

# Estratigrafia da borda ocidental da Bacia do São Francisco

*Stratigraphy of the western edge of the São Francisco Basin*

Carlos José Souza de Alvarenga | Marcel Auguste Dardenne | Lucieth Cruz Vieira | Caroline Thaís Martinho | Edi Mendes Guimarães | Roberto Ventura Santos | Rafael Oliveira Santana

## resumo

A borda ocidental da Bacia do São Francisco é constituída por uma sucessão de rochas siliciclásticas e carbonáticas depositadas durante o Mesoproterozoico e o Neoproterozoico. Durante a Orogênese Brasiliana, esta bacia foi tectonicamente segmentada em compartimentos sem deformação e aqueles com intensidade diferenciada de deformação. A Falha de São Domingos expôs mais de 2.000m das megassequências Paranoá e São Francisco, estudadas neste trabalho. Uma

complexidade estratigráfica ocorre no limite entre essas duas megassequências com perda parcial e total de duas sequências. Isótopos de C, O e Sr foram aplicados às rochas carbonáticas dessas duas megassequências como uma importante ferramenta para separar sequências estratigráficas. Mudanças abruptas dos valores  $d^{13}C$  marcam o limite entre duas sequências no Grupo Bambuí e razões  $^{87}Sr/^{86}Sr$  mostram valores diferentes para as megassequências Paranoá e São Francisco.

**Palavras-chave:** Grupo Bambuí | Grupo Paranoá | Mesoneoproterozoico | Isótopos de C | Isótopos de Sr

## abstract

*The western edge of the São Francisco Basin consists of a succession of siliciclastic and carbonate rocks deposited during the Mesoproterozoic and the Neoproterozoic. This basin during the Brasiliano Orogeny was tectonically segmented into compartments without deformation and those with different intensity of deformation. The São Domingos Fault exposed more than 2.000m of the Paranoá and São Francisco megasequences that were studied in this paper. A stratigraphic complexity occurs at the boundary between these two megasequences with partial and total loss of stratigraphy sequence. C, O and Sr isotopes were applied to carbonates rocks of these two megasequences as an important tool to separate stratigraphic sequence. Abrupt changes of  $d^{13}C$  values mark the boundary between two sequences of the Bambuí Group and  $^{87}Sr/^{86}Sr$  ratio show different values for the Paranoá and São Francisco megasequences.*

*(Expanded abstract available at the end of the paper).*

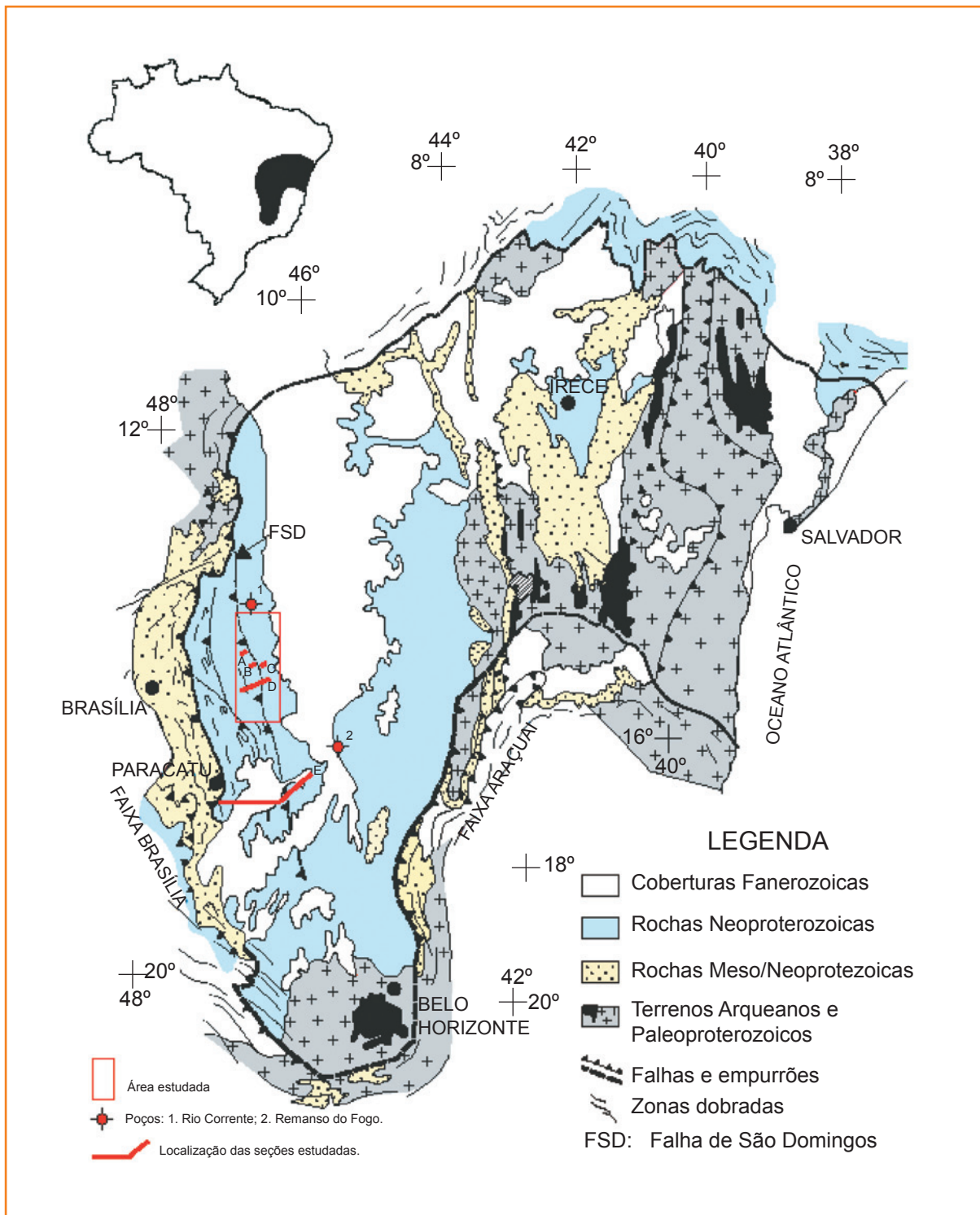
**Keywords:** *Bambuí Group | Paranoá Group | Meso-Neoproterozoic | Carbon Isotope | Sr Isotope*

## introdução

A utilização do termo Bacia do São Francisco (BSF) foi inicialmente proposta por Braun *et al.* (1990) para representar a área de ocorrência dos sedimentos dos grupos Bambuí (MG e GO) e Una (BA). Os limites da BSF apresentam diferenças em função dos autores (Dominguez, 1992; Alkmim e Martins-Neto, 2001; Martins-Neto e Alkmim, 2001). Neste trabalho, será considerada a BSF dentro do limite da bacia de sedimentação mesoneoproterozoica equivalente à área de ocorrência dos sedimentos do Supergrupo São Francisco (Grupo Macaúbas, Formação Jequitaí, Grupo Vazante e Grupo Bambuí) e do Supergrupo Paranoá (fig. 1).

A divisão litoestratigráfica para o Grupo Bambuí em cinco formações (Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias) foi estabelecida com seção tipo ao longo da Rodovia BR-040, no trecho entre Belo Horizonte e Brasília (Costa e Branco, 1961). Dardenne (1978) estabeleceu para o Grupo Bambuí uma estratigrafia controlada por ciclos transgressivos/regressivos (TR), correlacionando-os ao longo de toda a bacia. Uma subdivisão informal, categorizada como “formações”, foi estabelecida para o Grupo Paranoá (Faria, 1995; Guimarães, 1997) (tabela 1). Posteriormente, alguns trabalhos aplicaram o conceito da estratigrafia de sequências no entendimento do preenchimento da BSF (Dominguez, 1992; Martins, 1999; Martins e Lemos, 2007; Zalán e Romeiro-Silva, 2007; Coelho *et al.*, 2008; Hercos *et al.*, 2008). Determinações de isótopos de C, O e Sr ao longo dos intervalos carbonáticos dos grupos Bambuí, Paranoá e Vazante tem mostrado uma estratigrafia isotópica cujas curvas de valores podem ser correlacionáveis ao longo de toda a bacia, criando uma importante ferramenta complementar na determinação das sequências estratigráficas da BSF (Chang, 1997; Misi e Veizer 1998; Martins, 1999; Santos *et al.*, 2000; 2004; Misi *et al.*, 2007; Alvarenga *et al.*, 2007).

A partir de uma análise sísmica 2D, interceptada pelo poço 1-RF-1-MG, Martins (1999) e Martins e Lemos (2007) individualizaram a Megassequência Paranoá como depósitos de margem passiva e a Megassequência São Francisco para os depósitos de mar interior e *foreland*, individualizando quatro sequências estratigráficas nesta última megassequência (tabela 1): Sequência 1, correspondendo aos depósitos glaciogênicos da Formação Jequitaí;



**Figura 1**  
 Mapa regional da Bacia do São Francisco, mostrando a distribuição das rochas proterozoicas (modificado de Alkmim e Marshak, 1998). Seções estudadas localizadas em A, B e C estão ilustradas nas figuras 8 e 10; seção geológica em D está ilustrada na figura 3; seção sísmica localizada em E está ilustrada na figura 2.

**Figure 1**  
 Regional map of the São Francisco Basin, showing the distribution of proterozoic rocks (modified from Alkmim e Marshak, 1998). Studied sections located in A, B and C are illustrated in figures 8 and 10; geological section in D is illustrated in figure 3; seismic section located in E is illustrated in figure 2.

