

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Químioestratigrafia das rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas: Grupo Bambuí - Arcos, MG

AUTORES:

Talita Cristina Santos, José Manoel dos Reis Neto, Fernanda Caroline Borato Xavier

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Paraná

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

QUIMIOESTRATIGRAFIA DAS ROCHAS CARBONÁTICAS DA FORMAÇÃO SETE LAGOAS: GRUPO BAMBUÍ – ARCOS, MG

Abstract

Facies descriptions in rocks from Sete Lagoas Formation in outcrop, well samples and petrography scales, combined with geochemical and isotopic techniques, allow to define the conditions of rocks formation. The research was done in Arcos (MG) and was sampled a deep profile equivalent of 145 m and were described lithological succession that are divided in five different geochemical sequences, named from top to down, A and E. The integration of lithofacies described and analyzed geochemically, enables the division and geochemical sequential correlations between variations of different wells. It was possible to identify, for example, stromatolitic horizons were identified and was observed its occurrence associated with dolorocks and fracturing with hydraulic breccias generation and karstification and still basal marls with clayey stratifications. Occur either in the under base, stratified clay-carbonaceous micritic, likely correlation with the Precambrian source rock.

Introdução

O Neoproterozóico na Bacia do São Francisco é praticamente afossilífero e o uso da bioestratigrafia faz-se limitado nas rochas dessa idade. Ao invés disso, estudos quimioestratigráficos com correlações regionais ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) para determinações tectono-estratigráficas e paleoambientais são muito utilizados. As áreas no centro e ao sul da bacia também estão sendo pesquisadas através de licitação de blocos, quanto ao potencial das rochas para exploração de gás e óleo.

Na Formação Sete Lagoas ocorrem intercalações de rochas carbonáticas com matéria orgânica e essas rochas são, portanto, importantes de serem estudadas quanto às suas características, como fraturamentos, dolomitização, porosidade e quantidade de carbono orgânico. Esse trabalho visa apresentar a quimioestratigrafia das sucessões carbonáticas da base do Grupo Bambuí e verificar a relação dos fraturamentos e/ou geração de brechas termo-báricas nessas rochas, com a porosidade e a carstificação associadas.

A área de estudo é na Mineração Bocaina da CSN - Companhia Siderúrgica Nacional (Figura 1A), localizada a aproximadamente 240 km sudoeste de Belo Horizonte, na cidade de Arcos, MG. Geologicamente, insere-se no Cráton do São Francisco (Almeida, 1977; Almeida & Hasui, 1984; Alkim, 2004), na base da Bacia do São Francisco (sobrepuesto à sequência glaciogênica pré – Bambuí), no Grupo Bambuí (Almeida & Hasui, 1984; Alkmim *et. al.*, 1988; Alkmim & Martins-Neto, 2001) e pode ser observada na Figura 1B. Está inserida no contexto das interdigitações basais entre a Formação Sete Lagoas e Serra de Santa Helena, segundo Martins (1999) e Zalán & Romeiro – Silva (2007). Caracterizada como um ambiente marinho no qual rampas carbonáticas proximais estaqueadas, das bordas da bacia, interdigitam-se em direção ao centro da bacia com pelitos de fácies distais.

Babinski *et. al.* (1999) obtiveram idade Pb-Pb de 698 ± 69 Ma para calcários da Formação Sete Lagoas. Martins (1999) mostra um significativo desvio de ampla natureza regional, nos valores isotópicos dos carbonatos e separa claramente os carbonatos Paranoá / Macaúbas dos carbonatos Bambuí (700 – 680 Ma). Babinski & Kaufman (2003) dataram os *cap carbonates* situados logo acima dos tilitos, em 740 ± 22 Ma.

