

# ESTRATIGRAFIA E SEDIMENTOLOGIA DA FORMAÇÃO CARRANCAS, GRUPO BAMBUÍ, NAS REGIÕES DE BELO HORIZONTE E PITANGUI, MG

Gabriel J. Uhlein<sup>1</sup>; Jorge F.M.G. de Carvalho<sup>2</sup>; Alexandre Uhlein<sup>3</sup>; Fabrício de A. Caxito<sup>1</sup>;  
Galen P. Halverson<sup>4</sup>; Alcides N. Sial<sup>5</sup>

1-Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFMG, Instituto de Geociências, Av. Antônio Carlos 6627, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil. [guhlein@gmail.com](mailto:guhlein@gmail.com); [facaxito@yahoo.com.br](mailto:facaxito@yahoo.com.br)

2- PETROBRAS S.A., Rio de Janeiro (RJ), Brasil. [jorgefreitas006@yahoo.com.br](mailto:jorgefreitas006@yahoo.com.br)

3- Instituto de Geociências, CPMTCC e Depto de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627. 31270-901. Belo Horizonte, MG, Brasil. [auhlein@gmail.com](mailto:auhlein@gmail.com)

4-Department of Earth and Planetary Sciences/GEOTOP, McGill University, Montréal, Québec H3A 2A7, Canadá. [galen.halverson@mcgill.ca](mailto:galen.halverson@mcgill.ca)

5-NEG-LABISE, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 50670-000, Recife, PE, Brasil. [sial@ufpe.br](mailto:sial@ufpe.br)

Recebido em 15 de outubro de 2012; aceito em 7 de fevereiro de 2013

**RESUMO:** A Formação Carrancas, aflorante próximo à região de Belo Horizonte (MG), forma a base do Grupo Bambuí (Neoproterozoico) na porção sul do Cráton do São Francisco. Neste trabalho, duas principais áreas de afloramento desta unidade foram estudadas. A primeira, denominada Área Pitangui, localiza-se a leste de Pitangui (MG) e a segunda, denominada Área BR-040, encontra-se a sul de Sete Lagoas (MG). Na Área Pitangui, a Formação Carrancas é composta por conglomerados, arenitos, pelitos e dolomitos subdivididos em quatro associações distintas e sobrepostas às rochas metamórficas neoarqueanas do Supergrupo Rio das Velhas. Na Área BR-040 afloram gnaisses migmatíticos do embasamento arqueano (Complexo Belo Horizonte), sobrepostos pela Formação Carrancas, onde predominam pelitos e ritmitos. Em ambas as áreas de estudo, folhelhos negros podem apresentar teores de carbono orgânico total (COT) em valores variando entre 0,4 e 1,5%. Os dolomitos róseos da Área Pitangui, em contato gradacional com ritmitos e pelitos da Formação Carrancas, apresentam altos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ , entre +7,1 e +9,6‰<sub>V-PDB</sub>. Esses valores são incompatíveis com os valores regionais usualmente encontrados para a base da Formação Sete Lagoas, sugerindo que esses dolomitos constituem um litotipo distinto pertencente à Formação Carrancas, não descrito anteriormente. Nas duas áreas estudadas a Formação Carrancas é interpretada como produto de fluxos gravitacionais depositados em calhas no embasamento da borda sul do Cráton do São Francisco, controladas por falhamentos em borda de bacia. O isolamento dessas calhas em relação ao mar aberto favoreceu a acumulação de matéria orgânica, como sugerido pelas intercalações de folhelhos negros e pelos altos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nos dolomitos no topo da sequência.

**Palavras chave:** Grupo Bambuí; Formação Carrancas; Sedimentação gravitacional; Bacia restrita

**ABSTRACT:** STRATIGRAPHY AND SEDIMENTOLOGY OF THE CARRANCAS FORMATION, BAMBUÍ GROUP, NEAR BELO HORIZONTE AND PITANGUI - MG - The Carrancas Formation crops out in the vicinity of Belo Horizonte (MG) and represents the base of Bambuí Group at the southern margin of São Francisco Craton. In this paper, two important areas have been studied. The first one, named Pitangui Area is located east of Pitangui (MG). The second area, named BR-040 Area is situated south of Sete Lagoas (MG). In the Pitangui Area the neoproterozoic sedimentary rocks from Carrancas Formation are represented by conglomerates, sandstones, rhythmmites, pelites and dolomites subdivided into 4 different associations, and overlying neoproterozoic metamorphic rocks from Rio das Velhas Supergroup. In the BR-040 Area the Carrancas Formation consists mainly of rhythmmites and pelites overlying Archean migmatitic gneisses of Belo Horizonte Complex. In both areas, black shales can reach values of Total Organic Carbon (TOC) in a range of 0,4 to 1,5%. The base of pink dolomite from Pitangui Area is in gradational contact with the rhythmmites and pelites and has high values of  $\delta^{13}\text{C}$  (+7,1 to +9,6‰). These values are incompatible with the regional values of the base of the Sete Lagoas Formation, reinforcing that these dolomites are a distinct unit inside the Carrancas Formation, not previously described. In both areas the Carrancas Formation is interpreted as a product of gravitational flows deposited on basement channels controlled by faults at the southern margin of the São Francisco Craton. The isolation of these channels relative to the open sea favored the accumulation of organic matter, suggested by intercalations of black shales and by high values of  $\delta^{13}\text{C}$  in dolomites at the top of the sequence.

**Keywords:** Stratigraphy; Carrancas Formation; Bambuí Group; Neoproterozoic

## 1. INTRODUÇÃO

A Formação Carrancas aflora na porção sul do Cráton do São Francisco, principalmente nas proximidades de Belo Horizonte, MG. Seus conglomerados e pelitos foram inicialmente descritos por Costa & Branco (1961) como unidade basal do Grupo Bambuí. Primeiramente posicionada como membro dentro da Formação Sete Lagoas, foi posteriormente elevada à hierarquia de Formação Carrancas, uma vez que trabalhos de mapeamento geológico e estratigráficos regionais foram realizados (e.g.: Vieira *et al.*, 2007a; Romano, 2007; Ribeiro *et al.*, 2008; Tuller *et al.*, 2008; Tuller *et al.*, 2010). Uma nova seção-tipo para a Formação Carrancas foi proposta por Tuller *et al.* (2008), na

região de Inhaúma (MG), sendo composta por diamictitos na base e pelitos rítmicos no topo. O pacote inteiro não ultrapassa 20-30 metros e está sobreposto por calcarenitos da Formação Sete Lagoas.

Um ambiente glacial para a deposição da Formação Carrancas é sugerido por diversos autores (Sgarbi *et al.*, 2003; Romano & Knauer, 2003; Romano, 2007; Ribeiro *et al.*, 2008; Rocha-Campos *et al.*, 2007, 2011), devido a sugestões de sedimentação com influência glacial e/ou a partir de seu posicionamento estratigráfico abaixo de carbonatos pós-glaciais da Formação Sete Lagoas (Vieira *et al.*, 2007b). Porém, outros pesquisadores (Vieira *et al.*, 2007a; Tuller *et al.*, 2010), não

reconhecem a influência glacial na sedimentação da Formação Carrancas, sugerindo um ambiente aluvial para a deposição dos conglomerados e pelitos dessa unidade. Entretanto, a Formação Carrancas ainda carece de melhor caracterização geológica, sobretudo no que diz respeito ao seu conteúdo litoestratigráfico e à definição de ambientes de sedimentação. Este artigo oferece, de forma inédita, uma caracterização detalhada da Formação Carrancas, do ponto de vista sedimentológico e estratigráfico, em duas áreas distintas. O mapeamento dessas duas áreas foi complementado com análises geoquímicas de rocha total, análises do conteúdo de carbono orgânico total (COT) e quimioestratigrafia isotópica de carbono e oxigênio. Com base nos dados coletados, propõe-se aqui um modelo de sedimentação para a Formação Carrancas.

## 2. LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas em estudo foram selecionadas devido à qualidade de exposição das rochas da Formação Carrancas, estando essas inseridas no contexto

geológico da borda sul do Cráton do São Francisco. A leste de Pitangui, a área mapeada de aproximadamente 60 km<sup>2</sup>, foi denominada “Área Pitangui”. O acesso à Área Pitangui, a partir de Belo Horizonte (Figura 1), é feito seguindo a BR-381 por 37 km até o entroncamento que dá acesso ao Triângulo Mineiro. Desse ponto, utiliza-se a BR-262 até Pará de Minas, percorrendo um trecho de 70 km. A partir de Pará de Minas, deve-se seguir aproximadamente 3,5 km pela BR-352 até o distrito de Capoeira Grande, por onde chega-se no sul da área mapeada, através de 11 km de estrada sem pavimentação.

A sul de Sete Lagoas, a outra área trabalhada abrange um polígono de 7 km<sup>2</sup> e foi denominada “Área BR-040”. Para o acesso até a Área BR-040 deve-se tomar o Anel Rodoviário dentro da cidade de Belo Horizonte e seguir até a saída para Sete Lagoas e Brasília, pela BR-040. A partir desse ponto, percorrem-se aproximadamente 50 km pela rodovia federal até a área mapeada (Figura 1).