Sequência 2, correspondendo litoestratigraficamente aos carbonatos da base da Formação Sete Lagoas; Sequência 3, litoestratigraficamente abrangendo a parte superior da Formação Sete Lagoas até o topo da Formação Lagoa do Jacaré e Sequência 4, correspondendo aos depósitos siliciclásticos das formações Serra da Saudade e Três Marias. A carta

estratigráfica proposta para a Bacia do São Francisco (Zalán e Romeiro-Silva, 2007) individualiza três superseqüências: Superseqüência Rife, incluindo os depósitos da fase rife do Supergrupo Espinhaço, de acordo com Martins Neto e Alkmim (2001); Superseqüência Intracratônica, incluindo o preenchimento da bacia pelos grupos Macaúbas, Paranoá e Vazante

ERA	Megassequência	Sequência	Grupo	Formação	Litologia	Idade
Neoproterozoico	III	4	Bambuú	Três Marias Serra da Saudade	Siltitos e arenitos arcozeanos Siltitos e argilitos	U-Pb: < 560 Ma*  U-Pb: < 620 Ma* Pb-Pb: 720 ± 22 Ma  U-Pb: < 850 Ma*
		3		Lagoa do Jacaré	Calcários e siltitos calcíferos	
		2		Serra de Santa Helena	Siltitos e arenitos finos	
		1	Macaúbas (?)	Jequitaí	Diamictitos e alguns intervalos de siltitos e arenitos	
Mesoproterozoico	II	ATP	Paranoá	PI-C	Ritmito superior Nível arcozeano	Ritmitos, dolomitos e estromatólitos Arenitos arcozeanos
				Ritmito 4	Ritmitos, lentes de dolomitos e calcários	
				Quartzito 3	Arenitos	
				Ardósia	Ardósias, siltitos e lentes carbonáticas	
				Qzt. 1,2 e Ritmito 1,2	Arenitos e ritmitos	
São Miguel	Conglomerado					
PP	I		Espinhaço	Traíras	Siltitos, quartzitos e lentes de calcário	U-Pb: < 1770 Ma
			Araí	Arraias	Conglomerados, quartzitos, vulcânicas e piroclásticas	

Tabela 1

Nomenclatura litoestratigráfica na Bacia do São Francisco. ATP, Sequência Arcozeana topo Paranoá; Qzt., Quartzito; PI-C, Unidade Pelito-carbonatada. Ma, idade em zircão detrítico. Adaptada de (Faria, 1995; Martins, 1999; Zalán e Romero-Silva, 2007). Idades obtidas em (Pimentel e Fuck, 1992; Thomaz Filho et al., 1998; Pimentel et al., 2011; Rodrigues et al., 2012; Matteini et al., 2012). Megassequência II igual à Megassequência Paranoá e Megassequência III igual à Megassequência São Francisco.

Table 1

Lithostratigraphic nomenclature in the São Francisco Basin. ATP, Arkoze upper Paranoá Sequence; Qzt., quartzite; PI-C, claystone-carbonate Unit. Ma, detrital zircon age. Modified from (Faria, 1995; Martins, 1999; Zalán e Romero-Silva, 2007). Age from (Pimentel e Fuck, 1992; Thomaz Filho et al., 1998; Pimentel et al., 2011; Rodrigues et al., 2012; Matteini et al., 2012). Megasequence II similar to Paranoá Megasequence and Megasequence III similar to São Francisco Megasequence.

e a Supersequência Intracratônica/Antepaís, com as rochas do Grupo Bambuí, limitadas na sua base por uma discordância na profundidade 1.644m, do poço 1-RF-1-MG.

Neste trabalho será apresentada uma descrição da estratigrafia e da quimioestratigrafia obtidas a partir de dados de superfície na borda ocidental da Bacia do São Francisco, com ênfase nos compartimentos autóctone e alóctone limitados pela Falha de São Domingos (fig. 1). Também será discutido um modelo de evolução estratigráfica para a BSF, considerando a integração dos dados de superfície, subsuperfície e da estratigrafia isotópica (C, O, Sr). As questões estratigráficas limítrofes entre o topo da 2ª Megassequência (Paranoá ou intracratônica) com a base da 3ª Megassequência (São Francisco ou intracratônica) serão enfatizadas, bem como haverá um maior esclarecimento sobre as diferenças existentes entre os grupos Macaúbas e Paranoá (tabela 1).

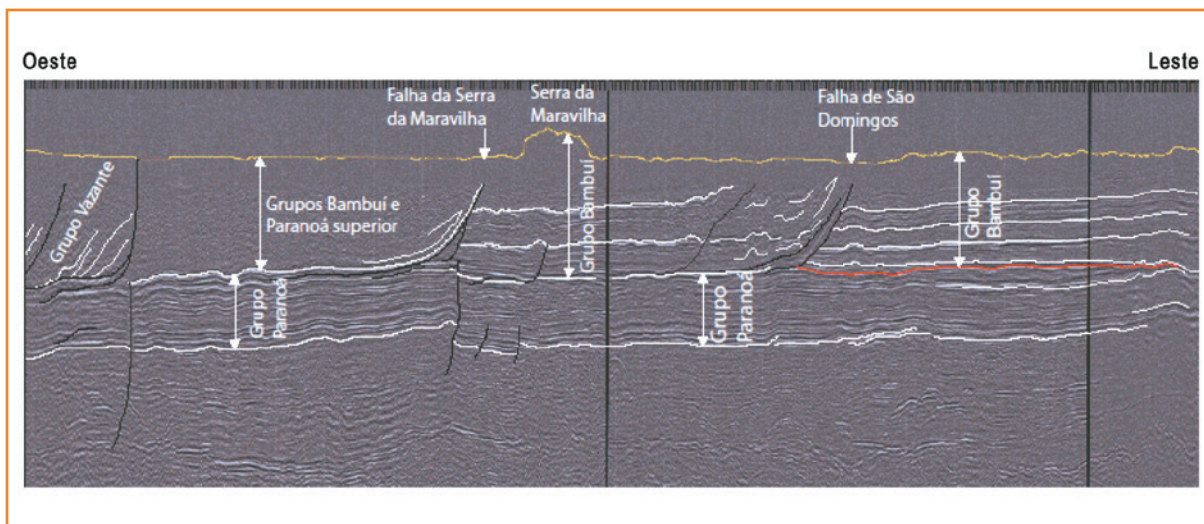
## arcabouço tectonoestratigráfico

A borda W-SW da Bacia do São Francisco foi parcialmente afetada pelos dobramentos da Orogênese Brasileira, onde extensas falhas de direção NW-SE segmentam compartimentos com diferentes intensidades de deformação: (i) domínio não deformado; (ii) domínio de embasamento não envolvido na

deformação e (iii) domínio de embasamento envolvido na deformação (fig. 2).

O domínio não deformado está representado pelo compartimento autóctone situado a leste da Falha de São Domingos (FSD) e suas rochas foram preservadas da deformação plástica imposta pelos efeitos da Orogênese Brasileira (fig. 1). Uma deformação plástica localizada pode ocorrer no compartimento autóctone apenas nas proximidades da falha (fig. 2).

O domínio de embasamento não envolvido na deformação a oeste da FSD (fig. 1), também conhecido como zona externa da Faixa Brasília (Dardenne, 2000), caracteriza-se pela presença de falhas reversas com vergência para leste e deslizamentos horizontais alçados para cima, com ângulos de mergulho de até 50° (fig. 2). No seu limite leste, em contato com o compartimento autóctone, a FSD leva à superfície diferentes sucessões estratigráficas (fig. 3). Entre os paralelos 18°S e 16°S, ao longo da FSD, o compartimento alóctone expõe rochas do topo do Grupo Bambuí, enquanto a norte do paralelo 16°S, a FSD expõe mais de 2.000m de espessura de rochas das megassequências Paranoá e São Francisco (figs. 1 e 3). A zona da FSD pode ser pontual onde aparece apenas a falha principal, mas pode se estender por mais de 1km com feixes de falhas subparalelas (fig. 3). Em direção a oeste, no domínio do embasamento não envolvido na deformação, ocorreu um deslocamento basal sobre uma camada de reologia mais resistente (parte do Grupo Paranoá), gerando um significativo encurtamento



**Figura 2**  
Seção sísmica transversal à Falha de São Domingos (FSD), mostrando uma camada epidérmica dobrada a oeste. Este compartimento dobrado é alóctone e está limitado abaixo e a leste (FSD) pelo domínio cratônico. Esta seção sísmica está localizada em E, figura 1.

**Figure 2**  
Seismic cross-section of the São Domingos fault (FSD), showing a folded epidemal layer toward the west. This allochthonous compartment is limited below and east by cratonic domain. This section location is illustrated in figure 1 - E.

crustal da camada epidérmica, formando dobras apertadas com planos axiais subverticais (fig. 2) nas rochas do Grupo Bambuí e nos quartzitos do topo do Grupo Paranoá que afloram nos núcleos dos anticlinais.

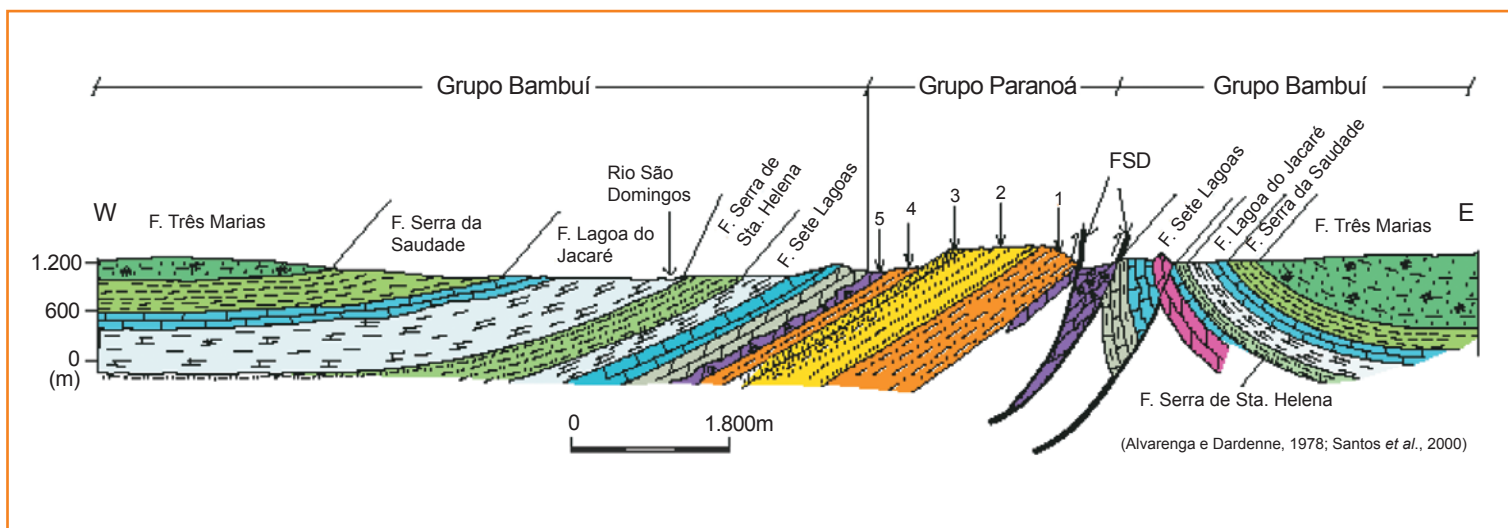
O modelo de deformação na borda do Cráton do São Francisco é resultado de uma colisão de oeste para leste durante a Orogênese Brasileira, causando dobramentos e falhamentos em direção ao Cráton do São Francisco, este último resistente aos efeitos dessa tectônica deformadora. Numa faixa de aproximadamente 100-200km, paralela ao compartimento cratônico, ocorre deslocamento e dobramentos de uma camada epidérmica de aproximadamente 2km de espessura, se deslocando por um segmento autóctone na parte inferior (figs. 1 e 2). O deslizamento desse bloco superior alóctone resulta em uma série de falhas em leque que expõem localmente os seus estratos basais.