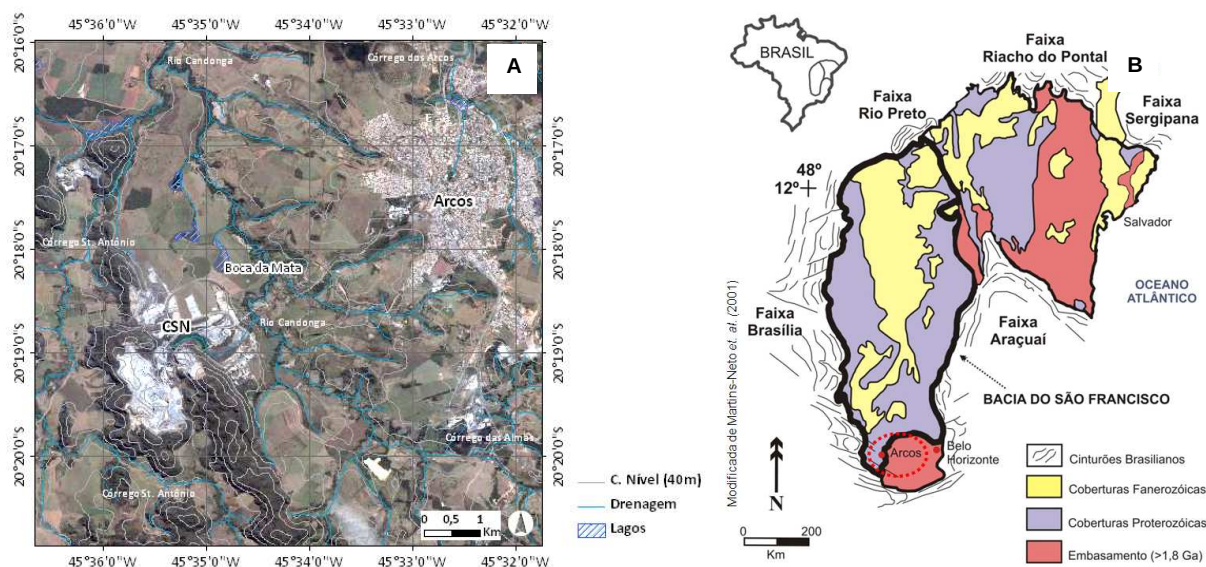


Figura 1: A - Localização da Mineração Bocaina; B - Contexto geológico da área de estudo.

Metodologia

A descrição e classificação da rocha em escala mesoscópica, foi feita com base na associação da composição litológica com a variação granulométrica, comumente utilizada em cartas estratigráficas e exposto em Milani *et. al.* (2007). A faciologia descrita na mineração foi detalhada dentro dos intervalos “práticos” já existentes, utilizados na CSN. O termo “sequência” foi utilizado com enfoque geoquímico, para denominação de intervalos distintos em profundidade, mas que são química, mineralógica e / ou isotopicamente correlacionáveis.

Foi feita a descrição faciológica detalhada com petrografia, integrando informações obtidas nas frentes de lavra da mineração e em testemunhos de sondagem, o maior com 152 m de profundidade. Esses dados foram complementados com análises geoquímicas em 65 amostras de poço (difração de raios-X e fluorescência de raios-X), análises termogravimétricas TG / SDTA e isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$).

Resultados e Discussão

Os litotipos observados e as faciologias podem ser observados no quadro da Figura 2 e na seção da Figura 3. A geologia consiste de níveis dolomíticos no topo da mineração, representados por dolarenitos e dololutitos com estruturas estromatolíticas que, a partir de 20 m de profundidade, gradam para composição calcítica. Passam a ocorrer calcarenitos e calcilutitos intercalados, com brechas sedimentares frequentes por volta de 40 m de profundidade.

A partir de 60 m de profundidade, laminações escuras e carbonosas passam a ser frequentes no calcário, lembrando ritmitos. Por volta de 100 m de profundidade passam a ocorrer de maneira gradacional, margas. Descendentemente, essas se intercalam com camadas centimétricas carbonosas pretas micríticas com ocorrência de pirita, lembrando folhelhos. Em 150 m de profundidade ocorre um diamictito seguido por um estauroлита - clorita xisto (embasamento).