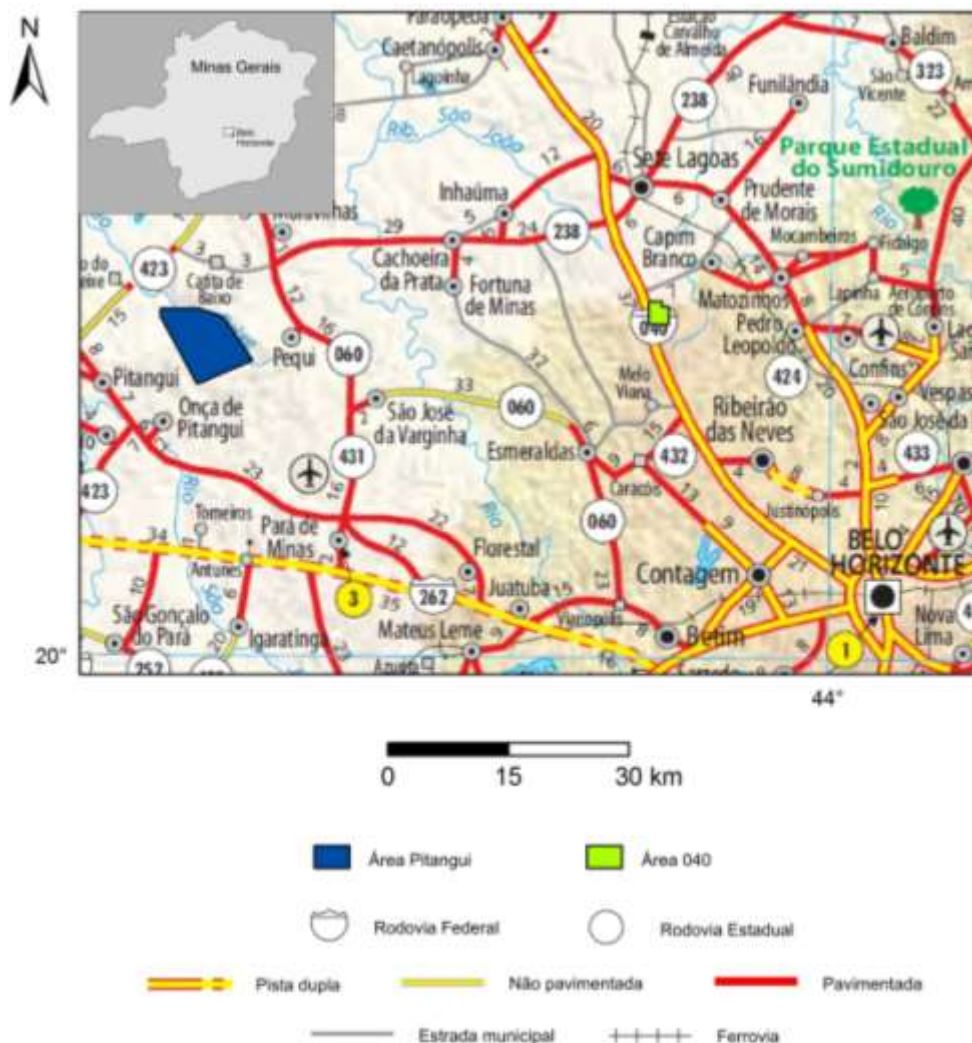


Figura 1: Mapa rodoviário com as principais vias de acesso a partir de Belo Horizonte. Localização das áreas estudadas. Mapa Rodoviário de Estado de Minas Gerais, DER-2010.

### 3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A região pesquisada está localizada na Bacia do São Francisco, considerada como uma bacia neoproterozoica que recobre a parte centro-sul do cráton homônimo (Almeida, 1977; Alkmim, 2004). A Bacia do São Francisco desenvolve-se sobre um embasamento constituído por rochas granito-gnáissicas arqueanas a paleoproterozoicas e rochas supracrustais dos supergrupos Rio das Velhas e Minas (e.g.: Zucchetti *et al.*, 1998; Teixeira *et al.*, 2000). É constituída por diversas coberturas sedimentares, destacando-se o Supergrupo Espinhaço (Paleo-Mesoproterozoico), o Grupo Bambuí (Neoproterozoico), as rochas sedimentares paleozoicas do Grupo Santa Fé, além das unidades cretácicas dos grupos Areado, Mata da Corda e Urucuia (Alkmim & Martins-Neto, 2001; Sgarbi *et al.*, 2001).

A divisão litoestratigráfica do Grupo Bambuí foi pioneiramente definida por Costa & Branco (1961) ao longo da BR-040 entre Belo Horizonte (MG) e Brasília (DF). Estes autores propuseram a subdivisão da "Série Bambuí" em três unidades: Carrancas (unidade basal), Sete Lagoas (unidade intermediária) e Rio Paraopeba (unidade superior). Realizando um estudo estratigráfico de âmbito regional, Dardenne (1978) redefiniu a estratigrafia clássica do Grupo Bambuí. Da base para o topo, tem-se: 1) Formação Jequitá / Carrancas (conglomerados variados, arenitos e ritmitos), 2) Formação Sete Lagoas (carbonatos), 3) Formação Serra de Santa Helena (siltitos e ritmitos), 4) Formação Lagoa do Jacaré (calcários oolíticos e intraclásticos), 5) Formação Serra da Saudade (siltitos e arenitos) e 6) Formação Três Marias (arenitos fluviais e plataformais). Para um detalhamento estratigráfico do Grupo Bambuí ver Costa & Branco (1961), Dardenne (1978), Chiavegatto (1992), Uhlein *et al.* (2004, 2011), Tuller *et al.* (2008), Sial *et al.* (2009), dentre outros.

O Grupo Bambuí tem sido interpretado como depositado em uma bacia *foreland* alongada na direção N-S, desenvolvida em resposta à edificação da Faixa Brasília, posicionada na margem ocidental do Cráton do São Francisco (Chang *et al.*, 1988; Castro & Dardenne, 2000; Dardenne, 2000; Alkmim & Martins-Neto, 2001; Martins-Neto *et al.*, 2001). Utilizando-se de dados sísmico-estratigráficos, Romeiro-Silva & Zalán (2005) e Zalán & Romeiro-Silva (2007) reconhecem uma sedimentação de bacia intracratônica para a porção basal do Grupo Bambuí e tendem a discordar com a interpretação de uma bacia *foreland* para toda a bacia Bambuí.

Nas margens do Cráton do São Francisco, o Grupo Bambuí é afetado pelas orogenias das faixas dobradas marginais ao Cráton: Faixa Brasília a oeste, Araçuaí a leste e Rio Preto a norte (Chang *et al.*, 1988; Uhlein 1991; Alkmim & Martins-Neto, 2001). Deformações rasas na cobertura neoproterozoica do Grupo Bambuí adentram o cráton por aproximadamente 200 km antes de passarem lateralmente para sequências cratônicas subhorizontais.

A idade de deposição do Grupo Bambuí e, por conseguinte, da Formação Carrancas, é atualmente tema de intenso debate. Embora alguns autores defendam que os carbonatos da Formação Sete Lagoas representem o carbonato de capa ligado à glaciação do Criogeniano médio (Sturtiana), de aproximadamente 740 Ma (e.g.: Babinski *et al.*, 2007, Vieira *et al.*, 2007b), recentemente, Caxito *et al.* (2012) sugerem uma idade do fim do Criogeniano (~630 Ma - Marinoana) para os mesmos. A partir de dados de U-Pb em zircões detríticos, Rodrigues (2008) e Pimentel *et al.* (2011) também assumem uma idade mais nova para o Grupo Bambuí, com zircões de ~650 Ma nas porções intermediárias e superiores da Formação Sete Lagoas, até idades de ~612 e 564 Ma para as formações Serra da Saudade e Três Marias, respectivamente. Mais recentemente, zircões de até 540-510 Ma têm sido encontrados nas formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena (Paula-Santos *et al.*, 2012; Pimentel *et al.*, 2012). Na borda oeste da bacia do São Francisco, determinações K-Ar de rochas das nappes exteriores da Faixa Brasília, que cavalam as unidades inferiores do Grupo Bambuí, sugerem uma idade mínima de deposição para as mesmas em torno de 567 Ma (Valeriano *et al.*, 2000). De maneira análoga, na borda leste, todo o Grupo Bambuí é afetado pela deformação vergente para oeste da Faixa Araçuaí, cujo pico foi atingido em torno de 575 Ma (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011). Portanto, as poucas idades disponíveis para deformação e metamorfismo do Grupo Bambuí não são coerentes com as idades dos zircões detríticos mais jovens encontrados nesta unidade. São ainda necessários estudos geocronológicos mais robustos para que a idade do Grupo Bambuí seja melhor compreendida, visando elucidar, além da idade máxima de deposição, também as idades de deformação e metamorfismo dessas rochas nas bordas cratônicas. Em exceção ao restante do Grupo Bambuí, idades U-Pb de zircões e monazitas da Formação Carrancas mostram-se idênticas às encontradas em rochas do Complexo Belo Horizonte (Rodrigues, 2008).

#### 4. GEOLOGIA DA FORMAÇÃO CARRANCAS NAS ÁREAS ESTUDADAS

##### 4.1. Área Pitangui

A Formação Carrancas foi dividida em quatro associações mapeáveis na escala 1:30.000, a saber: Associação de Conglomerados na base, seguido por Associação de Arenitos Grauvaquianos e Associação de Ritmitos e Pelitos em posição intermediária, e Associação de Dolomitos no topo (Figuras 2 e 3). Estas associações estão muitas vezes relacionadas entre si, sendo visíveis as relações de contato em campo. A espessura total estimada da Formação

Carrancas na área mapeada é de aproximadamente 60-80 metros (Figura 3).

Suas associações são descritas a seguir:

##### - Associação de Conglomerados

Sua espessura varia de 0-40 m, com espessura máxima alcançada na região norte da área, entre as fazendas Boa Esperança e Rancho Alegre. Sua ocorrência está relacionada às outras duas unidades, formando uma associação onde os conglomerados, quando presentes, encontram-se sempre na base da coluna, diretamente sobrepostos pelos arenitos grauvaquianos ou pelos ritmitos e pelitos.

