de plataforma, talude e bacia, que caracterizam sedimentação desde plataformar rasa a turbidítica. As fácies turbidíticas

evidenciam depósitos de águas relativamente rasas até profundas, em ambiente de leque submarino. Os conglomerados clasto-suportados representariam o canal alimentador principal do leque, enquanto as grauvas maciças e ritmitos espessos refletem a sedimentação no leque superior. Os ritmitos finos e os pelitos representariam a sedimentação do leque inferior e planície bacinal, respectivamente.

As paragêneses do metamorfismo regional da pilha grauvaquiana evidenciam fácies xisto verde, zona da biotita, mas o metamorfismo na fácies pelito atingiu a zona da granada. De qualquer modo, como apontado por trabalhos anteriormente citados, observa-se contraste entre o metamorfismo da Formação Salinas e a zoneografia metamórfica regional do Grupo Macaúbas. Além disso, esta formação, em sua área-tipo, apresenta evidências de discordância angular com as unidades do Grupo Macaúbas situadas a oeste.

Os atributos geoquímicos das grauvas da Formação Salinas indicam proveniência a partir de fontes sedimentares situadas em arco magmático de margem continental ativa (Lima, em preparação). Neste sentido, os zircões detríticos com idade entre ca. 568-599 Ma, além de limitar a idade máxima da sedimentação, são sólida evidência de que as fontes sedimentares da Formação Salinas situavam-se no próprio arco magmático da Faixa Araçuaí. Ademais, zircões extraídos de seixos de rochas vulcânicas félsicas de conglomerados da formação forneceram, também, idades neste intervalo de tempo (Cordani e colaboradores, comunicação oral).

Desta forma, é necessária a revisão da estratigrafia da Faixa Araçuaí. Para isto, propomos retirar a Formação Salinas do Grupo Macaúbas e adotar o nome Formação Ribeirão da Folha para designar a unidade distal deste grupo (Fig. 1).

O mapa geológico da figura 1 mostra apenas um esboço da distribuição da Formação Salinas, aqui redefinida. Entretanto, os limites cartográficos desta formação estão para ser melhor estabelecidos e, certamente, a tarefa será excitante desafio para os entusiastas do mapeamento geológico.

Agradecimentos Suporte financeiro e infra-estrutura para os estudos são devidos ao CNPq, FAPEMIG, FAPESP, DEGEO e LOPAG da UFOP, Research School of Earth Sciences - Australian National University e CPMTC-UFMG. Aos colegas Ednilson Bento Freire e Lauren A. Wolochate pela ajuda em trabalhos de campo e atividades de laboratório. A dois revisores anônimos da Revista Brasileira de Geociências.

Referências

- Brito-Neves B.B. 1993. De Rodínia a Gondwana São Francisco/Congo: Placa, Continente/Península, Cráton e Antepaís. In: Simp. Craton São Francisco, II, Salvador, 1993. *Anais...* Salvador, SBG-BA/SGM-BA, p. 3-5
- Fontes C.Q., Ferrari P.G., Pereira A.D.C., Netto C., Pereira F.S., Lima L.O., Costa M.R.A., Baltazar O.F., Silva S.L., Vieira V.S., Ramalho R. 1978. Projeto Jequitinhonha, escala 1:250.000. CPRM-DNPM (relatório inédito)
- Grossi-Sad J.H., Lobato L.M., Pedrosa-Soares A.C., Soares-Filho B.S. (ed.) 1997. *Projeto Espinhaço em CD-ROM*. Belo Horizonte, Companhia Mineradora de Minas Gerais
- Karfunkel J., Pedrosa-Soares A.C., Dossin I.A. 1985. O Grupo Macaúbas em Minas Gerais: Revisão dos conhecimentos. In: Simp. Geol. Minas Gerais, 3, Belo Horizonte. *Anais...* SBG/MG. Boletim nº 5, p. 45-59
- Lima S.A.A. Sistemas deposicionais, proveniência e evolução estratigráfica de seqüências psamo-pelíticas do Grupo Macaúbas no setor norte da Faixa Araçuaí. Tese de doutoramento, DEGEO-EM-UFOP. (Em preparação)
- Martins-Neto, M.A.; Pedrosa-Soares, A.C., Lima, S.A.A. 2001. Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from Late Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco craton and Araçuaí fold belt, eastern Brazil. *Sedimentary Geology*, **141-142**: 343-370
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Grossi-Sad J.H., Baars F.J., Guimarães M.L.V., Mourão M.A.A., Oliveira M.J.R., Roque N.C. 1997. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O registro de uma bacia neoproterozóica. In: Simp. Geol.

- Minas Gerais, 9. Ouro Preto, 1997. *Anais...* Ouro Preto, SBG/MG, Bol. 14, p. 29-31
- Nutman A.P., Cordani U.G., Sabaté P. 1994. SHRIMP U-Pb ages of detrital zircons from the Early Proterozoic Contendas-Mirante supacrustal belt, São Francisco Craton, Bahia, Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, 7:109-114
- Pedrosa-Soares A.C. 1995. *Potencial aurífero do Vale do Araçuaí, MG: história da exploração, geologia e controle tectono-metamórfico*. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Tese de doutoramento, 177 p.
- Pedrosa-Soares A.C., Oliveira M.J.R. 1997. Geologia da Folha Salinas. In: J.H. Grossi-Sad, L.M. Lobato, A.C. Pedrosa-Soares, B.S. Soares-Filho (eds.) 1997. *Projeto Espinhaço em CD-ROM*. Belo Horizonte, Companhia Mineradora de Minas Gerais
- Pedrosa-Soares A.C. & Wiedemann-Leonardos C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz-Filho, D.A. Campos (eds.), *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, IGC Brazil 2000, 265-285
- Pedrosa-Soares A.C., Cordani U.G., Nutman A. 2000. Constraining the age of Neoproterozoic glaciation in Eastern Brazil: First U-Pb (SHRIMP) data of detrital zircons. *Rev. Bras. Geoc.*, 30:58-61
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Vidal P., Monteiro R.L.B.P., Leonardos O.H. 1992. Toward a new tectonics model for the late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil)- West Congolian (SW Africa) belt. *J. South Am. Earth Sci.*, 6:33-47
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Wiedemann C.M., Pinto C.P. 2001. The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Prec. Res.*, 110:307-323
- Pedrosa-Soares A.C., Vidal P., Leonardos O.H., Brito-Neves B.B. 1998. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West Congo Orogen. *Geology*, 26(6):519-522
- Tack L., Wingate M.T.D., Liégeois J.P., Fernandez-Alonso M., Deblond A. 2001. Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): Onset of Rodinia rifting at the Western edge of the Congo craton. *Precambrian Research*, 110:277-306
- Trompette R. 1994. Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma): Pan-African-Brasiliano aggregation of South America and Africa. Amsterdam, Balkema, 350p
- Whittington A.G., Connelly J., Pedrosa-Soares A.C., Marshak S., Alkmim F.F. 2001. Collapse and melting in a confined orogenic belt: Preliminary results from the Neoproterozoic Araçuaí belt of eastern Brazil. In: American Geophysical Union Meeting, 2001, San Francisco. Abstract T32B-0895., v. 82., p.1181-1182

Manuscrito 1322

Recebido em 15 de fevereiro de 2001

Revisão dos autores em 30 de novembro de 2002

Revisão aceita em 02 de dezembro de 2002