## estratigrafia

Neste capítulo serão apresentadas as seções estratigráficas na borda oeste da Bacia do São Francisco ao longo da Serra de São Domingos (fig. 1). Considerando a existência de algumas diferenças entre as fácies sedimentares para as sucessões estratigráficas entre os compartimentos alóctones e autóctones separadas pela Falha de São Domingos (FSD), abordaremos a estratigrafia de cada um desses dois compartimentos. O compartimento alóctone (a oeste da FSD) inclui uma sucessão de afloramentos contínuos que incluem mais de 1.000m de uma seção do Grupo Paranoá e mais de 1.500m de uma seção completa para o Grupo Bambuí (Alvarenga e Dardenne, 1978). No compartimento autóctone a leste da FSD, os afloramentos da sucessão estratigráfica estão

**Figura 3**  
Seção geológica das sucessões estratigráficas expostas pelo movimento da Falha de São Domingos.

**Figure 3**  
Geologic cross section showing the exposed rocks by the detachment in the São Domingos fault.



expostos a partir da Formação Sete Lagoas e será feita, então, a sua correlação entre os dados obtidos no poço 1-RC-1-GO perfurado a norte no compartimento autóctone (fig. 1).

## Megassequência Paranoá

Sua exposição ocorre na Serra de São Domingos, com uma espessura de pouco mais de 1.000m e individualizada por cinco sucessões estratigráficas (figs. 3 e 4).

A Sucessão Estratigráfica 1 (SE-1), com uma espessura de ~ 360m, inicia-se no contato com a FSD por dolomitos laminados com intercalação de horizontes formados por estromatólitos colunares (fig. 5) recobertos por intercalações rítmicas de arenitos finos e siltitos laminados. A SE-1 foi interpretada como sendo

depósitos em ambiente de plataforma intermediária a distal com influência de tempestades, distribuídos em ciclos de granocrescência para o topo. Descrições petrográficas mostram com frequência fragmentos de glauconitas retrabalhadas.

A Sucessão Estratigráfica 2 (SE-2) inclui bancos arenosos, por vezes mostrando influências de tempestades com intercalações siltico arenosas com gretas de ressecamento, sugerindo influência de maré. A parte superior da seção (com um domínio mais arenoso) inclui bandamento de maré e acamamento ondulado.

A Sucessão Estratigráfica 3 (SE-3) caracteriza-se por aproximadamente 100m de ortoquartzitos silicificados de grão médio, com estratificações cruzadas (frequentes *herringbone*).

A Sucessão Estratigráfica 4 (SE-4), com 100m de espessura, inicia-se através de um contato brusco com ritmitos formados por camadas centimétricas de siltitos e arenitos finos com evidência de exposição subaérea (gretas de contração). Para o topo, passa-se a um ambiente mais profundo com domínio de siltitos com finas lentes de arenitos.

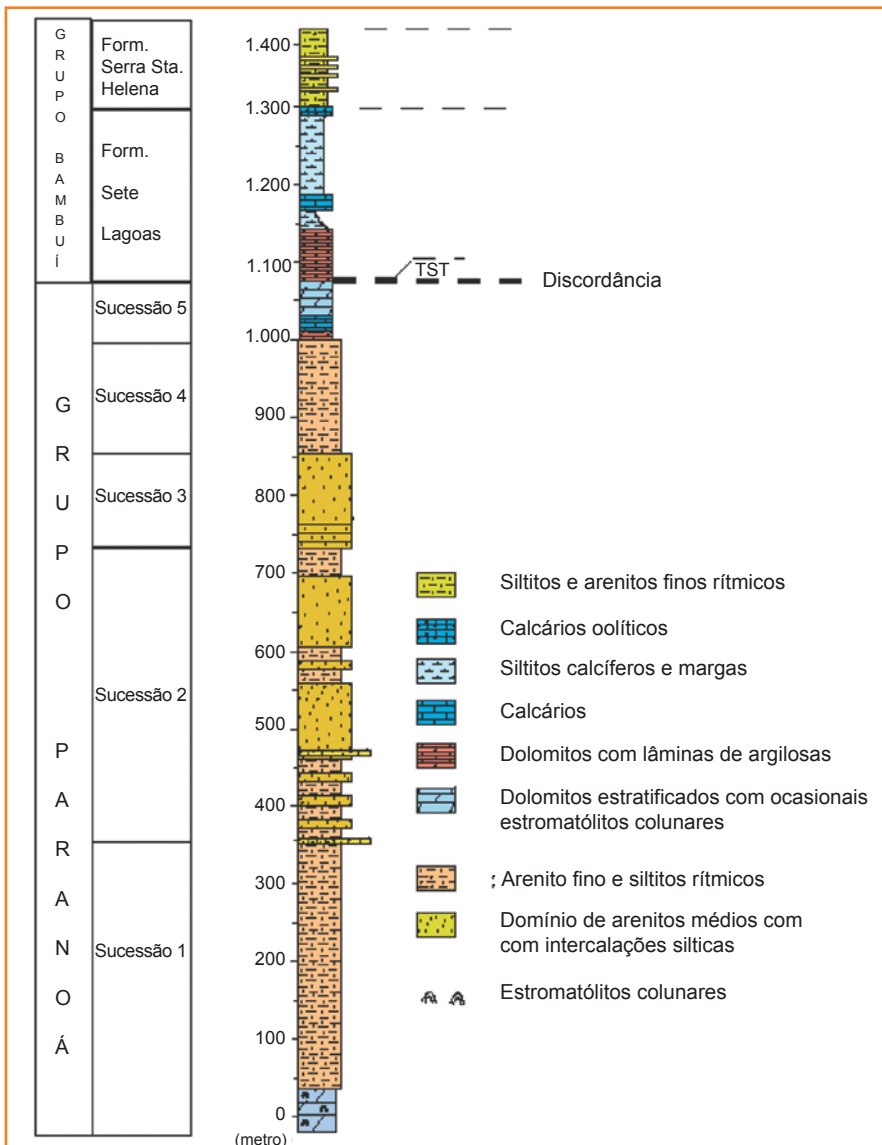
A Sucessão Estratigráfica 5 (SE-5) inclui aproximadamente 80m, que se iniciam com lâminas de dololutitos e dolarenitos intercalados por lâminas de argila roxa, seguidos de calcários com estrutura *molar tooth* e finalizando com dolomitos cinza-claros com intervalos estromatolíticos cortados por uma superfície de discordância no topo.

## Sequência Arcoseana do topo do Paranoá

Acima da SE-5 ocorrem de forma descontínua camadas de arenitos feldspáticos médio a grosso com intervalos de conglomerados (fig. 6). Esses arcóseos estão limitados no topo pela discordância que separa as megassequências Paranoá e São Francisco e ocorrem de forma localizada em uma depressão escavada sobre a SE-5, sugerindo se tratar de um depósito preservado em uma paleodepressão. Os contatos basais e superiores desses arcóseos estão encobertos. A superfície de discordância sobre o Grupo Paranoá está evidenciada pela presença de uma brecha com até 1,5m de espessura, formada por fragmentos de dolomitos em uma matriz arcoseana cimentada por carbonato. Os fragmentos de dolomita assemelham-se aos encontrados na SE-5 e os arenitos arcoseanos da matriz são semelhantes aos da Sequência Arcoseana (tabela 1). Esta brecha se estende por vários quilômetros entre os dolomitos da SE-5 e a base do Grupo Bambuí (Megassequência

Figura 4  
Litoestratigrafia do Grupo Paranoá na Serra de São Domingos.

Figure 4  
Paranoá Group lithostratigraphy at São Domingos range.





São Francisco) e, por vezes, são observadas fendas centimétricas de largura e com comprimentos de até 1m nos dolomitos (SE-5). Essas observações

sugerem que a erosão foi capaz de remover quase por completo os arenitos arcoseanos, que ficaram preservados apenas em paleodepressões.

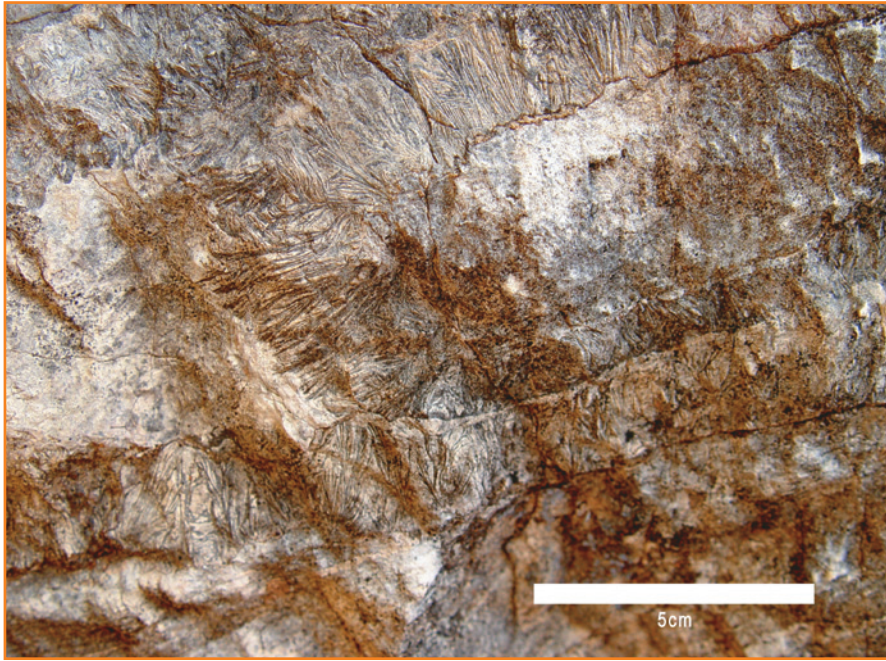
**Figura 5**  
Estromatólitos colunares do intervalo estratigráfico inferior do Grupo Paranoá na Serra de São Domingos.

*Figure 5*  
Columnar Stromatolite of the lower part of the Paranoá Group of the São Domingos Group.



**Figura 6**  
Conglomerados e arenitos arcoseanos da sequência da parte superior da Megassequência Paranoá.

*Figure 6*  
Conglomerates and arkoses in the upper sequence of the Paranoá Megasequence.



**Figura 7**  
Cristais de dolomita substituindo pseudomorfos de aragonita no contato inferior da Formação Sete Lagoas.

**Figure 7**  
View of dolostone crystal fan pseudomorphic after aragonite in the lower contact of the Sete Lagoas Formation.