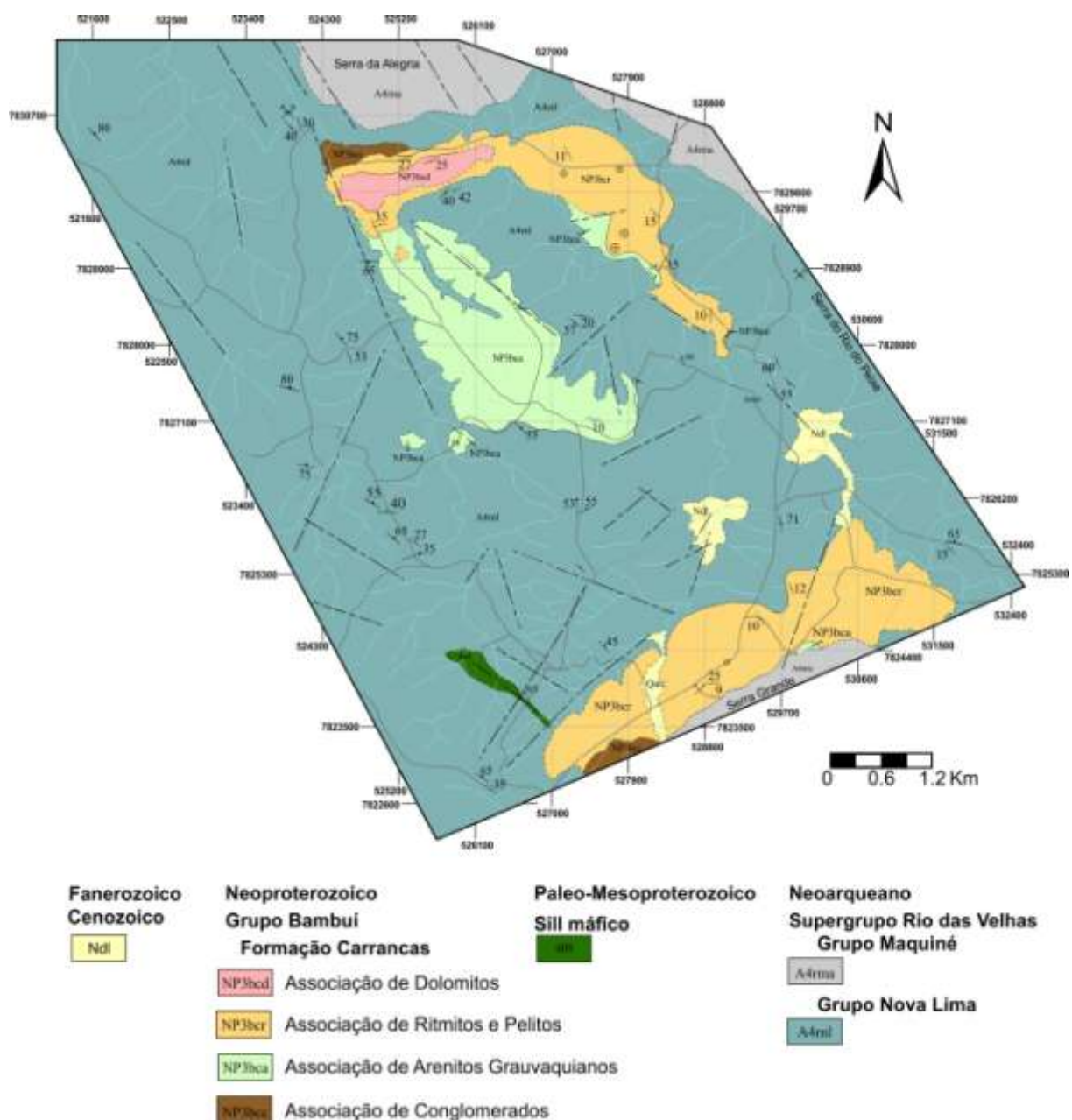


Figura 2 - Mapa geológico simplificado da Área Pitangui

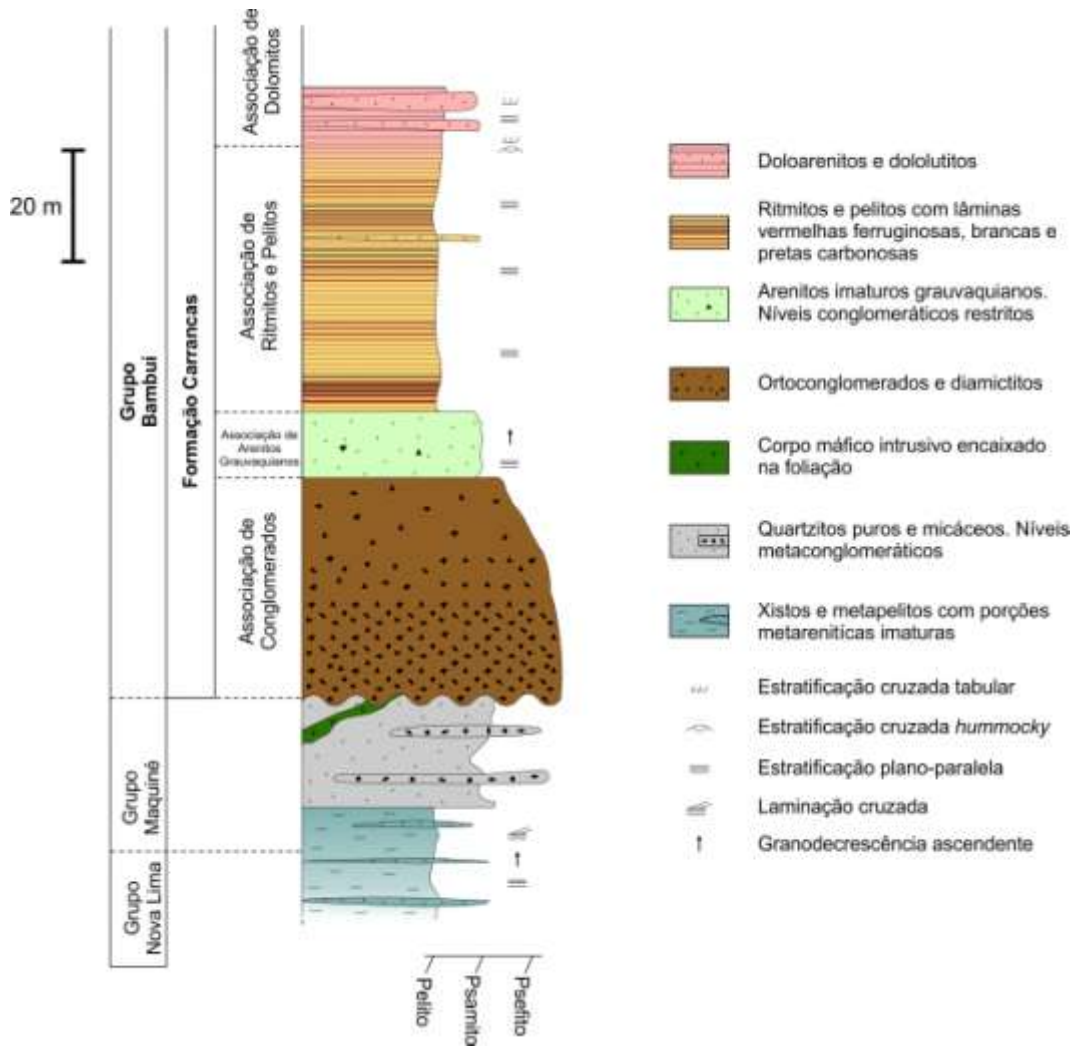


Figura 3 - Coluna estratigráfica da Área Pitangui, com representação das associações descritas

Na Área Pitangui, duas principais ocorrências da Associação de Conglomerados são descritas. A primeira e mais importante ocorrência desta unidade ocorre na região norte da área mapeada. Afloram ortoconglomerados polimíticos maciços a pouco estratificados em lajedos de rio, na Fazenda Boa Esperança (UTM 524374/7830330). O arcabouço destas rochas é composto, predominantemente, por clastos angulosos a subarredondados de quartzitos puros, micáceos e miloníticos, seguidos por clastos de granitóides, gnaisses, xistos, quartzo, dolomito e silexito. Os clastos variam granulometricamente de grânulos a matacões de no máximo 1,5 metros (Figuras 4A, 4B). Em algumas porções do afloramento há o predomínio de blocos, e outras, de seixos. Clastos de dolomitos estão sempre nos tamanhos grânulo a seixo. A matriz é arenosa composta por material quartzoso, com contribuição carbonática provavelmente diagenética, e tem coloração verde a cinza quando fresca. Em alguns locais, o litotipo pode ser classificado como brecha sustentada pelos clastos (Figura 4B). Localmente os clastos menos

esféricos tendem a possuir um imbricamento na direção N-S. Para o topo desta ocorrência há diminuição gradativa no tamanho dos clastos do arcabouço, não ocorrendo mais matacões e passando a predominar apenas seixos imersos em matriz pelítica. O aumento da proporção da matriz em relação ao arcabouço, para o topo da unidade, mostra uma passagem gradual de ortoconglomerados para diamictitos. Ressalta-se o predomínio de clastos de calcário, seguido por quartzito, pelito e silexito no arcabouço do diamictito (Figura 4C).

Na região sul da área, na vertente norte da Serra Grande (UTM 527802/7823314), esta associação está representada por afloramentos de diamictitos maciços, com arcabouço composto por grânulos e seixos angulosos a subarredondados de silito branco, granito, quartzito e carbonato alterado. Sua matriz é predominantemente silto-argilosa de coloração verde em amostras menos alteradas (Figura 4D).

#### - Associação de Arenitos Grauvaquianos

Ocorre em contato com o topo da Associação de Conglomerados, ou diretamente sobrepondo o Grupo Nova Lima, nesse caso, em contato discordante erosivo e angular. Sua espessura estimada pode variar de 0-10 m.

Os litotipos estão geralmente intemperizados, com coloração variando de avermelhada a esverdeada (quando frescos) e seu arcabouço é composto por quantidades variáveis de quartzo, feldspato, micas, fragmentos de rocha e óxidos de ferro. A granulometria do arcabouço é principalmente areia fina a grossa, podendo ocorrer, localmente, grânulos a seixos de rochas pelíticas e quartzosas, subarredondados. Essas rochas apresentam grande proporção de matriz pelítica, sendo classificadas como arenitos grauvaquianos (Figura 5A). Por vezes, podem apresentar pseudo-matriz formada por compactação de material menos resistente. Os litotipos quase sempre são maciços, mostrando, subordinadamente, estratificação plana e estratificação gradacional (Figura 5B).

#### - Associação de Ritmitos e Pelitos

Esta é a unidade de maior extensão na área mapeada e possui uma espessura estimada em 40 metros. A Associação de Ritmitos e Pelitos sobrepõe

concordantemente as duas associações basais, e pode sobrepor diretamente o embasamento, aqui representado pelos grupos Nova Lima e Maquiné.

A mina da Saffran, na região sul da área mapeada, é a melhor exposição desta associação (UTM 528824/7823934). Nessa localidade, os argilitos caulíníticos brancos predominam amplamente. Localmente, intercalam-se a estes argilitos, camadas ou lentes vermelhas ferruginosas e pretas carbonosas. Os argilitos caulíníticos são rochas bastante friáveis, de coloração branca e laminação muito fina, de caráter físsil. Os argilitos ocorrem geralmente em camadas decimétricas (20 a 40 cm de espessura) intercalados com camadas silto-argilosas ferruginosas centimétricas a decimétricas, conforme ilustrado nas fotos A e B da Figura 6. As camadas ferruginosas apresentam-se laminadas ou maciças (Figura 6C), e são avermelhadas, densas e resistentes, destacando-se em relação aos argilitos brancos. Em lâmina petrográfica as camadas e lâminas ferruginosas são compostas por grãos tamanho silte de material ferruginoso clástico. Subordinadamente aos argilitos caulíníticos e aos pelitos ferruginosos, os pelitos pretos carbonosos intercalam-se localmente, nunca ultrapassando camadas de espessuras centimétricas (Figura 6D).