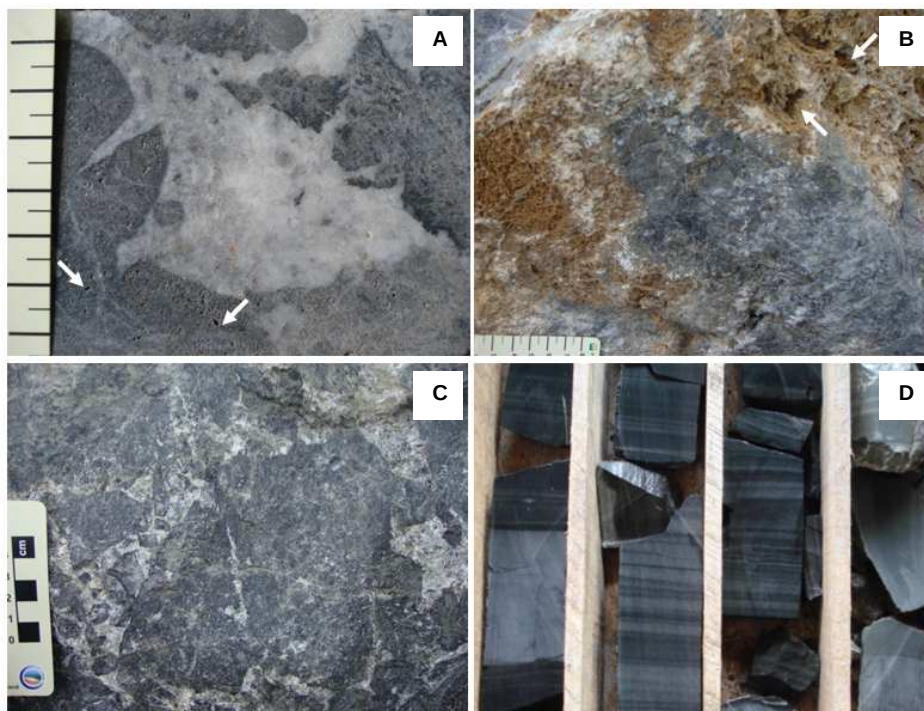


Figura 2: Litotipos observados na Mineração Bocaína. As setas brancas indicam a porosidade. A – *wackestone* dolomítico brechado com porosidade móldica oolítica, do Intervalo 1; B – *wackestone* estromatolítico com porosidade de dissolução; C – *mudstone* brechado no Intervalo 4; D – *mudstone* / marga com estratificações de matéria orgânica intercaladas, do Intervalo 6.