## Megassequência São Francisco

Na área estudada, a Megassequência São Francisco tem início com uma camada de dolomito cinza-claro, com cristais aciculares de pseudomorfos de aragonita (fig. 7) depositados sobre as brechas sedimentares que marcam a discordância do topo da Megassequência Paranoá. Essa megassequência inclui todas as formações do Grupo Bambuí e ocorre na Região da Serra de São Domingos em uma faixa de 4km de afloramentos. Três das quatro sequências propostas para a Megassequência São Francisco (Martins, 1999; Martins e Lemos, 2007) foram identificadas na área de estudo, onde determinam-se também as superfícies nas formações do Grupo Bambuí (tabela 1; fig. 8). A Sequência 1 está ausente nos afloramentos da Região da Serra de São Domingos, pois não foram encontradas ocorrências dos diamictitos de origem glacial da Formação Jequitaiá.

### Sequência 2 (Formação Sete Lagoas inferior)

Na Sequência 2 foram constatadas diferenças significativas de espessura e de tipos de fácies entre os afloramentos dos compartimentos autóctones e alóctones separados pela FSD. No compartimento alóctone de oeste, foi medida uma espessura de 90m para a sequência, enquanto no compartimento autóctone de leste foi medida uma espessura de 230m

(figs. 8b e 8c) ainda incompleta, pois seu limite inferior está cortado pela zona de falha. Essa diferença de espessura pode indicar que a plataforma carbonática tenha tido a sua principal expressão no bloco autóctone, enquanto o bloco alóctone representa uma porção mais distal e profunda da bacia, com reduzida produção de carbonatos e baixa velocidade na sedimentação de pelitos.

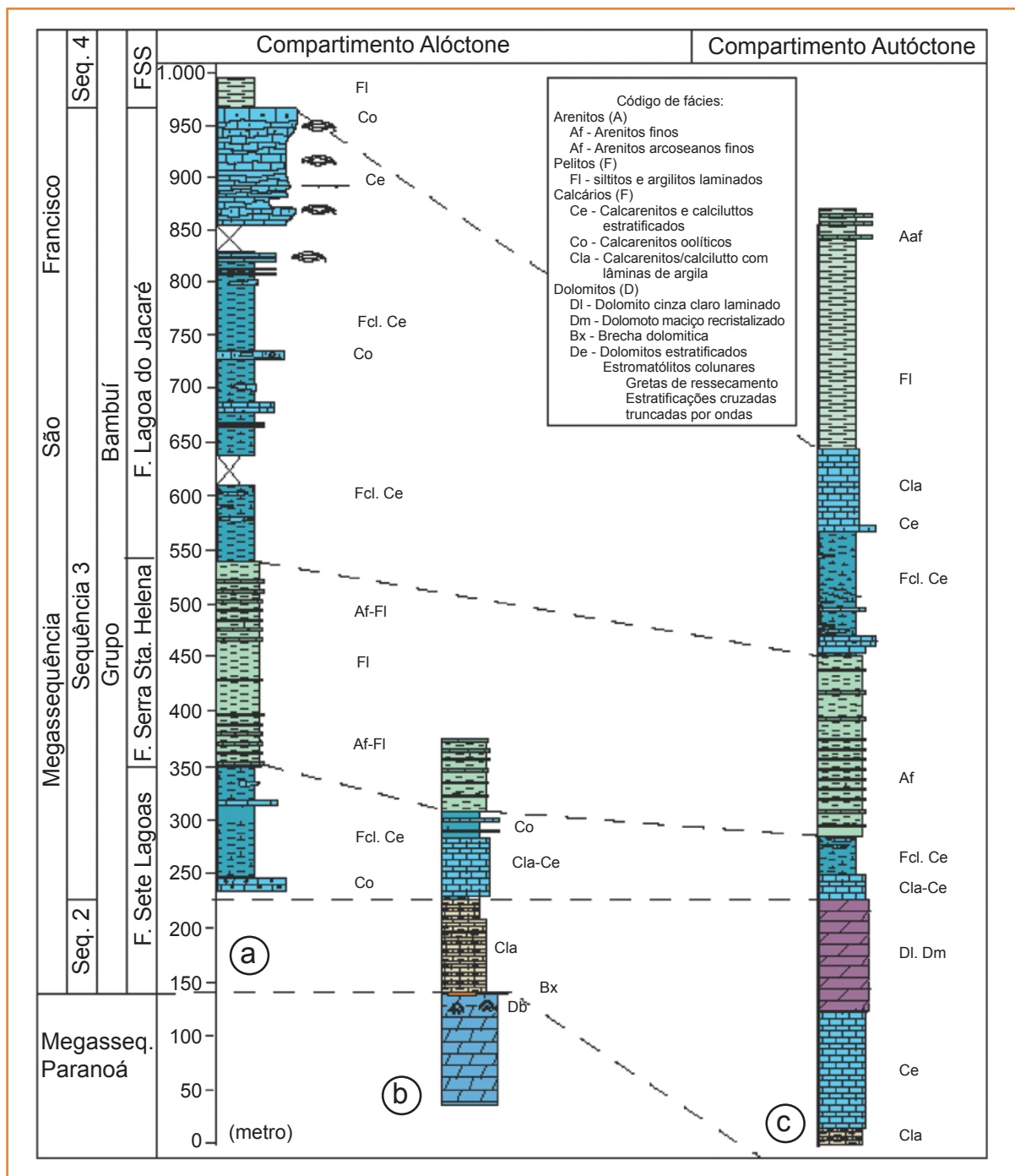
Dolomitos cinza-claro com pseudomorfos de aragonita variam poucos centímetros (máximo de 1,5m de espessura), recobrando as brechas sedimentares (Bx) na discordância (fig. 8b). O comprimento dos cristais de aragonita varia poucos milímetros (até 8cm; fig. 7). Na Região da Serra de São Domingos, estes dolomitos afloram apenas no compartimento alóctone, pois a base da Formação Sete Lagoas não é exposta no compartimento autóctone. Leques de pseudomorfos de aragonita têm sido encontrados em vários depósitos de carbonato pós-glaciais ao redor do mundo (Hoffman *et al.*, 1998; James *et al.*, 2001; Hoffman e Schrag, 2002; Alvarenga *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2007).

Calcarenitos e calcilitos (Cla) intercalados por lâminas de argila de cor arroxeada ocorrem com espessuras em torno de 80m (fig. 8b), enquanto no compartimento autóctone ela é parcialmente exposta devido ao falhamento (fig. 8c). Esta fácies é constante ao longo de toda a bacia de sedimentação, posicionando-se nos intervalos estratigráficos da base da Formação Sete Lagoas. As lâminas e as camadas de calcário mostram superfícies de retrabalhamento durante a sedimentação, indicando influência de ondas de tempestade periodicamente interrompidas com a deposição das argilas. No topo dessa sucessão de fácies, as intercalações argilosas tornam-se mais frequentes, indicando um afundamento da bacia.

Calcarenitos e calcilitos estratificados cinza-escuros a negros, com pouco mais de 100m de espessura, estão em contato basal gradativo com as fácies (Cla), que passam a ter lâminas de pelitos negros entre camadas de calcários cinza-escuros a negros. No topo dominam os calcários. Essa sucessão de calcários ocorre no compartimento autóctone estratigraficamente abaixo da sucessão de dolomitos, também identificada a norte da localidade deste estudo (Tonietto, 2010; Lima, 2011).

Dolomito cinza-claro a rosado, com espessura da ordem de 110m, inclui uma fácies de dolarenitos em lâminas e estratos (Dl), intercalada por estratos de dolomitos maciços (Dm). As laminações de Dl são irregulares e, por vezes, sugerem laminações microbianas. Dm ocorrem com espessuras de





**Figura 8**  
 Seções estratigráficas medidas dos compartimentos alóctones e autóctones. Localização das seções: a) seção ao longo do Rio São Domingos; b) seção na encosta leste da Serra de São Domingos e c) seção ao longo do Córrego Caldeira, compartimento alóctone. Estas seções estão localizadas na figura 1.

**Figure 8**  
 Measured stratigraphic section across the autochthonous and allochthonous compartments. Sections locations: a) cross section along the São Domingos River; b) cross section on the western slope of São Domingos Hill and c) cross section along the Caldeira Creek, autochthonous compartment. These sections location are illustrated in figure 1.

poucos centímetros até em bancos de mais de 2m, tornando-se mais frequentes em direção ao topo da sucessão desses dolomitos. Uma forte recristalização com a formação de *voids* e microcavidades marca principalmente os intervalos estratigráficos do topo desses dolomitos, finalizando com um processo de silicificação. Estes dolomitos ocorrem apenas no compartimento autóctone, sendo identificado em subsuperfície com espessura de aproximadamente 80m no poço 1-RC-1-GO, onde são descritas

estruturas paleocársticas (Tonietto, 2010) que também ocorrem nos afloramentos do topo dessa sucessão dolomítica em Januária, MG (100km a oeste da região da Serra de São Domingos; Dardenne, 1978).

### Seqüência 3 (formações Sete Lagoas Superior, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré)

A Formação Sete Lagoas Superior, com espessura entre 50-80m, ocorre em contato brusco com as

camadas subjacentes, sendo formada por calcários cinza escuros a negros e margas da mesma cor. Camadas de calcarenitos e calciruditos são encontradas intercaladas em sucessões de margas. No compartimento alóctone, esses calcários cinza-escuros a negros estão em contato brusco com os calcarenitos e calcilutitos cinza-claros a beges, intercaladas em lâminas de argilas da Sequência inferior (fig. 8b). No compartimento autóctone, os calcários e margas cinza-escuros a negros estão depositados sobre uma fina camada silicificada do topo dos dolomitos (fig. 8c). Esse contato abrupto, recobrimdo diferentes fácies da Sequência 2, coincide também com o aumento brusco dos valores de  $d^{13}C$ , determinado em outras porções da bacia de sedimentação (Martins, 1999; Santos *et al.*, 2000; 2004).

A Formação Serra de Santa Helena, inicialmente definida como uma unidade formada por pelitos finos e ardósias (Costa e Branco, 1961), é caracterizada nesta região por intercalações rítmicas de siltitos e arenitos arcoseanos finos, com ocasionais estruturas *hummocky*. As espessuras medidas somam um total de 175m para a sucessão nos afloramentos dos dois lados da FSD. São comuns quantidades significativas de micas brancas de até 5mm nos planos de estratificação e estruturas *ball-and-pillow*. No presente trabalho, esta formação é considerada uma sucessão de rochas siliciclásticas, sendo excluídos desta formação os pelitos com lentes carbonáticas que ocorrem acima (Formação Lagoa do Jacaré) e abaixo (Formação Sete Lagoas) (fig. 8).