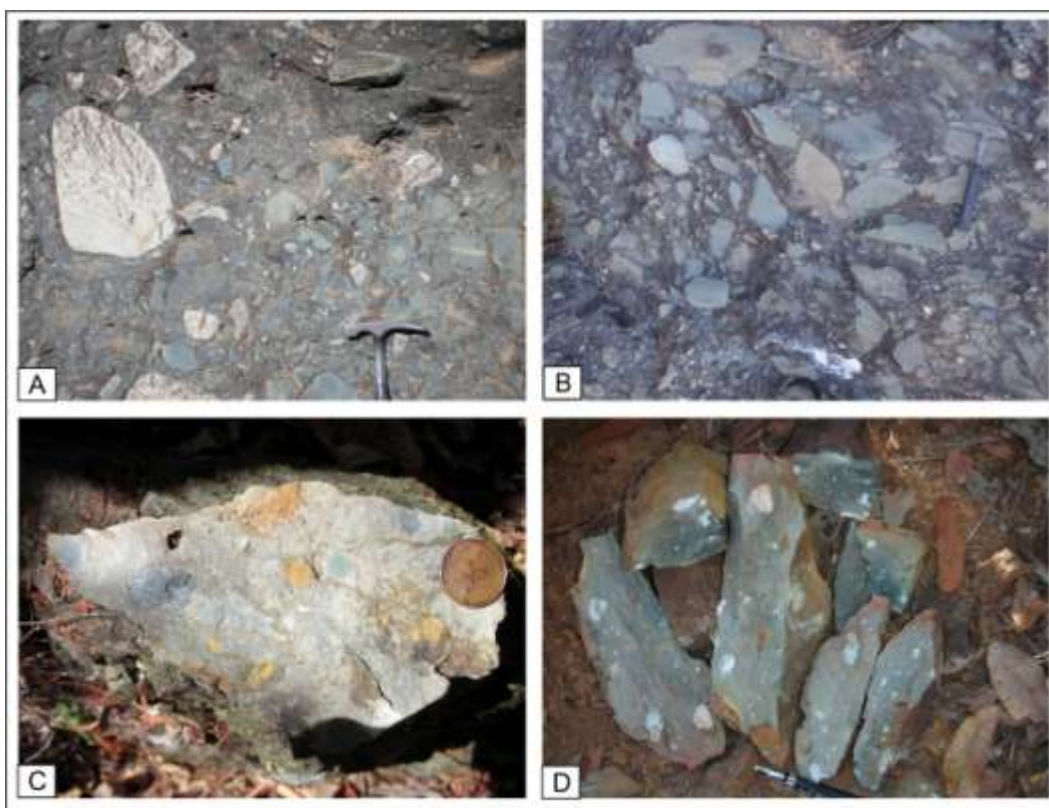


Figura 4 - Aspectos visuais de campo das litologias da Associação de Conglomerados. **A**-Ortoconglomerado maciço sustentado por seixos e matações variados. **B**-Brecha sustentada pelos clastos. Grande predomínio de clastos quartzíticos. **C**-Diamictito rico em seixos de carbonato. Acima do conglomerado das fotos A e B. **D**-Diamictito de matriz esverdeada com seixos de pelitos, quartzitos, granitoides e carbonatos. Localização dos afloramentos no texto.

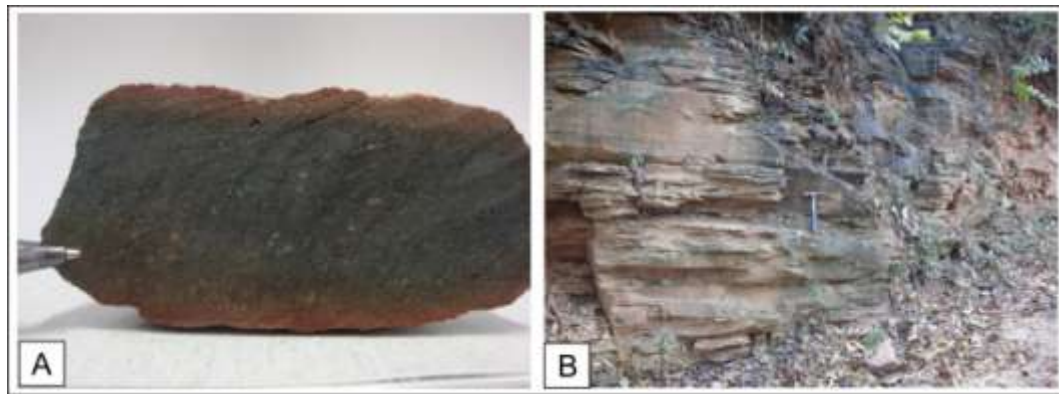


Figura 5 - Aspectos visuais de campo dos arenitos da Associação de Arenitos Grauvaquianos. A- Detalhe do arenito grauvaquiano esverdeado. Notar alguns grânulos de quartzo e fragmentos de rocha. B- Acamamento horizontal em arenitos finos, que localmente podem apresentar granodecrescência ascendente (UTM 528229/7828802)



Figura 6 - Aspectos visuais de campo dos ritmitos e pelitos da Área Pitanguí. A-Argilite caulínico branco intercalado com finas lâminas avermelhadas ricas em óxidos de Fe. Camada ferruginosa no topo. B-Laminação bem marcada e fissilidade dos pelitos. C-Camada de pelito ferruginoso avermelhado maciço. Notar intercalação com argilite branco. D- Aspecto geral dos pelitos e ritmitos subhorizontais da região leste da área. (UTM 528258/7829560). E- Estratificação plano-paralela nos ritmitos carbonáticos ao norte da Área Pitanguí. F- Estratificação cruzada do tipo hummocky nos ritmitos carbonáticos (UTM 525278/7830233).

Na região norte a Associação de Ritmitos e Pelitos se expressa como ritmitos carbonáticos e pelitos laminados. Os ritmitos carbonáticos afloram em pequenas elevações circundadas por partes mais rebaixadas, onde afloram os pelitos laminados. Os ritmitos carbonáticos são formados por intercalações entre lâminas siltosas e silto-arenosas. Além da laminação rítmica plano-paralela, estas rochas apresentam ainda laminações onduladas, estratificações cruzadas do tipo *hummocky* e estratificações cruzadas tabulares (Figuras 6E, 6F). Todas as litologias descritas para a Associação de Ritmitos e Pelitos apresentam interdigitação tanto lateral quanto vertical.

#### -Associação de Dolomitos

Acima da Associação de Ritmitos e Pelitos, em contato gradacional com ritmitos carbonáticos (Figuras 6E, 6F), afloram dolomitos róseos intercalados a finas camadas de pelitos cloríticos de cor esverdeada. Uma ótima exposição destas litologias se encontra na Fazenda Rancho Alegre, em um paredão com cerca de 15-20 metros de altura (UTM 525529/7830210). Tratam-se de dolarenitos e dololulitos rosados intercalados, que apresentam camadas decimétricas maciças e camadas finamente laminadas (Figuras 7A, 7B). Além da laminação e da estratificação plano-paralelas marcadas pelas intercalações, estratificações cruzadas tabulares de pequeno porte em camadas dolareníticas podem ser observadas. Em lâmina petrográfica esses dolomitos mostram-se bem homogêneos, sem indícios de recristalizações ou contribuições siliciclásticas. Os dolomitos apresentam carstificação pouco desenvolvida, ocorrendo principalmente entre estratos.

#### 4.2. Área BR-040

A Formação Carrancas na Área BR-040 compreende uma única associação de litotipos, composta por ritmitos e pelitos. A unidade aflora em uma faixa aproximadamente NW-SE (Figura 8) cercada pelo embasamento arqueano do Complexo Belo Horizonte, e sotoposta aos calcários retrabalhados da Formação Sete Lagoas. Estima-se uma espessura de cerca de 30 metros (Figura 9).

Os pelitos da Formação Carrancas encontram-se em contato discordante erosivo e angular com o Complexo Belo Horizonte, caracterizando um padrão *onlap* de deposição. Na Área BR-040 os pelitos são bem laminados e possuem uma coloração branca predominante. Intercalados localmente, há a presença de níveis escuros carbonosos (folhelhos negros), e lâminas vermelhas ferruginosas, em diferentes proporções (Figuras 10A, 10B).

Em lâmina petrográfica, os níveis vermelhos ferruginosos, assim como na Área Pitangui, mostram-se como grãos tamanho silte de material ferruginoso clástico. Localmente, o material carbonoso adquire laminação e fissilidade e se concentra de maneira a formar grande afloramento com cerca de 6 metros de altura, podendo ser classificado como folhelho negro (Figura 10C - UTM 583357/7830000).

Diamictitos foram encontrados na área BR-040 de forma localizada, tanto no contato entre o embasamento e os pelitos da Formação Carrancas, como em níveis estratigráficos superiores, intercalados em ritmitos. Os diamictitos possuem pequenos seixos (1 a 2 cm) de quartzos e pelitos subarredondados, imersos em matriz silto-argilosa, nunca ultrapassando espessuras decimétricas (Figura 10D).

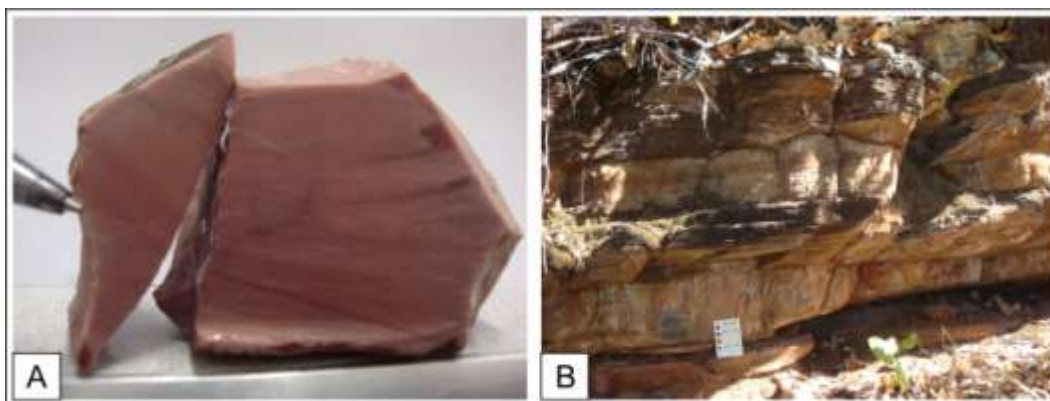


Figura 7 - Dolomitos róseos do topo da Formação Carrancas. **A**-Amostra de dolarenito fino rosado. **B**-Camadas decimétricas maciças de dolarenitos, intercaladas com camadas finamente laminadas. Localização do afloramento no texto.