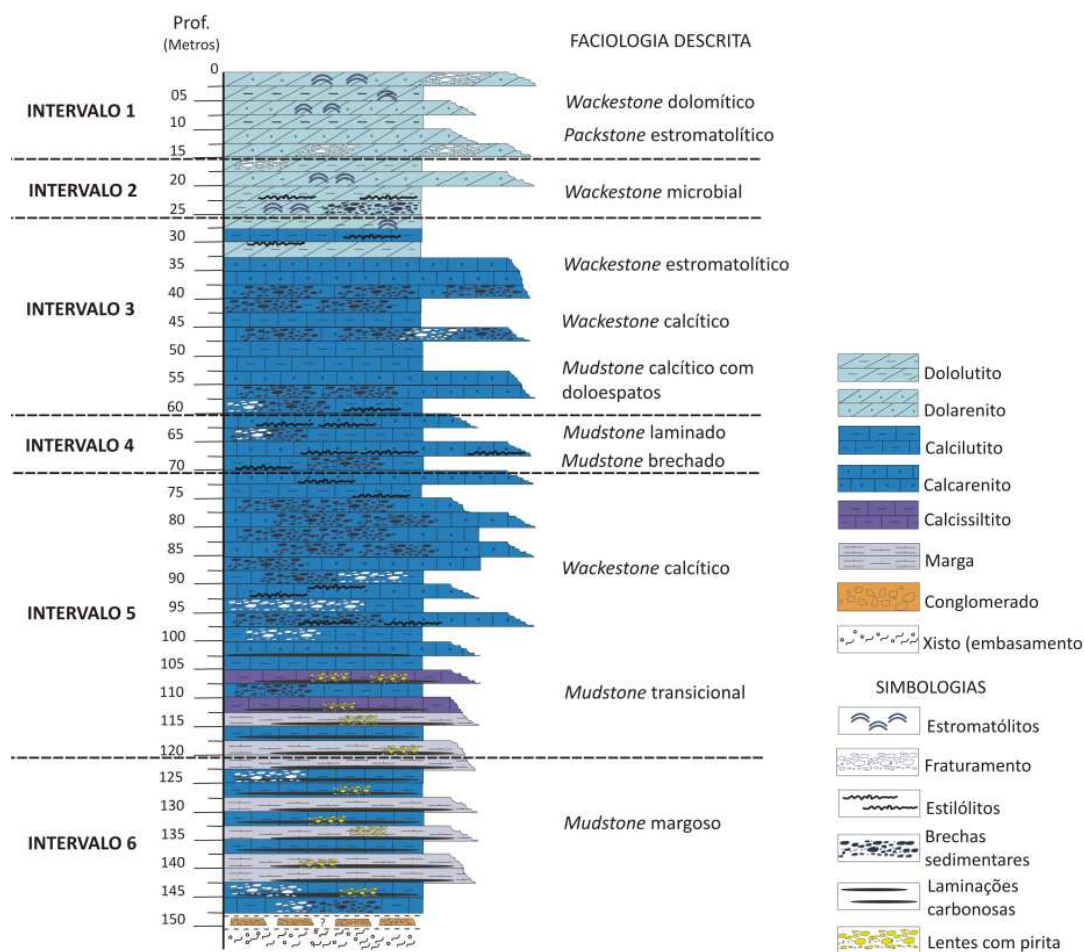


Figura 3: Seção com intervalos utilizados na mineração e respectivas faciologias descritas.

Foram definidas cinco sequências geoquímicas distintas (que podem ser observadas na Figura 4), do topo para base: A, B, C, D e E, baseando-se nas variações litológicas, mineralogia, teores químicos e incursões isotópicas; essas sequências são independentes dos “Intervalos”. A variação nos teores de cálcio e magnésio de acordo com a profundidade e a variação nos teores de sílica e alumínio, também de acordo com a profundidade, podem ser visualizadas nas Figuras 5A e 5B, respectivamente.