A Formação Lagoa do Jacaré inicia-se pelo desaparecimento das delgadas camadas de arenitos finos da Formação Serra de Santa Helena passando a siltitos, margas com raras intercalações de calcário cinza-escuros, que são as rochas dominantes dessa formação. Uma espessura de 430m foi medida ao longo das contínuas exposições que ocorrem ao longo do Rio São Domingos no compartimento alóctone (fig. 8a). Por outro lado, essa formação está restrita a uma espessura de 200m no compartimento autóctone (fig. 8c). Um membro inferior com espessura variando entre 100m e 300m (fig. 8a e 8c) inclui o domínio de siltitos e siltitos calcíferos, onde se observa com frequência a intercalação de lentes de 1-5cm de calcário, além de ocasionais bancos de calcarenitos de até 4m (fig. 8a). Um membro superior entre 75-100m de espessura de calcários caracteriza-se pela intercalação de fácies de calcarenito laminado, calcários (calcarenitos e calcilutitos) intercalados com finas lâminas de argila preta, brechas carbonáticas e bancos maciços de calcarenitos e calciruditos (fig. 9). Frequentemente, os calcarenitos laminados mostram estratificações cruzadas indicativas de uma influência de tempestades. Em contrapartida, períodos de exposição parcial de algumas camadas são evidenciados pela presença de gretas de ressecamento preenchidas por calcarenitos, sugerindo um ambiente de planície de maré (intermaré). Bancos de calcarenitos, calciruditos e de brechas com fragmentos de calcários intraformacionais indicam momentos de alta energia associados a tempestades. Trata-se de um ambiente em que os efeitos de tempestades atingem de forma significativa a planície de maré.

Figura 9

Contato brusco entre a fácies de calcarenito/calcirudito maciço (Cm) da Formação Lagoa do Jacaré e os siltitos laminados da Formação Serra da Saudade. Calcarenitos e calcilutitos laminados (Cl) estão na parte inferior à esquerda da figura. Rio São Domingos na divisa entre Minas Gerais e Goiás.

Figure 9

Sharp contact between the calcarenite and calcirudite massive facies (Cm) and the laminated fine sediments of the Serra da Saudade Formation. Laminated calcarenite and calcilutite (Cl) are at the bottom left of the photo. São Domingos River on the border between Minas Gerais and Goiás.



## Sequência 4 (formações Serra da Saudade e Três Marias)

Esta sequência é marcada pelo desaparecimento abrupto das fácies carbonáticas (calcarenitos e calciruditos) e o surgimento de fácies síltico-argilosas de baixa energia da Formação Serra da Saudade (fig. 9), registrada como resultado de uma rápida e significativa subida relativa do nível do mar. Lâminas irregulares de calcário microcristalino cinza-claro podem ser encontradas de forma ocasional, sendo interpretadas como de origem diagenética. A porção superior desta unidade apresenta camadas centimétricas de arenito muito fino com laminações cruzadas, indicando a passagem de uma sedimentação predominantemente de águas profundas para o início da influência ocasional de ondas de tempestade. O aparecimento de bancos métricos de arenitos arcoseanos finos marca a passagem para a Formação Três Marias, que é exposta no compartimento alóctone com espessuras inferiores a 400m, cortadas pela superfície de aplainamento presente na cota em torno de 1.000m. No compartimento autóctone, encontra-se preservada a maior espessura aflorante dessa sequência em toda a BSF, sendo medidos aproximadamente 1.100m para esta sequência (fig. 3).

Esta sequência foi preliminarmente interpretada como parte distal de uma sequência progradante de terrígenos marinhos em uma plataforma dominada por tempestades, finalizada por depósitos flúvio-deltaicos da Formação Três Marias (Chiavegatto, 1992; Martins, 1999; Martins e Lemos, 2007).

## quimioestratigrafia

Nas sucessões compostas por rochas carbonáticas foram coletadas amostras ao longo de duas seções estratigráficas e foram feitas determinações de isótopos de C, O e Sr. Uma seção no compartimento alóctone inclui uma amostragem de 3m em 3m (ao longo de 300m de espessura) para avaliar e comparar os resultados isotópicos entre os carbonatos da Megassequência Paranoá e os da Megassequência São Francisco. A segunda seção inclui uma amostragem nos afloramentos da Megassequência São Francisco aflorante no compartimento autóctone (fig. 8c).

Isótopos de Carbono e Oxigênio foram obtidos após reação da amostra com 100%  $H_3PO_4$  a 25°C

por 12 horas para calcita e três dias para dolomita. O  $CO_2$  liberado foi analisado por um espectrômetro de massa Delta V Advantage, conectado a um Gás Bench II do Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília. Todas as razões isotópicas apresentadas são relativas ao padrão PDB, com precisão de 0,08ppm para  $d^{18}O$  e de 0,06ppm para  $d^{13}C$ .

As análises  $^{87}Sr/^{86}Sr$  foram obtidas a partir de 50mg de pó de carbonato pesados em *beakers* de teflon e diluídos em ácido acético para dissolver apenas as frações de carbonato, evitando a inclusão de  $^{87}Sr$  e Rb dos constituintes não carbonáticos da amostra. As determinações foram obtidas no espectrômetro de massa de ionização termal Finnigan MAT 262 do Laboratório de Geocronologia do IG-UnB.

A composição química das amostras foi usada para avaliar os efeitos dos processos diagenéticos, considerando as razões Mn/Sr e a quantidade de Sr preservada. Identificar o quanto as rochas foram afetadas por modificações pós deposicionais é de fundamental importância para a interpretação dos dados isotópicos obtidos.

## isótopos de carbono

Na Megassequência Paranoá, os resultados de  $d^{13}C$  para os carbonatos (SE-5) na sua parte superior possuem valores que iniciam em +0,6ppm, aumentando gradualmente para valores de até +3,5ppm (fig. 10). Os dados de isótopos de C encontrados para os carbonatos do Grupo Paranoá estão dentro dos valores encontrados para outras localidades (Santos *et al.*, 2000; 2004; Alvarenga *et al.*, 2007).

Na Sequência 2 (Formação Sete Lagoas inferior), os resultados de  $d^{13}C$  apresentam valores negativos de  $d^{13}C$  da ordem de -2,2ppm, que aumentam gradualmente para valores de até +4ppm no compartimento alóctone (fig. 10). No compartimento autóctone, a Sequência 2 mostra valores ligeiramente negativos (-0,9ppm) de  $d^{13}C$  que crescem gradualmente ao longo da estratigrafia, até atingir valores de +5,8ppm nos dolomitos maciços fortemente recristalizados do topo da sequência (Santana, 2011) (fig. 11).

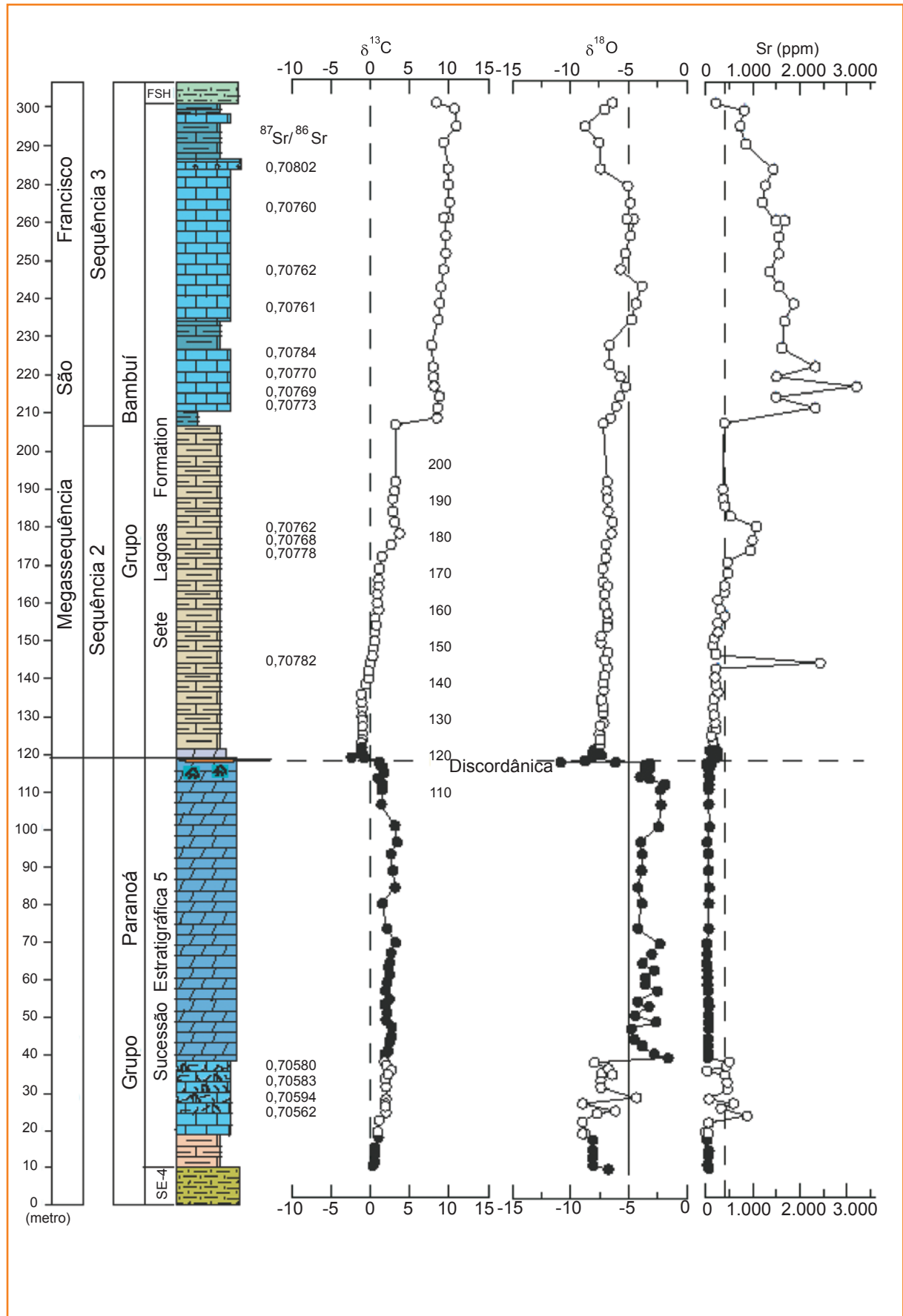
Na Sequência 3 (Formação Sete Lagoas superior e Lagoa do Jacaré), os resultados  $d^{13}C$  incluem valores que variam entre +8,0ppm e +14,5ppm. A base desta sequência mostra um contato isotópico brusco com a sequência subjacente (fig. 10). Na seção obtida no compartimento alóctone, os valores saltam de +3,5ppm no topo da Sequência 2 para +8,6ppm na base da Sequência 2. No compartimento autóctone o