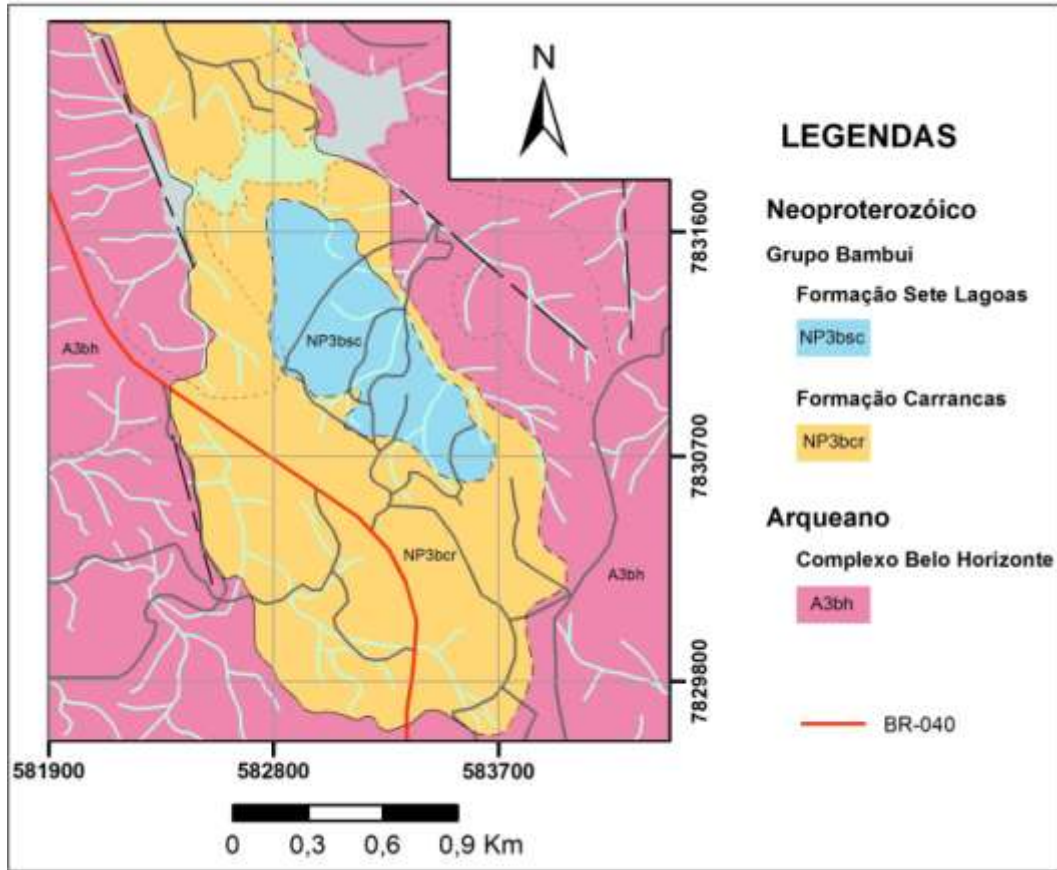


Figura 8 - Mapa geológico simplificado da Área BR-040.

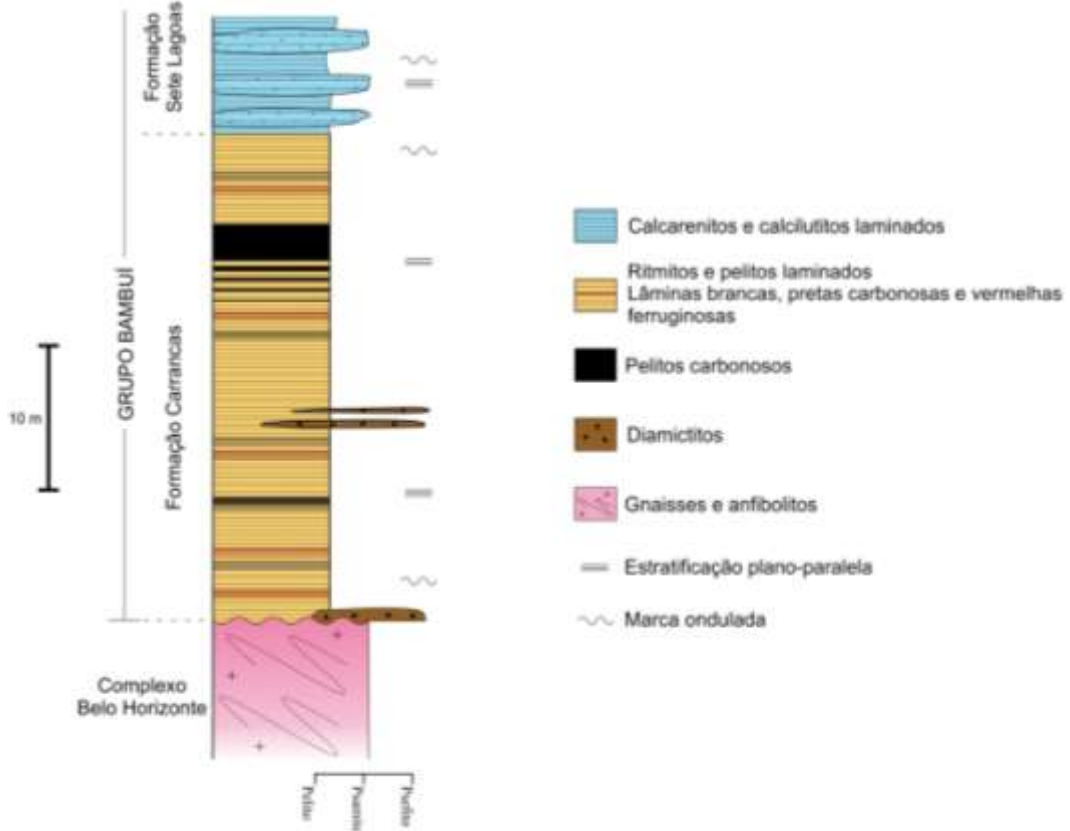


Figura 9 - Coluna estratigráfica da Área BR-040 representando os litotipos mapeados na região.

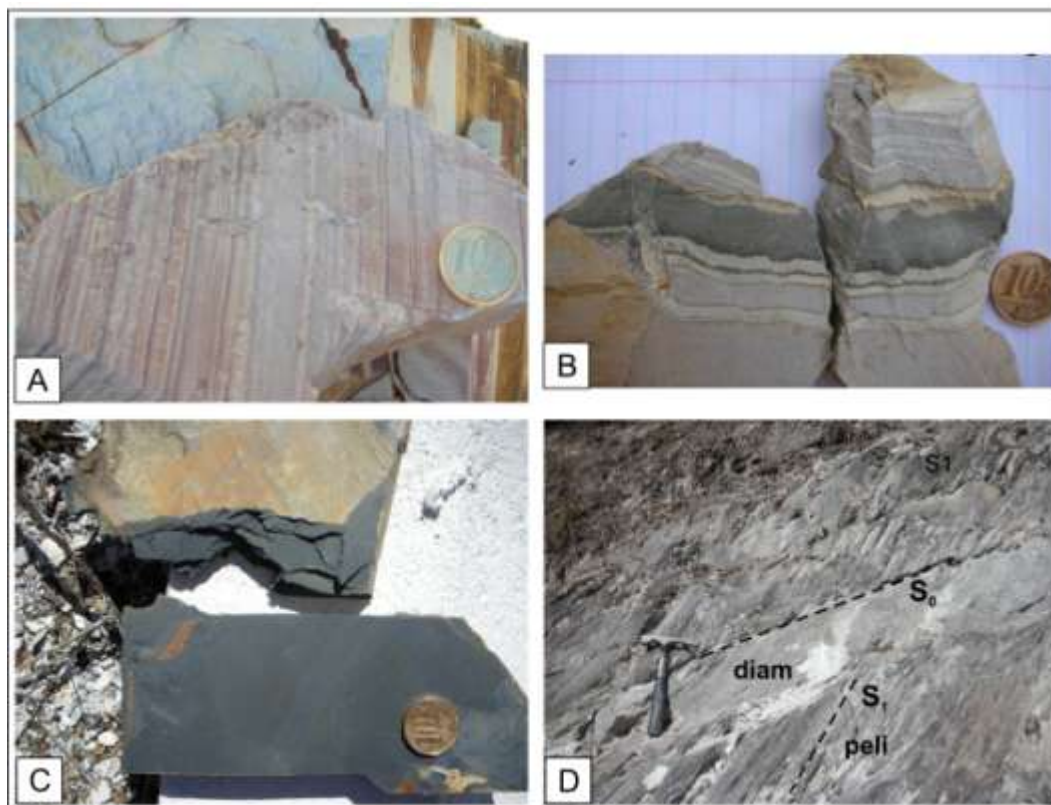


Figura 10 - Aspectos visuais de campo dos ritmitos e pelitos da Formação Carrancas na Área BR-040. **A-** Laminações avermelhadas, alternadas com lâminas brancas, amareladas e escuras carbonosas (UTM 582402/7830961); **B-** Ritmito mostrando variação de colorações, e concentração de material escuro em camada (UTM 582993/7830162). **C-** Folhelho negro da Formação Carrancas na Área BR-040. **D-** Camada decimétrica de diamictito (diam) intercalada com pelitos (peli) da Formação Carrancas (UTM 582882/7830622).

Na Área BR-040, a Formação Sete Lagoas aflora com uma extensão em área relativamente pequena, representando 0,5 km<sup>2</sup>. Estima-se uma espessura de no máximo 10 metros para a unidade carbonática em questão. O contato basal com a Formação Carrancas é brusco, sem discordâncias facilmente perceptíveis em campo. O principal afloramento dessa unidade encontra-se dentro do Condomínio Sete Lagos, às margens da BR-040 (UTM 583302/7830899). É composto por camadas alternadas de calcarenitos e calcilitos de cor cinza. Ondulações no acamamento, de natureza sedimentar, também foram observadas, além de possíveis estratificações truncadas por onda do tipo *hummocky*.

## 5. DADOS GEOQUÍMICOS E QUIMIOESTRATIGRAFIA ISOTÓPICA EM ROCHAS DA FORMAÇÃO CARRANCAS

### 5.1. Procedimentos Analíticos

Somente as porções homogêneas, livres de intemperismo e de alteração secundária visível, foram selecionadas para as análises de litoquímica, carbono orgânico total (COT) e isótopos de carbono e oxigênio. As amostras foram serradas perpendicularmente ao acamamento no Laboratório de Preparação de Amostras do IGC/CPMTC–UFMG,

para revelar possíveis irregularidades tais como veios e superfícies de alteração. A serragem ajudou na escolha de domínios homogêneos nas amostras de dolomito. Esses domínios foram perfurados com microfuradeira e o pó resultante foi coletado, após rejeição do pó inicial (de superfície), no Laboratório de Sedimentologia da McGill University, Montréal, Canadá. As amostras de folhelho negro foram cominuídas em moinho de disco de sílica, sem contato com superfícies metálicas, no centro de pesquisas GEOTOP, Université du Québec à Montréal, Canadá.

As amostras para geoquímica de rocha total foram analisadas pela ACME Analytical Laboratories Ltd., Vancouver, Canadá, via ICP-MS após fusão com metaborato / tetraborato de Li e digestão com ácido nítrico diluído, com precisão de 0,01 % para a maioria dos elementos maiores e 0,1 ppm para a maioria dos elementos traços e terras raras. Folhelhos negros tiveram seus valores de Carbono Orgânico Total (COT) analisados no centro de pesquisas GEOTOP, Université du Québec à Montréal, em um analisador NC 2500 da CE Instruments, após fumigação com HCl concentrado por 24 horas para remoção do carbono inorgânico das amostras. Análises de isótopos de carbono e oxigênio em dolomitos foram realizadas em um espectrômetro de massa de fonte gasosa modelo Nu

Perspective, no Laboratório de Isótopos Estáveis da McGill University. Cerca de 1 mg de cada amostra foi pesado e atacado individualmente em H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> após aquecimento a 90° C por 1 hora. O CO<sub>2</sub> liberado foi coletado e analisado usando um gás de referência do laboratório. As amostras foram calibradas em relação ao padrão Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB) usando os padrões NCM, IAEACO1, SARN40 e COQ1.