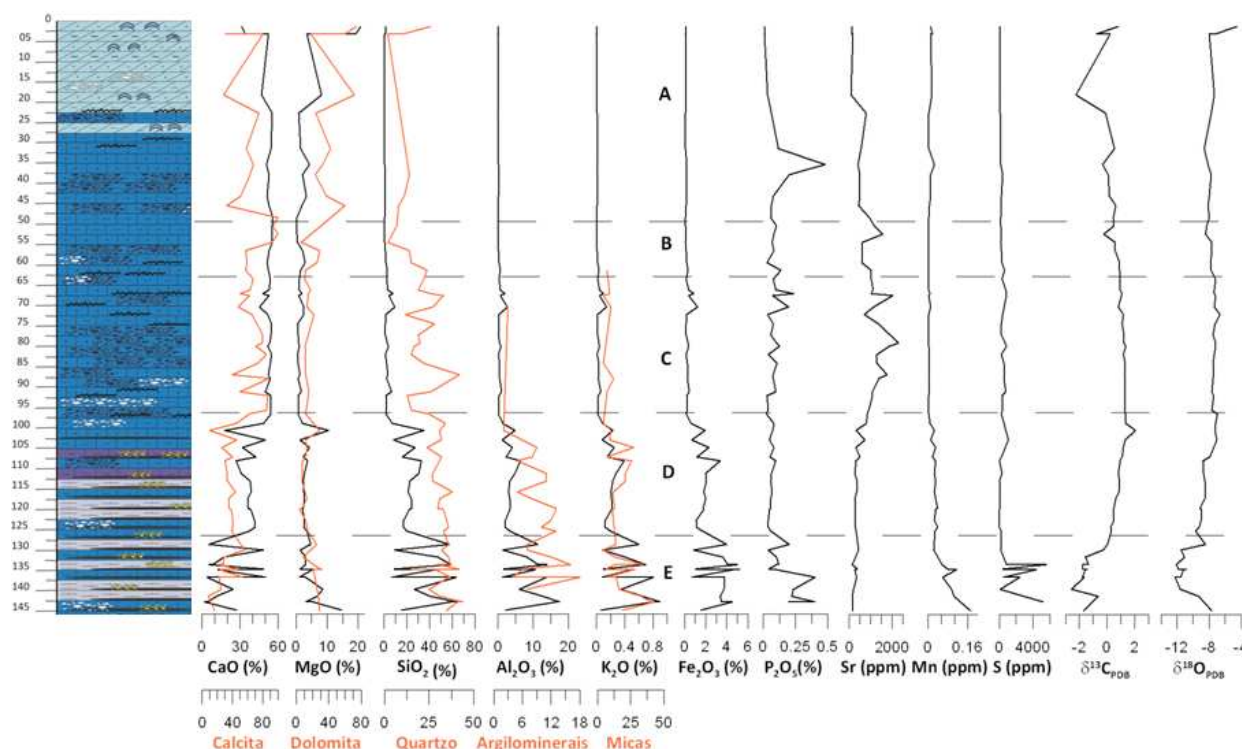


Figura 4: Litologias e sequências geoquímicas correspondentes, determinadas.

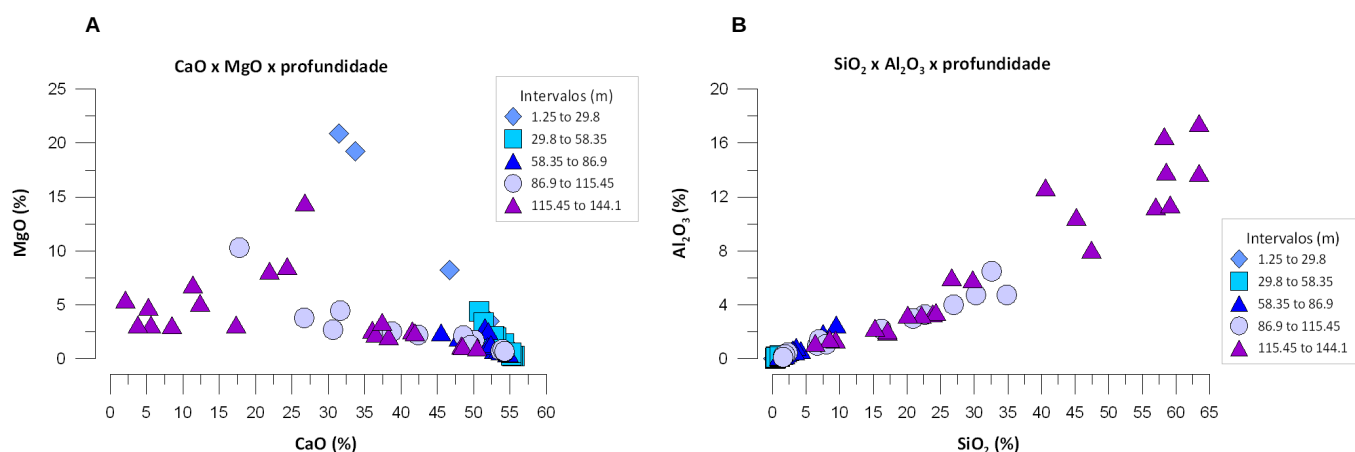


Figura 5: A – Variação dos teores de cálcio e magnésio, de acordo com a profundidade; B - Variação dos teores de sílica e alumínio, de acordo com a profundidade.