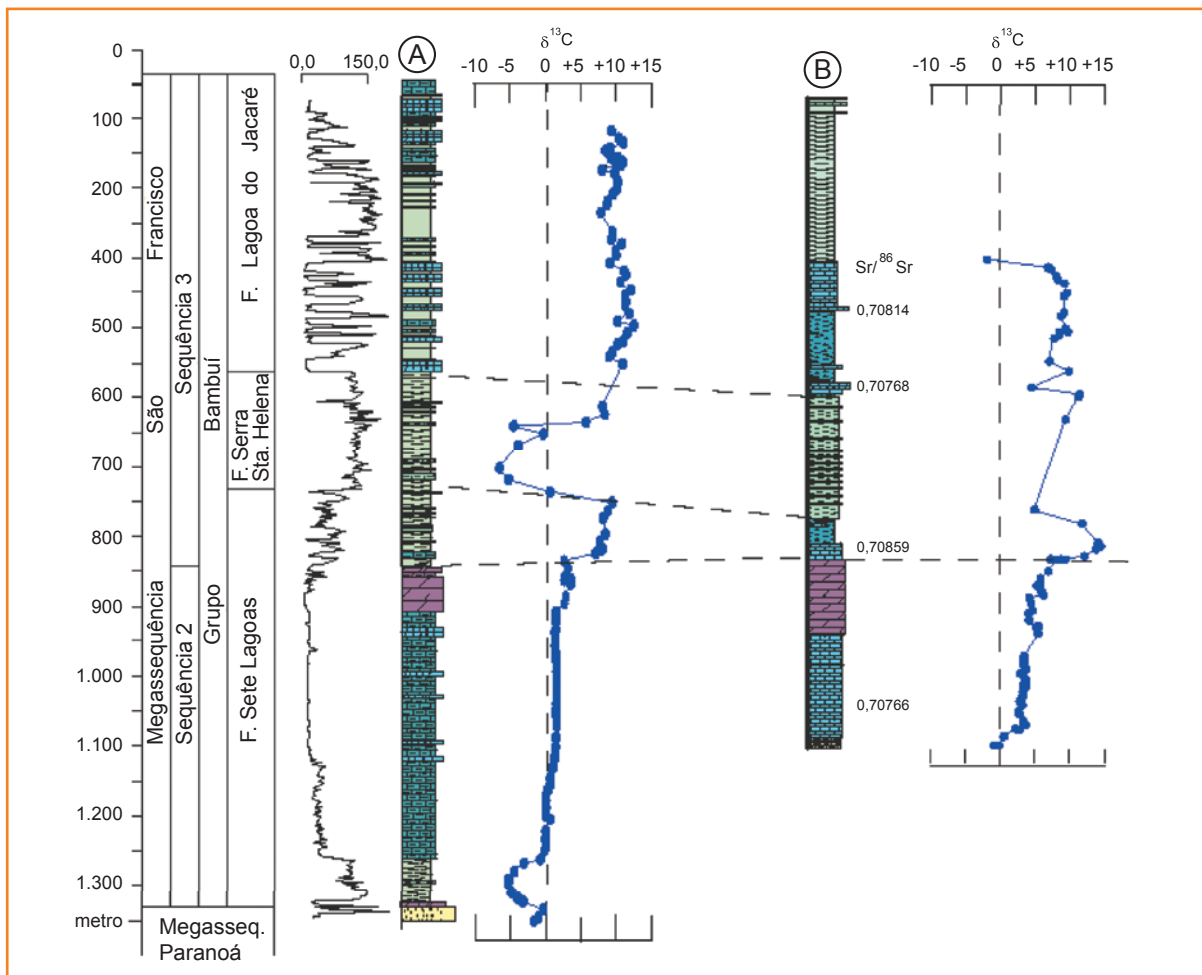
Figura 10

Seção estratigráfica medida do compartimento alóctone com as variações de  $\delta^{13}C_{PDB}$ ,  $\delta^{18}O_{PDB}$ ,  $^{87}Sr/^{86}Sr$  e os valores totais de Sr (ppm). Seção localizada em B na figura 1.

Figure 10

Measured stratigraphic section across the allochthonous compartment and variations of  $\delta^{13}C_{PDB}$ ,  $\delta^{18}O_{PDB}$ ,  $^{87}Sr/^{86}Sr$  and the total values of Sr (ppm). This section location is illustrated in figure 1.





**Figura 11**  
Seções estratigráficas medidas do compartimento autóctone e as variações de  $d^{13}C_{PDB}$  e  $^{87}Sr/^{86}Sr$ . a) Poço Rio Corrente (1-RC-1-GO), ver localização na figura 1 (dados de  $d^{13}C$ , Raio Gama e estratigrafia adaptado de (Chang, 1997; Tonietto, 2010) e b) Ribeirão Caldeira, ver localização em B na figura 1 (dados de  $d^{13}C$  e estratigrafia modificados de (Alvarenga, 1978; Santana, 2011).

**Figure 11**  
Measured stratigraphic section across the autochthonous compartment and variations of  $d^{13}C_{PDB}$  and  $^{87}Sr/^{86}Sr$ . a) Rio Corrente well (1-RC-1-GO), location in figure 1 ( $d^{13}C$ , Gamma Ray and stratigraphy data from (Chang, 1997; Tonietto, 2010) and b) Caldeira Creek located in place B figure 1. ( $d^{13}C$  and stratigraphy data modified from (Alvarenga, 1978; Santana, 2011).

intervalo é menor, mais isotopicamente significativo, passando de +6,8ppm nos dolomitos maciços do topo da Sequência 2 para +9,4ppm nos calcários cinza-escuros da Formação Sete Lagoas na base da Sequência 3 (Santana, 2011). Na Formação Serra de Santa Helena, lentes carbonáticas centimétricas em meio ao domínio siliciclástico mostraram valores negativos de  $d^{13}C$  (fig. 11). A mesma situação foi encontrada em uma amostra da base da Formação Serra da Saudade (fig. 11b). Essas lentes centimétricas têm sido interpretadas como resultado da precipitação de fluidos diagenéticos, o que é reforçado pelos baixos valores de  $d^{13}C$ . As camadas de calcários descritas para a Formação Lagoa do Jacaré mostram sempre valores elevados de  $d^{13}C$  (fig. 11).

## isótopos de estrôncio

A razão  $^{87}Sr/^{86}Sr$  foi obtida para os carbonatos das megassequências Paranoá e São Francisco. As determinações obtidas foram selecionadas para

evitar resultados que não representassem os dados primários. Portanto, um dos critérios básicos foi considerar apenas os calcários que apresentassem concentrações mínimas de Sr superior a 400ppm. Dolomitos foram excluídos dessas determinações por apresentarem baixa concentração de Sr (< 100ppm), devido a dolomitização da rocha e a geração de Sr radiogênico.

Calcários cinza-escuros, alguns com estruturas tipo Molar Tooth (MT) da Sucessão 5 da Megassequência Paranoá, incluem valores de  $^{87}Sr/^{86}Sr$  entre 0,70562 e 0,70594. Estes valores estão em calcários com estruturas MT, em uma curva de  $^{87}Sr/^{86}Sr$  ao longo do Proterozoico (dentro do intervalo Mesoproterozoico até o início do Neoproterozoico) (James *et al.*, 1998; Shields, 2002).

Os calcários do Grupo Bambuí mostram todos os valores de  $^{87}Sr/^{86}Sr$  acima de 0,70760, evidenciando uma nítida diferença em relação às razões encontradas nos carbonatos do Grupo Paranoá (figs. 10 e 11).

A grande diferença entre os valores de  $^{87}Sr/^{86}Sr$  do Grupo Paranoá e os do Grupo Bambuí pode ser usada com segurança na separação dos carbonatos desses dois grupos.

## considerações finais

A Bacia do São Francisco foi subdividida em três megassequências de idades entre 1,77 Ga e 0,56 Ga, enquanto a sua individualização em sequências foi proposta apenas para as rochas neoproterozoicas. Uma subdivisão estratigráfica para a Megassequência Paranoá tem sido informalmente estabelecida em diferentes localidades, faltando ainda dados para uma correlação estratigráfica precisa entre essas diferentes áreas de ocorrência.

Não há consenso entre autores com relação à estratigrafia no limite entre as megassequências Paranoá e São Francisco, sendo este o ponto de discussão que se segue.

O Grupo Macaúbas foi definido na Faixa Araçuá a leste do Cráton do São Francisco (CSF) e inclui uma espessa sucessão de rochas depositadas sob a influência glacial de idade neoproterozoica (Uhlein *et al.*, 1999; Pedrosa Soares *et al.*, 2011). Na margem ocidental do CSF, os depósitos neoproterozoicos de origem glaciogênicas são predominantemente os diamictitos da Formação Jequitáí, com espessuras aflorantes variando de poucos metros até 180m em Cristalina (Cukrov *et al.*, 2005). A seção tipo da Formação Jequitáí incluiu aproximadamente 80m de diamictitos glaciogênicos acima dos depósitos siliciclásticos arenosos descritos como do topo do Grupo Espinhaço (Isotta *et al.*, 1969; Uhlein *et al.*, 1999; Cukrov *et al.*, 2005). O Grupo Paranoá, de idade Mesoneoproterozoica (Pimentel *et al.*, 2011; Matteini *et al.*, 2012), foi definido na margem ocidental do CSF e caracterizado por depósitos predominantemente siliciclásticos, influenciados por maré e tempestades e limitados no topo por uma discordância que precede os depósitos glaciogênicos da Formação Jequitáí. Descrições ao longo dos mais de 1.500m da sucessão de rochas do Grupo Paranoá não mostram nenhuma influência glacial na sua sedimentação, evidenciando que a sequência influenciada pela glaciação recobre em discordância esses depósitos. Neste trabalho, consideramos que o Grupo Macaúbas é um equivalente temporal dos diamictitos da Formação Jequitáí e pertencem a uma sequência mais nova que o Grupo Paranoá. Dados de U-Pb em zircões detríticos na seção tipo do Grupo Paranoá mostram idades em torno de 1,5 Ga na população de zircão de menor idade (Pimentel *et al.*, 2011; Matteini *et al.*, 2011), enquanto nas rochas do

Grupo Macaúbas uma significativa população dos zircões mais jovens é encontrada em torno de 900 Ma (Pimentel *et al.*, 2011).