## 5.2. Resultados

### 5.2.1. Dados geoquímicos

Análises geoquímicas de rocha total foram realizadas para quatro amostras da Formação Carrancas na Área Pitangui (Tabela 1). Das amostras selecionadas, três são de arenitos grauvaquianos (OP07, OP171 e OP188), coletados em diferentes localidades da área. A quarta amostra representa o pelito maciço ferruginoso da mineração Saffran (OP01, Figura 6C), com 45,9% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Tabela 1).

As amostras da Formação Carrancas apresentam composição química evoluída, com razões relativamente altas de SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,4-7,3) e K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O (1-34,6), embora essa última seja mais variável. Apesar de carecer de uma maior quantidade de dados, algumas informações preliminares podem ser retiradas a partir dos diagramas a seguir:

O diagrama de discriminação de ambiente tectônico de sedimentos de Roser & Korsch (1986), mostra uma possível tendência de ambiente de margem passiva para as amostras (Figura 11).

O digrama de Floyd & Leveridge (1987), a partir da concentração de Hf dos arenitos grauvaquianos amostrados versus a razão La/Th dos mesmos, mostra uma tendência de fontes ácidas com alguma contribuição máfica para os arenitos da Formação Carrancas (Figura 12). Essas fontes ácidas-máficas também podem ser inferidas em campo, uma vez que o mapeamento do embasamento da Formação Carrancas na Área Pitangui (Romano, 2007), aponta essas características para o Supergrupo Rio das Velhas na região.

No diagrama de elementos terras raras (ETR) normalizados ao condrito de Boynton (1984, Figura 13A), as amostras da Formação Carrancas apresentam um padrão enriquecido em ETR leves (La<sub>n</sub>/Yb<sub>n</sub> = 4,9 a 11,1), com uma marcante anomalia de Eu (Eu/Eu\* = 0,59 e 0,79). A amostra de pelito ferruginoso (OP01) apresenta teores mais baixos de ETR (ΣETR = 60 ppm) em relação às outras amostras (ΣETR = 118 – 280 ppm). A linha vermelha da figura 13A representa o padrão de distribuição de ETR da média da crosta continental superior (CCS) estipulada por Taylor & McLennan (1981).

sedimentos com contribuição de áreas-fontes graníticas-granodioríticas, como no caso de escudos pré-cambrianos. Sedimentos em bacias ligadas a arcos juvenis tendem a apresentar padrões de ETR menos enriquecidos e com anomalia de Eu menos pronunciada (Eu/Eu\* = 0,75-0,96, McLennan et al., 1990).

Tabela 1 - Elementos maiores, traços e terras raras das amostras da Formação Carrancas, na Área Pitangui.

	OP01	OP07	OP171	OP188
SiO <sub>2</sub> %	35,26	51,83	54,68	74,69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,36	21,97	15,71	10,25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	45,93	10,19	7,89	6,39
MnO	<0,01	0,07	0,10	0,10
MgO	0,27	2,21	4,45	2,30
CaO	0,02	0,01	2,82	0,14
Na <sub>2</sub> O	0,02	0,08	0,60	1,12
K <sub>2</sub> O	0,99	2,77	4,29	1,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,08	0,18	0,06
TiO <sub>2</sub>	0,23	0,80	0,77	0,65
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,022	0,041	0,013	0,038
LOI	6,5	9,7	8,2	3,0
Total	99,75	99,75	99,70	99,85
Sb ppm	0,4	<0,1	0,1	<0,1
Bi	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Ag	4,0	<0,1	<0,1	<0,1
Cd	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Th	6,0	9,7	12,7	6,5
U	2,7	1,8	2,1	1,5
W	<0,5	1,7	1,8	0,9
Ta	0,2	0,7	0,9	0,5
Sn	1	2	3	2
Hf	1,4	5,5	4,2	4,3
Cs	2,3	6,2	7,4	2,5
Pb	7,5	5,4	2,7	3,5
Hg	1,04	<0,01	0,01	<0,01
Sc	11	18	16	12
Ba	923	697	1718	311
V	983	121	150	96
Co	1,5	23,3	19,9	26,8
Ni	35	298	69	109
Cu	40,4	81,7	4,3	33,0
Zn	9	168	109	60
Ga	10,0	20,7	19,9	11,5
As	105,1	1,0	0,5	1,2
Se	10,6	<0,5	<0,5	<0,5
Rb	33,3	113,4	149,8	46,4
Sr	20,1	45,2	40,3	54,6
Y	8,6	22,4	48,3	36,7
Zr	44,5	198,2	148,2	171,0
Nb	3,3	8,6	12,8	7,2
Mo	19,9	0,1	0,3	<0,1
La	8,3	35,3	57,2	28,5
Ce	19,0	50,4	83,6	80,7
Pr	2,47	6,46	11,52	7,40
Nd	11,1	20,2	42,6	26,1
Sm	2,69	3,72	8,61	5,19
Eu	0,59	0,97	1,66	1,31
Gd	2,49	3,63	8,21	4,71
Tb	0,35	0,66	1,18	0,85
Dy	1,98	3,98	7,01	5,59
Y	8,6	22,4	48,3	36,7
Ho	0,34	0,81	1,37	1,11
Er	0,98	2,26	3,95	3,64
Tm	0,15	0,35	0,59	0,62
Yb	0,98	2,14	3,74	3,91
Lu	0,14	0,33	0,56	0,56

Quando comparada com as amostras da Formação Carrancas nota-se uma boa correlação entre a CCS e os arenitos, mantendo o mesmo padrão de enriquecimento de ETR leves e pesados e anomalia negativa de Eu. Padrão esse típico de

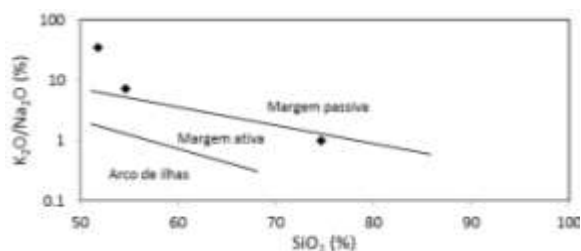


Figura 11 - Diagrama de Roser and Korsch (1986) para a discriminação do ambiente tectônico de sedimentos pelito-arenosos. As amostras de arenitos da Formação Carrancas plotam-se principalmente no campo de margem passiva, sugerindo a erosão de terrenos cristalinos antigos (cráton).

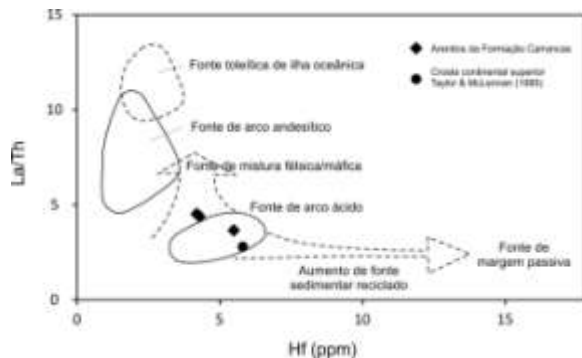


Figura 12 - Diagrama discriminante de distintas áreas-fontes de rochas sedimentares segundo a relação entre Hf e La/Th. Os arenitos da Formação Carrancas situam-se no campo de fontes ácidas, com alguma contribuição básica. Diagrama segundo Floyd & Leveridge (1987).

O diagrama da figura 13B apresenta uma comparação entre o padrão de elementos terras raras do pelito ferruginoso (OP01), na mineração Saffran, com os padrões de pelitos ferruginosos, pelitos hematíticos e jaspilites hematíticos neoproterozoicos do Grupo Rapitan, NW do Canadá, a partir de dados retirados de Halverson *et al.* (2011). O diagrama permite observar uma boa correlação dos padrões de enriquecimento de ETR entre a amostra OP01 e as demais amostras do Grupo Rapitan, exceto para o jaspilito hematítico, que mostra um forte empobrecimento em ETR leves e anomalia positiva de Y, típicos de rochas químicas. A amostra da Formação Carrancas mostra um padrão parecido com a matriz ferruginosa de diamictitos e siltitos hematíticos do Grupo Rapitan, sugerindo uma origem detrítica e não química para o pelito ferruginoso da mineração Saffran. A origem detrítica também é atestada em lâminas

petrográficas com o reconhecimento de grãos detríticos - de tamanhos e graus de arredondamentos variados - de material ferruginoso clástico.

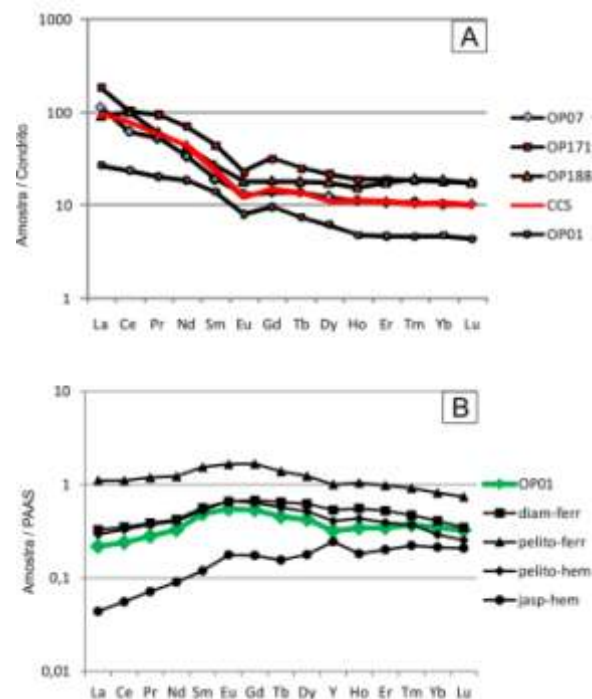


Figura 13 - A-Diagrama de padrão de distribuição de ETR das quatro amostras da Formação Carrancas, e média da crosta superior (Taylor & McLennan, 1981), normalizados a partir do condrito de Boynton (1984). B-Comparação entre a amostra OP01 e sedimentos ferruginosos e hematíticos do Grupo Rapitan, Canadá (Halverson *et al.*, 2011). As amostras são normalizadas pelos valores de Post Archean Australian Shale (PAAS), de McLennan (1989).