Na *Sequência Geoquímica A* (topo) ocorrem fácies dolomíticas e estromatolíticas; MgO varia de <1% a 20%, enquanto CaO varia de 31 a 55%. Teores de sílica, alumínio e ferro são maiores no topo dessa sequência e diminuem em direção a base. Já valores de P_2O_5 aumentam em direção à base.

Ocorrem duas incursões negativas isotópicas principais para $\delta^{13}\text{C}$ (-0,80‰ e -2,27‰) e duas incursões positivas. O $\delta^{18}\text{O}$ não aumenta ou diminui juntamente com o $\delta^{13}\text{C}$, com valores de -7,77‰ e -7,97‰.

Na *Sequência Geoquímica B* foi descrita uma fácies dolomítica com estromatólitos, ocorrência de fraturamentos, doloespatos e feições de carstificação, também foram descritas fácies calcíticas, além da fácies dolomítica com brechas, na base da sequência. O CaO mantém-se em aproximadamente 55%, diminuindo nos horizontes magnesianos para 50-51%. O MgO se mantém constante com valores entre 0 e 3%, aumentando nos horizontes magnesianos para 3-4%. Aumentam em direção à base a o potássio, sílica, ferro, alumínio e titânio. Nessa sequência o $\delta^{13}\text{C}$ apresenta duas incursões negativas próximas aos horizontes magnesianos, de -0,33‰ e -0,23‰. Demais valores situam-se entre +0,09‰ e +0,63‰. Em direção à base tornam-se gradacionalmente mais positivos, atingindo +0,91‰. O $\delta^{18}\text{O}$ parece acompanhar as incursões do $\delta^{13}\text{C}$, com variações localizadas.

Na *Sequência Geoquímica C* foram descritas fácies ricas em estilólitos e com ocorrência frequente de brecha sedimentar. Fraturamentos com feições de dolomitização também foram descritas, associadas à carstificação. O horizonte magnesianos/silicoso indica geoquimicamente a carstificação que ocorre sobre rochas de fácies dolomítica. O aumento do magnésio é acompanhado pela elevação dos teores de sílica, alumínio, ferro, potássio, titânio, manganês e fósforo. MgO varia de 0,82-2,56%; o CaO que mantinha-se em 53% diminui para 45%. Os valores de sílica, alumínio e ferro parecem aumentar praticamente na mesma proporção nos horizontes magnesianos. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ variam juntos; $\delta^{13}\text{C}$ no topo encontra-se entre +0,82 e +0,96‰ chegando a +1,07‰, posteriormente, retoma o padrão crescente, mantendo-se entre 1,16 e 1,35‰. O $\delta^{18}\text{O}$ aumenta conforme o aumento do $\delta^{13}\text{C}$: no topo da sequência mantêm-se entre -7,16 e -7,39‰ e então aumenta para -6,65‰. Posteriormente seus valores diminuem gradacionalmente, de -7,20 a -7,66‰.