No limite entre as megassequências Paranoá e São Francisco, processos erosivos foram responsáveis pela perda de espessas sucessões estratigráficas, o que dificulta a interpretação estratigráfica desse intervalo. Os depósitos glaciais da Formação Jequitáí não ocorrem nessa região, sugerindo erosão ou não deposição dessas rochas. Na Região da Serra de São Domingos, uma espessa sucessão de arcóseos e conglomerados foram identificados e preservados em uma paleodepressão, limitada na base e no topo por discordâncias e mostrando a existência de uma nova Sequência Arcoseana no topo do Grupo Paranoá. Essa sequência está pouco preservada ao longo da maior parte da Serra de São Domingos, devido a processos erosivos relacionados ao evento glacial, o que denota a existência de superposições de processos erosivos com significativas perdas de seção com o registro da última discordância.

Os isótopos de Carbono têm se mostrado uma importante ferramenta na identificação de sequências estratigráficas neoproterozoicas. A curva dos valores de  $d^{13}C$  para a Sequência 1 no intervalo inferior da Formação Sete Lagoas mostra valores crescentes para o topo, que iniciam desde dados negativos e alcançam +6,0ppm no topo. O limite entre as sequências 2 e 3 da Megassequência São Francisco é marcado por feições sugestivas de palocarstes nos dolomitos maciços existentes apenas no compartimento autóctone, evidenciando um soerguimento e uma restrição da bacia, reflexo dos estágios iniciais da formação de arcos magmáticos no extremo ocidental. O início da Sequência 3 coincide com o aparecimento dos altos valores de  $d^{13}C$  (sempre superiores a +8ppm), contrastando com os valores da Sequência 2. Isótopos de Carbono em carbonatos do Grupo Paranoá têm mostrado valores relativamente constantes entre +0,6ppm e +3,5ppm, diferentemente do Grupo Bambuí. As razões díspares de  $^{87}Sr/^{86}Sr$  entre camadas de calcários das megassequências Paranoá (~ 0,70590) e São Francisco (~ 0,70760) podem ser usadas com segurança para separar essas duas sequências de carbonatos. O fato da dolomita não poder ser usada para interpretar as condições primárias de  $^{87}Sr/^{86}Sr$ , restringe o amplo uso da metodologia para o Grupo Paranoá, que possui carbonatos predominantemente dolomíticos.

## agradecimentos

Nossos agradecimentos à Rede de Estudos em Sedimentologia e Estratigrafia na pessoa de Viviane Sampaio Santiago dos Santos pelo apoio e o incentivo à realização deste artigo. Aos revisores pelas sugestões ao manuscrito.

## referências bibliográficas

- ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. A. Bacia intracratônica do São Francisco arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: PINTO, C.; MARTINS, M. A. (Ed). **Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais**. Belo Horizonte: SBG, 2001. p. 9-30.
- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in southern São Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 29-58, June 1998.
- ALVARENGA, C. J. S. **Geologia e prospecção geoquímica dos grupos Bambuí e Paranoá na Serra de São Domingos, MG**. 1978. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 1978.
- ALVARENGA, C. J. S.; DARDENNE, M. A. Geologia dos grupos Bambuí e Paranoá, na Serra de São Domingos, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978. v. 2, p. 546-556.
- ALVARENGA, C. J. S.; DELLA GIUSTINA, M. E. S.; SILVA, N. G. C.; SANTOS, R. V.; GIOIA, S. M. C. L.; GUIMARÃES, E. M.; DARDENNE, M. A.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V. P. Variações dos isótopos de C e Sr em carbonato pré e pós-glaciação Jequitaiá (Esturtiano) na região de Bezerra-Formosa, Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 147-155, dez. 2007. Suplemento.
- ALVARENGA, C. J. S.; DARDENNE, M. A.; SANTOS, R. V.; BROD, E. R.; GIOIA, S. M. C. L.; SIAL, A. N.; DANTAS, E. L.; FERREIRA, V. P. Isotope stratigraphy of Neoproterozoic cap carbonates in the Araras Group, Brazil. **Gondwana Research**, Amsterdam, v. 13, n. 4, p. 469-479, July 2008.
- BRAUN, O. P. G.; MELLO, U.; DELLA PIAZZA, H. Bacias proterozoicas brasileiras com perspectivas exploratórias para hidrocarbonetos. In: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (Ed.) **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobras, 1990. p. 115-132.
- CHANG, H. K. **Isótopos estáveis (C, H,O) e <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr: implicações na Estratigrafia e na Paleo-circulação de fluidos na Bacia do São Francisco**. 1997. 129 f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.
- CHIAVEGATTO, J. R. S. **Análise estratigráfica das sequências tempestíticas da Formação Três Marias (Proterozoico Superior), na porção meridional da Bacia do São Francisco**. 1992. 216 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1992.
- COELHO, J. C. C.; MARTINS-NETO, M. A.; MARINHO, M. S. Estilos estruturais e evolução tectônica da porção mineira da bacia proterozoica do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 149-165, jun. 2008. Suplemento.
- COSTA, M. T.; BRANCO, J. J. R. **Roteiro da Excursão Belo Horizonte-Brasília**. Belo Horizonte: Instituto de Pesquisas Radioativas. Escola de Engenharia da UFMG, 1961. 25 p. (Publicação, n. 15).
- CUKROV, N.; ALVARENGA, C. J. S.; UHLEIN, A. Litofácies da glaciação neoproterozoica nas porções sul do Cráton do São Francisco: exemplos de Jequitaiá, MG e Cristalina, GO. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 69-76, Mar. 2005.
- DARDENNE, M. A. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geociências, 1978. v. 2, p. 597-610.
- DARDENNE, M. A. The Brasília fold belt. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Ed). **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31<sup>st</sup> International Geological Congress, 2000, p. 231-263.
- DOMINGUEZ, J. M. Estratigrafia de sequências aplicada a terrenos pré-cambrianos: exemplos para o

Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 422-436, 1992.

FARIA, A. **Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João da Aliança-Alto Paraíso de Goiás**. 1995. 199 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 1995.

GUIMARÃES, E. M. **Estudos de proveniência e diagênese, com ênfase na caracterização de filossilicatos dos grupos Paranoá e Bambuí, na região de Bezerra-Cabeceiras, GO**. 1997. 270 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

HERCOS, C. M.; MARTINS-NETO, M. A.; DANDERFER FILHO, A. Arcabouço estrutural da Bacia do São Francisco nos arredores da Serra da Água Fria (MG), a partir da integração de dados de superfície e subsuperfície. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 32, p. 197-212, jun. 2008. Suplemento.

HOFFMAN, P. F.; KAUFMAN, A. J.; HALVERSON, G. P.; SCHRAG, D. P. A Neoproterozoic snowball Earth. **Science**, New York, v. 281, n. 5381, p. 1342-1346, Aug. 1998.

HOFFMAN, P. F.; SCHRAG, D. P. The Snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. **Terra Nova**, Oxford, v. 14, n. 3, p. 129-155, Mar. 2002.

ISOTTA, C. A. L.; ROCHA CAMPOS, A. C.; YOSHIDA, R. Striated pavement of the Upper Precambrian glaciations in Brazil. **Nature**, London, v. 222, n. 5192, p. 466-468, May 1969.

JAMES, N. P.; NARBONNE, G. M.; KYSER, T. K. Late Neoproterozoic cap carbonate: Mackenzie Mountains, northwestern Canadá: precipitation and global melt-down. **Canadian Journal Earth Science**, Canadá, v. 38, n. 8, p. 1229-1262, Aug. 2001.

JAMES, N. P.; NARBONNE, G. M.; SHERMAN, A. G. Molar-tooth carbonates: shallow subtida fácies of the Mid-to Late Proterozoic. **Journal of Sedimentary Research**, Colorado, v. 68, n. 5, p. 716-722, Sept. 1998.

LIMA, O. N. B. **Estratigrafia isotópica e evolução sedimentar do Grupo Bambuí na borda ocidental**

**do Cráton do São Francisco**: implicação tectônica e paleo-ambiental. 2011. 114 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MARTINS NETO, M. A.; ALKMIM, F. F. Estratigrafia e evolução tectônica das bacias neoproterozoicas do paleocontinente São Francisco e suas margens: registro de quebra de Rodínia e colagem do Gondwana. In: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Ed). **Bacia do São Francisco**: geologia e recursos naturais. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia-Núcleo Minas Gerais, 2001. p. 31-54.

MARTINS, M. **Análise estratigráfica das sequências mesoproterozoicas (borda oeste) e neoproterozoicas da Bacia do São Francisco**. 1999. 214 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

MARTINS, M.; LEMOS, V. B. Análise estratigráfica das seqüências neoproterozoicas da Bacia do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 156-167, dez. 2007. Suplemento.

MATTEINI, M.; DANTAS, E. L.; PIMENTEL, M. M.; ALVARENGA, C. J. S.; DARDENNE, M. A. U-Pb and Hf isotope study on detrital zircons from the Paranoá Group, Brasília Belt, Brazil: constraints on depositional age at Mesoproterozoic-Neoproterozoic transition and tectono-magmatic events in the San Francisco craton. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 206-207, p. 168-181, June 2012.

MISI, A.; KAUFMAN, A. J.; VEIZER, J.; POWIS, K.; AZMY, K.; BOGGIANI, P. C.; GAUCHER, C.; TEIXEIRA, J. B. G.; SANCHES, A. L.; IYER, S. S. S. Chemostratigraphy correlation of Neoproterozoic successions in South America. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 237, n. 1-2, p. 143-167, Feb. 2007.

MISI, A.; VEIZER, J. Neoproterozoic carbonate sequence of the Una Group, Irecê Basin, Brazil: chemostratigraphy, age and correlation. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 89, n. 1-2, p. 87-100, May 1998.

PEDROSA-SOARES, A. C.; BABINSKI, M.; NOCE, C.; MARTINS, M.; QUEIROGA, C.; VILELA, F. The Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí Orogen, SE, Brazil. **Geological Society Memoirs**, London, v. 36, p. 523-534, 2011.



PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. **Geology**, New York, v. 20, n. 4, p. 375-379, Apr. 1992.

PIMENTEL, M. M.; RODRIGUES, J. B.; DELLA GIUSTINA, M. E. S.; JUNGES, S.; MATTEINI, M.; ARMSTRONG, R. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS U-Pb sedimentary provenance data: A review. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 31, n. 4, p. 345-357, Apr. 2011.

RODRIGUES, J. B.; PIMENTEL, M. M.; BUHN, B.; MATTEINI, M.; DARDENNE, M. A.; ALVARENGA, C. J. S.; ARMSTRONG, R. A. Provenance of the Vazante Group: New U-Pb, SM-Nd, Lu-Hf isotopic data and implications for the tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt. **Gondwana Research**, Amsterdam, v. 21, n. 2-3, p. 439-450, Mar. 2012.