Apesar do padrão de ETR do pelito ferruginoso da mineração Saffran ser semelhante aos padrões dos sedimentos ferruginosos e hematíticos do Grupo Rapitan, a amostra OP01 mostra um grande enriquecimento de V, As e Mo (983 ppm; 105,1 ppm; 19,9 ppm, respectivamente) possuindo valores até 10 vezes mais elevados, quando comparados com os sedimentos do Grupo Rapitan (V:103 ppm; As:10,2 ppm; Mo:2,5 ppm; Halverson *et al.*, 2011). Esse grande enriquecimento pode ser devido simplesmente às diferentes áreas-fontes das sequências sedimentares. Porém, as intercalações de níveis pretos carbonosos entre os pelitos ferruginosos da Formação Carrancas, sugerem um ambiente de sedimentação com atividade orgânica, o que pode refletir em uma maior concentração desses e outros metais nos sedimentos (e.g.: Algeo & Lyons, 2006; Halverson *et al.*, 2010).

### 5.2.2. Carbono Orgânico Total (COT) em folhelhos negros

Nove amostras de folhelhos negros foram amostradas para COT, sendo oito delas localizadas na Área-BR040 e uma localizada na Área Pitangui (Tabela 2). Coletou-se uma quantidade maior de amostras na Área BR-040 uma vez que essa área possui a maior quantidade e as melhores exposições de folhelhos negros. Nos resultados das análises de COT, todas as amostras da Área BR-040 obtiveram valores de COT muito semelhantes, variando entre 1,05 e 1,52%, enquanto que a amostra da Área Pitangui mostra um valor mais reduzido, mantendo-se em 0,41%.

Tabela 2 - Valores de Carbono Orgânico Total (COT) para nove amostras de folhelhos negros da Formação Carrancas

Amostra	BS1	BS2	BS3	BS4	P5-3	P5-4,5	P5-6,5	P5-7,5	OP49
COT(%)	1,52	1,48	1,48	1,35	1,23	1,13	1,05	1,34	0,41
Localização	Área BR-040								Área Pitangui

### 5.2.3. Químioestratigrafia isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em dolomitos da Área Pitangui

Vinte e duas amostras de dolomitos na Área Pitangui foram analisadas para  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  nos arredores da Fazenda Alegria, norte da Área Pitangui. Os valores obtidos foram relativamente homogêneos para toda a seção contínua de 13,5 metros, sendo coletadas amostras a cada 0,5 metro. Os valores oscilam entre 7,14 a 9,61‰ para  $\delta^{13}\text{C}$ , enquanto que  $\delta^{18}\text{O}$  manteve-se entre -5,25 a -6,97‰ (Tabela 3), como pode ser observado no perfil químioestratigráfico da Figura 14.

De uma maneira geral, os valores isotópicos para os dolomitos rosados na Área Pitangui não coincidem com os valores obtidos para a base da Formação Sete Lagoas em várias outras localidades do Grupo Bambuí (e.g.: Vieira *et al.*, 2007b; Martins & Lemos, 2007; Kuchenbecker, 2011, Caxito *et al.*, 2012). Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  em dolomitos de capa pós-glaciais caracteristicamente variam entre -2 e -5‰, com diminuição do valor para o topo da sequência (e.g.: Halverson *et al.*, 2005; Hoffman *et al.*, 2007). Carbonatos da base do Grupo Bambuí (porção inferior da Formação Sete Lagoas) nunca haviam sido descritos com esses valores isotópicos.

Tabela 3 - Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  para amostras da de dolomitos da Formação Carrancas na Área Pitangui. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  estão em ‰<sub>V-PDB</sub>.

Amostra	Altura (m) no perfil amostrado	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	Sr (ppm)	Mn/Sr	Sr/Ca
PIT0	0	8,73	-6,19			
PIT0,5	0,5	8,54	-6,39	18,83	16,877	0,0002
PIT1	1	8,64	-6,88			
PIT1,5	1,5	9,21	-6,65	21,18	7,619	0,0002
PIT2	2	9,35	-6,47			
PIT2,5	2,5	8,60	-6,75	19,74	15,902	0,0002
PIT3	3	9,05	-6,72			
PIT3,5	3,5	9,30	-6,38	22,93	8,955	0,0002
PIT4,5	4,5	9,32	-6,57			
PIT5	5	7,14	-5,35	27,12	6,249	0,0003
PIT6	6	8,64	-6,21			
PIT7	7	9,14	-6,60	10,76	23,120	0,0002
PIT8	8	8,21	-5,45			
PIT8,5	8,5	9,50	-6,52	24,80	12,518	0,0002
PIT9,5	9,5	9,42	-6,51			
PIT10	10	9,61	-5,25	20,48	10,579	0,0002
PIT10,5	10,5	9,43	-6,71			
PIT11	11	8,35	-6,26	16,88	10,504	0,0003
PIT11,5	11,5	8,50	-6,13			
PIT12	12	9,30	-6,97	27,79	7,871	0,0003
PIT12,5	12,5	9,49	-6,57			
PIT13,5	13,5	9,47	-6,47	26,46	8,272	0,0003

PIT0	0	8,73	-6,19			
PIT0,5	0,5	8,54	-6,39	18,83	16,877	0,0002
PIT1	1	8,64	-6,88			
PIT1,5	1,5	9,21	-6,65	21,18	7,619	0,0002
PIT2	2	9,35	-6,47			
PIT2,5	2,5	8,60	-6,75	19,74	15,902	0,0002
PIT3	3	9,05	-6,72			
PIT3,5	3,5	9,30	-6,38	22,93	8,955	0,0002
PIT4,5	4,5	9,32	-6,57			
PIT5	5	7,14	-5,35	27,12	6,249	0,0003
PIT6	6	8,64	-6,21			
PIT7	7	9,14	-6,60	10,76	23,120	0,0002
PIT8	8	8,21	-5,45			
PIT8,5	8,5	9,50	-6,52	24,80	12,518	0,0002
PIT9,5	9,5	9,42	-6,51			
PIT10	10	9,61	-5,25	20,48	10,579	0,0002
PIT10,5	10,5	9,43	-6,71			
PIT11	11	8,35	-6,26	16,88	10,504	0,0003
PIT11,5	11,5	8,50	-6,13			
PIT12	12	9,30	-6,97	27,79	7,871	0,0003
PIT12,5	12,5	9,49	-6,57			
PIT13,5	13,5	9,47	-6,47	26,46	8,272	0,0003

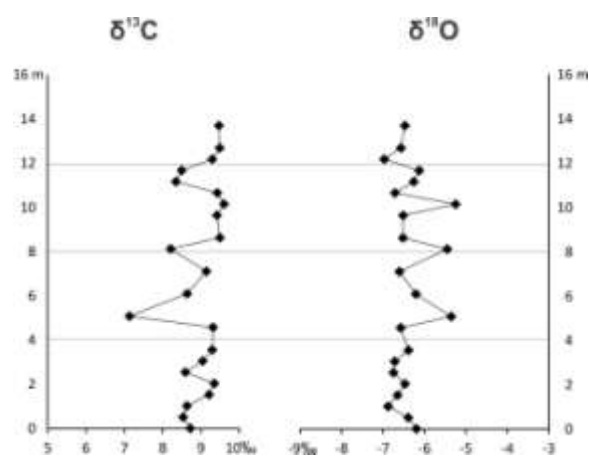


Figura 14 - Perfis isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  em dolomitos da Associação de Dolomitos, na Área Pitangui.

## 6. DISCUSSÕES

Na Área Pitangui, a Formação Carrancas foi dividida em quatro associações distintas, de acordo com as características sedimentares de seus litotipos, sendo tratadas como: Associação de Conglomerados, Associação de Arenitos Grauvaquianos, Associação de Ritmitos e Pelitos, e Associação de Dolomitos, da base para o topo. Já na Área BR-040, a Formação Carrancas possui um grande predomínio de ritmitos e pelitos laminados

comparando-se aos diamictitos, que afloram localmente com pequena espessura (Tabela 4; Figura 15A e 15B).

A diferença marcante entre as associações da Área Pitangui e da Área BR-040 é a maior expressividade, tanto em espessura, quanto em extensão em área, dos ruditos da Área Pitangui. Enquanto que na Área BR-040 o diamictito basal não passa de decimétrico, na área Pitangui a Associação de Conglomerados atinge espessuras de até 30 metros, e possui uma gradação de ortoconglomerados e brechas sustentadas pelos clastos, para diamictitos no topo (Figura 15A). Essa diferença sugere uma sub-bacia mais proximal, de maior declividade e instabilidade, para a Área Pitangui, capaz de sedimentar um grande volume de conglomerados e diamictitos, por processos gravitacionais de borda de bacia. Na Área BR-040, os pelitos da Formação Carrancas podem possuir intercalações lenticulares decimétricas de diamictitos compostos por clastos pelíticos, os quais não são encontrados na Associação de Ritmitos e Pelitos da Área Pitangui (Figura 15B). Fluxos tardios de lama podem constituir o processo gerador dessas lentes diamictíticas no meio do pacote pelítico.

A Associação de Arenitos Grauvaquianos, presente na Área Pitangui, não apresenta correlação com nenhum litotipo da Formação Carrancas na Área BR-040. A presença desses arenitos na área Pitangui corrobora com a grande espessura da

Associação de Conglomerados, evidenciando, para a área Pitangui, uma porção da bacia mais proximal, e de profundidade considerável, na qual todas as sequências sedimentares gravitacionais estão presentes. Alguns arenitos finos mostram granodecrescência ascendente, o que permite interpretá-los, em parte, como produtos de correntes de turbidez (Tabela 4).

A Associação de Ritmitos e Pelitos da Área Pitangui se correlaciona aos ritmitos e pelitos laminados da Área BR-040. Esta correlação é marcada por fortes semelhanças litológicas e estratigráficas. As características que apontam esta correlação, presentes em ambas as áreas, são: (1) ritmitos com lâminas silto-argilosas brancas a beges, lâminas ferruginosas vermelhas e lâminas carbonosas pretas; (2) material ferruginoso clástico, de granulometria silte, como componente das lâminas ferruginosas; (3) variação lateral e vertical de ritmitos para pelitos laminados; (4) assentam-se sobre ortoconglomerados e diamictitos, mas também sobre o embasamento, caracterizando um padrão transgressivo de sedimentação. Entre as duas áreas mapeadas, também se notam diferenças entre os ritmitos e pelitos da Formação Carrancas. Essas diferenças sustentam-se na maior frequência de intercalações de folhelhos negros carbonosos na Área BR-040 do que na Área Pitangui, que por sua vez possui uma maior quantidade de níveis ferruginosos.