Na *Sequência Geoquímica D*, teores de CaO variam desde 17,81-54,24% e os de MgO entre 0,68-10,32%. O aumento nos teores de magnésio é acompanhado pelo aumento nos teores de todos os demais óxidos, incluindo o Na_2O , que até então não havia apresentado qualquer variação. A sílica, o alumínio e o ferro têm teores entre 6,86-34,89%, 1,1-6,48% e 0,62-3,37%, respectivamente. Quanto aos isótopos, as incursões positivas passam gradualmente para incursões negativas. Observa-se um pico no topo da sequência de $\delta^{13}\text{C}$ com valor de +2,05‰ em meio aos valores constantes entre +1,10 e +1,37‰. O $\delta^{18}\text{O}$ acompanha as variações do $\delta^{13}\text{C}$ mantendo-se, do topo até a metade da sequência, com valores entre -6,96 e -7,91‰. Da metade para a base da sequência, o $\delta^{18}\text{O}$ adquire valores entre -8,44 e -9,68‰.

Na *Sequência Geoquímica E*, basal, os teores de CaO variam desde 17,81-54,24% e os de MgO entre 0,68-10,32%. O aumento nos teores de magnésio é acompanhado pelo aumento nos teores de todos os demais óxidos, incluindo o Na_2O . A sílica, o alumínio e o ferro têm teores entre 6,36-63,40%, 1,16-17,5%, 0,69-5,22%, respectivamente. Tem-se a configuração geoquímica da marga, com intercalações calcícas e silicosas, descrita como *mudstone* com intercalação de níveis de calcilutito preto ou argilo-carbonosos.

As análises isotópicas nesse intervalo mostram picos de incursões negativas para o $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$. Os intervalos próximos a 0‰ que o $\delta^{13}\text{C}$ vinha demonstrando ao final da Sequência D diminuem gradativamente, mas com variações localizadas. No topo da sequência, os “picos” são marcados por valores entre -1,32‰ e -1,78‰. O $\delta^{18}\text{O}$ fica ligeiramente mais negativo, acompanhando as variações do $\delta^{13}\text{C}$. Da metade da sequência para o topo, os valores variam entre -10,83‰ e -12,27‰. Na base, quando volta a ocorrer aumento no $\delta^{13}\text{C}$, o $\delta^{18}\text{O}$ também aumenta seus valores (-9,33‰ e -7,74‰).

Conclusões

Na Sequência Geoquímica A foram descritas fácies dolomíticas e estromatolíticas com ocorrência de fraturamentos e evidências de dolomitização e carstificação. O topo da Sequência A pode ser considerado horizonte carstificado, evidenciado pelo aumento nos teores de sílica e correlatos de origem terrígena. As incursões magnesianas provavelmente são reflexos das composições dolomíticas estromatolíticas, nas quais ocorre associada dolomita cristalina, produto de dolomitização.

Na Sequência Geoquímica B foi descrita uma fácies dolomítica com estromatólitos, fraturamentos, ocorrência de doloespato e feições de carstificação e também foram descritas fácies calcíticas com e sem evidências de dolomitização, além da fácies dolomítica brechóide, correlata à base da sequência. Os horizontes magnesianos e correlatos refletem as dolomitizações e carstificação / exposição subaérea, devido ao incremento silicoso terrígeno (sílica, ferro, titânio, etc.).

As sequências A e B ou porção de topo do Furo 06, serão correlacionadas com os demais poços, observando lateralmente as variações quanto à estromatólitos, dolomitização e carstificação (porosidade). Os $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ também apresentam variações que fogem ao padrão observado no restante do poço, de aumento com relativa constância em torno de 0‰ e incursões negativas em direção à base.

Na Sequência Geoquímica C foram descritas fácies ricas em estilólitos e com ocorrência frequente de brecha sedimentar. Fraturamentos com feições de dolomitização também foram descritas, associadas à carstificação. O horizonte inicial no Intervalo 4, magnesiano e silicoso, indica geoquimicamente a carstificação que ocorre sobre rochas de fácies dolomítica, descrita em várias escalas.

A intercalação sutil que ocorre em direção à base, de rochas calcíticas e dolomíticas, com incrementos em óxidos oriundos de materiais terrígenos (como potássio, titânio, ferro e os demais que aumentam associadamente), refletem possivelmente a variações ambientais, com aporte de matéria orgânica e material argiloso, encontrados nos estilólitos e matriz das brechas sedimentares.