SANTANA, R. O. **Estratigrafia, geoquímica e isótopos de C, O e Sr do Grupo Bambuí a leste da Falha de São Domingos**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SANTOS, R. V.; ALVARENGA, C. J. S.; BABINSKI, M.; RAMOS, M. L.; CUKROV, N.; FONSECA, M. A.; SIAL, A. N.; DARDENNE, M. A. Carbon isotopes of Mesoproterozoic-Neoproterozoic sequences from Southern São Francisco craton and Araçuaí Belt, Brazil: paleographic implications. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 27-39, Dez. 2004.

SANTOS, R. V.; ALVARENGA, C. J. S.; DARDENNE, M. A.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V. P. Carbon and oxygen

isotope profiles across Meso-Neoproterozoic limestones from central Brazil: Bambuí and Paranoá groups. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 104, n. 3-4, p. 107-122, Nov. 2000.

SHIELDS, G. A. Molar-tooth microspar: a chemical explanation for its disappearance ~ 750 Ma. **Terra Nova**, Oxford, v. 14, n. 2, p. 108-113, Apr. 2002.

THOMAZ FILHO A.; KAWASHITA K.; CORDANI U. G. A origem do grupo Bambuí no contexto da evolução geotectônica e de idades radiométricas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 70, n. 3, p. 527-548, 1998.

TONIETTO, S. N. **Diagênese e hidrotermalismo em rochas carbonáticas proterozoicas: Grupos Bambuí e Vazante, Bacia do São Francisco**. 2010. 167 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.; ALVARENGA, C. J. S. Neoproterozoic glacial and gravitational sedimentation on a continental rifted margin: the Jequitai-Macaúbas sequence (Minas Gerais, Brazil). **Journal of South American Earth Science**, Amsterdam, v. 12, n. 5, p. 435-451, Sept. 1999.

VIEIRA, L. C.; ALMEIDA, R. P.; TRINDADE, R. I. F.; NOGUEIRA, A. C. R.; JANIKIAN, L. A Formação Sete Lagoas em sua área-tipo: fácies, estratigrafia e sistemas deposicionais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 168-181, dez. 2007. Suplemento.

ZALÁN, P. V.; ROMEIRO-SILVA, P. C. Bacia do São Francisco. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 561-571, maio/nov. 2007.

## expanded abstract

The western edge of the São Francisco Basin consists of a succession of siliciclastic and carbonate rocks deposited between 1.77 Ga and 0.56 Ga. During the Neoproterozoic Brasiliano Orogeny three main tectonic segmentations were individualized: one unfolded compartment (autochthonous), one compartment in which only the surface layers (~ 2km) are folded and faulted and one compartment further west where even the basement is involved in deformation. The São Domingos Fault is a detachment surface with vergence to the east that exposed more than 2.000m of rock of the Paranoá and San Francisco megasequences, which will be subject to a stratigraphic and chemostratigraphic analysis.

Outcrops of the megasequence Paranoá (>1.000m) begins with metric layers of microbial carbonates followed by a succession of siliciclastic rocks deposited in intermediate to distal platform environment, gradually becoming shallower to the top, where storms and tides were active. The upper part of this siliciclastic succession has ~ 100m carbonate deposits. A thick sequence of arkoses is preserved in an erosive paleo-depression above this carbonate, allowing the individualization of a new stratigraphic sequence on the top of Paranoá Group.

The São Francisco megasequence exposed by the São Domingos Fault, located between parallels 15° and 16°, includes a succession with all lithostratigraphic formations of the Bambuí Group, where it is possible to identify three of the four stratigraphic sequences present in this megasequence. The diamictites of the first sequence were not recorded in this region, so the São Francisco megasequence starts with layers of dolomite with aragonite pseudomorphs fans of the Sequence 2, which were deposited directly overlying the sedimentary breccia that marks the unconformity surface between the two megasequences.

A significant difference in thickness and sedimentary facies is present in the Sequence 2. In the compartment located at east of the fault, 230m of this sequence were measured, contrasting with the 90m thick in the western block. Comparison of the stratigraphic succession of the Sequence 2 in both sides of the fault, it shows similarities only in the basal interval formed by calcarenites and calcilutites intercalated with layers of purple and green clay. In the western compartment

this facies succession is in contact with the Sequence 3, and there is no evidence of erosion between them. In the eastern compartment, two more facies successions occur over the basal interval: intercalations of dark gray calcilutites and calcarenites followed by a succession of light gray to pink laminated and massive dolomite, with strong recrystallization including micro voids and cavities. These features are interpreted as a response to a drop in sea level, and together with paleocast features found in the other parts of the basin, suggest an exposure of carbonates. In the stratigraphic Sequence 3, the sedimentary facies can be correlated among the different tectonic compartments, also including the Rio Corrente (1-RC-1-GO) well data.

In the boundary between the megasequences Paranoá and São Francisco, erosion was responsible for the loss of a thick stratigraphic succession, fact that complicates the stratigraphic interpretation. The glacial deposits of Jequitaí Formation do not occur in this region, suggesting erosion or no deposition of these rocks. In the studied area, a thick succession of arkoses and conglomerates was identified, preserved in a paleo-depression, limited at the base and top by an unconformity, and showing the existence of a new arkose sequence, in the upper Paranoá Group. This sequence is poorly preserved along the Serra de São Domingos, due to erosion processes related to the glacial event. Thus, there is a superposition of erosional processes with significant section loss, which records only the last unconformity.

Isotopic evidences indicate two carbonate successions: one for the Paranoá Megasequence and other for the São Francisco Megasequence. In the carbonates of the Paranoá Group the  $d^{13}C$  values are positive, ranging between +0.6ppm and +2.9ppm. In São Francisco Megasequence the  $d^{13}C$  value of the Sequence 2 begins at -2.2ppm, and rise upward reaching +5.8ppm in the upper dolomite. The  $d^{13}C$  data mark a sudden increase in the lower Sequence 3 ranging between +8ppm and +14ppm. The  $^{87}Sr/^{86}Sr$  ratio for limestones of Paranoá Megasequence is 0.70562-0.70594, while the ratio for the São Francisco Megasequence is 0.7076-0.7080. These limestones have  $Sr > 400ppm$  and  $Mn/Sr < 0.3$ , thus they reflect  $^{87}Sr/^{86}Sr$  of coeval sea water. The Carbon and Strontium isotopes are shown as an important tool to limit stratigraphic sequence in proterozoic carbonate successions in the São Francisco Basin.

## autores



**Carlos José Souza de Alvarenga**  
Universidade de Brasília (UnB)  
Instituto de Geociências

alva1@unb.br

**Carlos José Souza de Alvarenga** possui graduação e mestrado em Geologia, ambos pela Universidade de Brasília (UnB) em 1975 e 1978, respectivamente. Doutorado em Geologia pela Université d'Aix-Marseille, França, em 1990. É professor do Instituto de Geociências da UnB, com atuação em Estratigrafia, Sedimentologia, Tectônica e Geologia de Campo. Suas pesquisas estão focadas no estudo de bacias sedimentares proterozoicas e paleozoicas brasileiras, com várias publicações abordando estudos estratigráficos e quimioestratigráficos incluindo especial atenção às glaciações e suas implicações ambientais, químicas, biológicas e tectônicas.



**Lucieth Cruz Vieira**  
Universidade de Brasília (UnB)  
Instituto de Geociências

lucieth@unb.br

**Lucieth Cruz Vieira** possui graduação em Geologia e mestrado em Geociências, ambos pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) em 1998 e 2002, respectivamente. Doutorado em Geofísica pela Universidade de São Paulo (USP) em 2007. É professora do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB). Desenvolve pesquisa na área de Geociências, atuando principalmente em Sedimentologia, Estratigrafia, Geoquímica, isótopos estáveis e paleomagnetismo.



**Marcel Auguste Dardenne**  
*in memoriam*

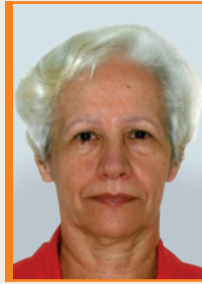
**Marcel Auguste Dardenne** possui graduação em Geologia, mestrado e doutorado em Sciences de La Terre e pós-doutorado, ambos pela Université Pierre et Marie Curie, nos anos de 1964, 1967, 1979 e 1983, respectivamente. Atuou como professor e pesquisador do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB), de 1967 a 2011. Suas pesquisas tiveram ênfase em Geologia Básica e Metalogenia em exemplos brasileiros sobre bacias proterozoicas, rochas carbonáticas, mineralizações de fluorite, Pb, Zn e fosfato.



**Caroline Thaís Martinho**  
Universidade de Brasília (UnB)  
Instituto de Geociências

carolinethais@unb.br

**Caroline Thaís Martinho** possui graduação em Geologia, mestrado em Ciências (Geologia Sedimentar), ambos pela Universidade de São Paulo (USP) nos anos de 2002 e 2004, respectivamente. Doutorado em Ciências na área de Geologia Costeira e Marinha pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2008, com doutorado sanduíche pela Louisiana State University (LSU). É professora no Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia Sedimentar, atuando principalmente nos seguintes temas: campo de dunas, depósitos sedimentares do quaternário, estratigrafia de sequências e fácies sedimentares.



**Edi Mendes Guimarães**  
Universidade de Brasília (UnB)  
Instituto de Geociências

[rxedi@unb.br](mailto:rxedi@unb.br)

**Edi Mendes Guimarães** possui graduação, mestrado e doutorado em Geologia, ambos pela Universidade de Brasília (UnB) em 1973, 1978 e 1997, respectivamente. É professora da UnB. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sedimentologia, atuando principalmente nos seguintes temas: difratometria de raios X, ambientes de sedimentação, Grupo Paranoá, microsonda eletrônica e argilominerais.



**Rafael Oliveira Santana**  
Universidade de Brasília (UnB)  
Instituto de Geociências  
Programa de Pós-Graduação em Geologia

[rosantana.geo@gmail.com](mailto:rosantana.geo@gmail.com)

**Rafael Oliveira Santana** possui graduação em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) em 2009, mestrado em Geologia pela Universidade de Brasília (UnB) em 2011. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Estratigrafia e Sedimentologia.



**Roberto Ventura Santos**  
Universidade de Brasília (UnB)  
Instituto de Geociências

[rventura@unb.br](mailto:rventura@unb.br)

**Roberto Ventura Santos** possui graduação em Geologia pela Universidade de Brasília (1984), mestrado em Geologia Econômica e Prospecção Mineral pela Universidade de Brasília (1988) e doutorado em Geophysical Sciences pela University of Chicago (1993). É professor do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Estratigrafia Isotópica e Estudos Ambientais, atuando principalmente nos seguintes temas: isótopos de oxigênio e carbono, estratigrafia química e isotópica e geologia ambiental.