Na Sequência Geoquímica D, no topo, a variação entre CaO e MgO e a mineralogia siliciclástica encontrada na sequência, permite fazer correspondência com a fácies *mudstone* transicional, descrita na base do Intervalo 5, na qual ocorrem calcissiltitos intercalados ao calcário, porém não configuram ainda a marga. Valores isotópicos gradualmente passam a ser negativos, indicando variação ambiental.

Na Sequência Geoquímica E tem-se a configuração geoquímica da marga, com intercalações cálcicas e silicosas, descrita como *mudstone* com intercalação de calcilutito ou níveis argilo-carbonosos. As incursões negativas preferenciais isotópicas nos horizontes argilosos com matéria orgânica, indicam o fracionamento diferente, segundo a variação do contexto deposicional e litológico.

As sequências geoquímicas caracterizam-se devido às diferenças litológicas, de quimismo, paragêneses mineralógicas e razões isotópicas. A integração da faciologia com diversas técnicas permite reconhecer variações / anomalias; essas variações refletem as variações ambientais durante a deposição dessas rochas. As razões isotópicas, por exemplo, indicam deposição em ambiente pós-glacial e laminações carbonosas encontradas indicam contexto deposicional específico e interessante do ponto de vista exploracional de hidrocarbonetos.

Agradecimentos

À ANP – PRH24, pelo financiamento da bolsa de mestrado. À UFPR e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, pelo apoio e oportunidade de desenvolver a pesquisa. Ao LAMIR – Laboratório de Análise de Minerais e Rochas da UFPR, por toda estrutura profissional e analítica. À CSN pela abertura e liberação de material.

Referências Bibliográficas

ALKMIM F. F. O que faz de cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso Neto V., Bartorelli A., Dal-Ré C. C., Brito-Neves B. (org). **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques Almeida**. Editora Beca. São Paulo. 2004. p. 17-35.

ALKMIM F. F., KIANG C. H., MAGALHÃES L., MIRANDA F. P. Considerações sobre a Evolução Tectônica da Bacia do São Francisco. In: **Anais do 35º Congresso Brasileiro de Geologia**. SBG – Belém, PA. 1988. p. 2076-2082.

ALMEIDA F. F. M. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**. 7 (4): 349-364. 1977.

ALMEIDA F. F. M., HASUI Y. **O Pré-Cambriano no Brasil**. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1984. 604 pp.

BABINSKI M., KAUFMAN, A. J. First direct dating of a Neoproterozoic post-glacial cap carbonate. In: **South-American Symposium on Isotope Geology**, 4. Short Papers. Salvador, Brazil, p. 321–323. 2003.

BABINSKI M., VAN SCHMUS W. R., CHEMALE F. Pb/Pb dating and Pb isotope geochemistry of Neoproterozoic carbonate rocks from the São Francisco basin, Brazil: implications for the mobility of Pb isotopes during tectonism and metamorphism. **Chemical Geology**. Elsevier Scientific Publications. 160:175-199. 1999.

MARTINS M. **Análise estratigráfica das sequências mesoproterozóicas (borda oeste) e neoproterozóicas da Bacia do São Francisco**. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 214 pp. 1999.

MARTINS-NETO M. A., PINTO C. P. (ed). **Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais**. SBG – Núcleo de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 349 pp. 2001.

MILANI E. J., RANGEL H. D., BUENO G. V., STICA J. M., WINTER W. R., CAIXETA J. M., NETO O., C., P. Bacias sedimentares brasileiras – Cartas estratigráficas. **Boletim de Geociências da Petrobras**. 15 (2): 183-205. 2007.

ZALÁN P. V., ROMEIRO-SILVA P. C. Bacia do São Francisco. **Boletim de Geociências da Petrobras**. 15 (2): 561-571. 2007.