**Tabela 4:** Sumário das litofácies da Formação Carrancas apresentadas neste trabalho.

ASSOCIAÇÕES	DESCRIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
Dolomitos	Dolomitos róseos em camadas decimétricas maciças intercaladas com porções mais laminadas. Contato gradacional com Associação de Ritmitos e Pelitos	Deposição de areias e argilas dolomíticas em lâmina de água rasa, por vezes influenciada por correntes.
Ritmitos e Pelitos	Alternância de níveis caulíníticos, ferruginosos e carbonosos. Concentração desses níveis localmente. Na Área Pitangui, ritmitos carbonáticos com <i>hummockys</i> intercalam com pelitos no topo desta associação.	Sedimentação por decantação de carga em suspensão. Correntes de turbidez de baixa densidade. Para o topo, influência de ondas de tempestades.
Arenitos Grauvaquianos	Arenitos finos a médios, podendo ser conglomeráticos. Maciços ou com estratificação plana. Gradado localmente.	Correntes de turbidez de alta/baixa densidade.
Conglomerados	Ortoconglomerados e brechas sustentados por clastos até matacões, maciços e estratificados. Diamictitos de matriz pelítica esverdeada predominando seixos de carbonato e pelito.	Fluxos gravitacionais de detritos e/ou lama em borda de bacia controlada por falhamentos.

Os níveis ferruginosos dos ritmitos e pelitos da Formação Carrancas de ambas as áreas apresentam-se, em lâminas petrográficas, como uma grande concentração de minerais opacos retrabalhados, mostrando angulosidades e arredondamentos. O pelito ferruginoso da Formação Carrancas é quimicamente semelhante a amostras pelíticas ricas em ferro detrítico do Neoproterozoico do Grupo Rapitan, Canadá (Halverson *et al.*, 2011), e distinto dos jaspilitos do mesmo grupo. Além disso, a concentração local desses níveis ferruginosos em níveis granodecrescentes, leva a interpretação de áreas-fontes ricas em ferro, às quais foram retrabalhadas por processos gravitacionais durante a sedimentação da Formação Carrancas.

Os ritmitos e pelitos de ambas as áreas aparentam ter sido depositados por fluxos gravitacionais em porções distais da bacia, em padrão transgressivo, visto pelo amplo predomínio de frações granulométricas finas, estratificações plano-paralelas e presença de granodecrescências em lâminas e camadas. Os processos sedimentares aparentam ser dominados por processos gravitacionais.

O pacote dolomítico aflorante na Área Pitangui apresenta, em vinte e duas amostras coletadas, padrões isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  com valores muito positivos (+7, +9‰). Esses altos valores indicam uma sedimentação em bacia restrita, sem conexão com oceano ventilado. Valores muito positivos são típicos de bacias confinadas, sem recomposição dos valores isotópicos a partir de correntes marinhas (Halverson *et al.*, 2010 e referências citadas). Regionalmente, a Formação Sete Lagoas possui, na sua base, valores negativos (-3, -5‰) e, para o topo, mostra progressivamente valores menos negativos até atingirem valores positivos (e.g., Martins & Lemos, 2007). O pacote dolomítico da Área Pitangui apresenta valores de  $\delta^{13}\text{C}$  incompatíveis com os resultados regionais obtidos para a base da Formação Sete Lagoas. Sugere-se aqui que esses dolomitóides sejam, de fato, pertencentes ao topo da Formação Carrancas, representando uma litologia inédita dentro da unidade. A interpretação para tal é baseada nos seguintes argumentos: (1) Há uma passagem gradual entre a Associação de Ritmitos e Pelitos, abaixo, e a Associação de Dolomitóides, acima (Figuras 3, 6E, 6F, 7A e 7B). (2) Os valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  mostram um padrão que difere dos valores comumente obtidos para a base da Formação Sete Lagoas em diversas outras localidades da bacia. O padrão adquirido para esses dolomitóides são característicos de bacias confinadas, com elevadas taxas de evaporação e

atividade orgânica, fato esse corroborado pela presença constante de níveis pelíticos carbonosos, com certa quantidade de carbono orgânico residual, em toda a sequência da Formação Carrancas nas duas áreas aqui apresentadas. Assim sendo, as características sedimentares e estratigráficas, bem como os altos valores isotópicos, podem ser explicados quando a sedimentação dos dolomitóides é analisada sob a ótica dos processos sedimentares da Formação Carrancas, depositada em bacia confinada, provavelmente sem conexão com mar aberto.

O maior número de fácies rudíticas na Área Pitangui torna a análise da proveniência sedimentar da Formação Carrancas mais simples em relação a Área BR-040. Todos os clastos presentes nos conglomerados são do embasamento local, com amplo predomínio de quartzitos do Supergrupo Rio das Velhas. Há inclusive clastos de quartzitos com intervalos Ta, Tb e Tc de Bouma (1962), sugerindo proveniência das fácies turbidíticas do Grupo Nova Lima, fácies essa já descrita em localidades próximas (Romano, 2007).

Em outros locais de ocorrência da Formação Carrancas, como na MG-424 ou no município de Inhaúma (MG), os clastos presentes nos conglomerados são, também, na ampla maioria, do embasamento local (no caso, Complexo Belo Horizonte), podendo ou não haver clastos de carbonatos subordinados. Como não há carbonatos descritos para os embasamentos, a proveniência desses clastos poderia estar relacionada à base dolomítica da Formação Sete Lagoas, parcialmente ausente na porção sul do Cráton do São Francisco, mas presente em diversas outras partes da bacia (Misi *et al.*, 2008; Sial *et al.*, 2009). Caxito *et al.* (2012) apresentam análises isotópicas de clastos de carbonato do paraconglomerado da Formação Carrancas, no Km 30 da rodovia MG-424, que corroboram essa interpretação. Neste trabalho, clastos de dolomito róseo apresentam valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  semelhantes aos dos dolomitóides de capa da Formação Sete Lagoas, enquanto clastos de calcário retirados da porção superior da Formação Carrancas, próximo ao contato com a Formação Sete Lagoas, apresentam valores isotópicos idênticos aos carbonatos sobrepostos. Por outro lado, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  da matriz do mesmo paraconglomerado apresentam valores distintos (Vieira *et al.*, 2007b), sugerindo uma mistura de componentes detríticos, e também sugerindo que os valores isotópicos encontrados nos clastos não sofreram alteração ou homogeneização pós-deposicional significativa.

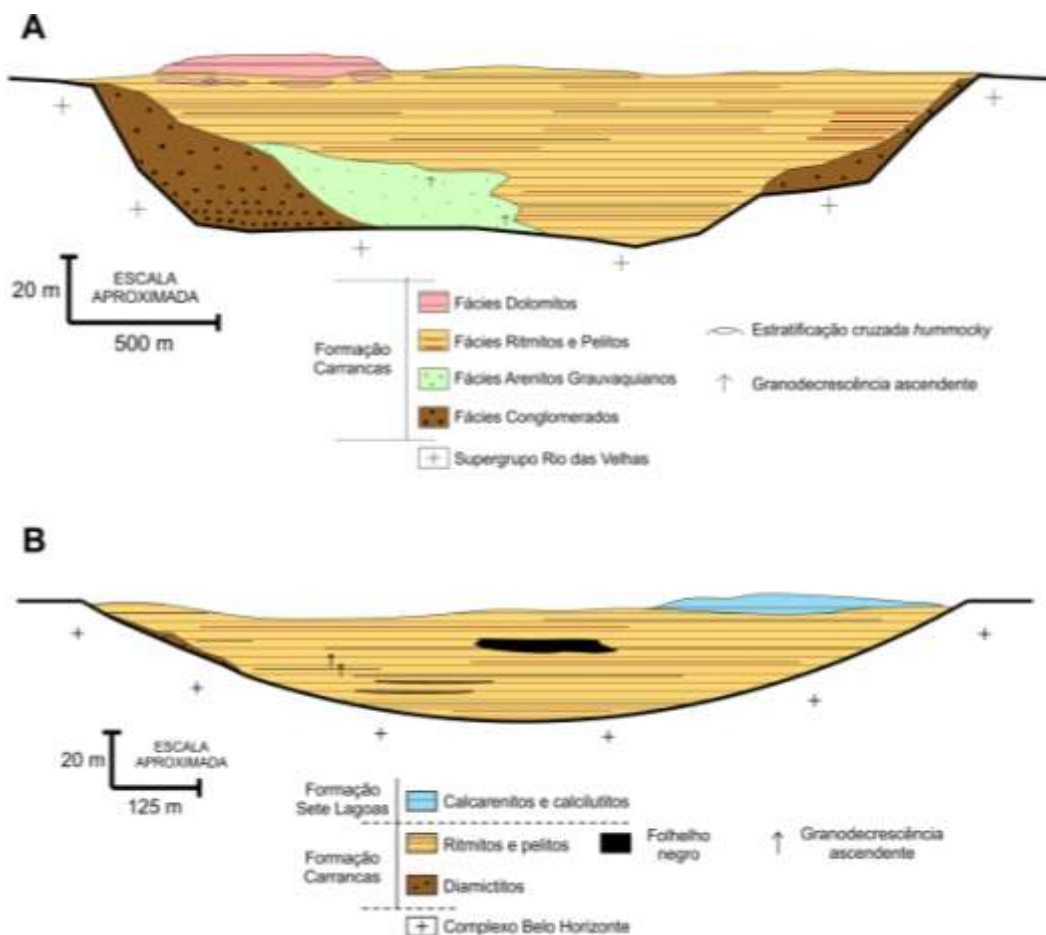


Figura 15 - **A**- Seções esquemáticas para a deposição da Formação Carrancas na Área Pitangui. Sedimentação dolomítica no topo da unidade em questão. Direção de representação aproximadamente N-S. **B**- Esquema deposicional para a Formação Carrancas na Área 040. Representação aproximadamente E-W. Sedimentação a partir de fluxos gravitacionais em calhas do embasamento controladas por falhamentos na borda da bacia. Ambiente marinho restrito ou lacustre.

Provavelmente, a sedimentação da Formação Carrancas ocorreu concomitantemente ou logo após a deposição da base da Formação Sete Lagoas, cujo caráter transgressivo inicial dos carbonatos, posteriormente, recobriu parte da Formação Carrancas. Dessa forma, a Formação Carrancas representaria o retrabalhamento local de parte da base da Formação Sete Lagoas, junto com o seu embasamento, em calhas restritas na borda sul do Cráton do São Francisco. Uma situação semelhante ocorre em seções próximas às bordas de bacia na Formação Maieberg, Ediacarano da Namíbia (Hoffman & Halverson, 2008). Nenhum indício de sedimentação por influência glacial foi identificado para a Formação Carrancas. Ambas as áreas estudadas possuem proveniências muito locais, sendo constituídas quase que exclusivamente pelos respectivos embasamentos. Nesse sentido, propomos para a Formação Carrancas uma sedimentação gravitacional (ortoconglomerados,

diamictitos, arenitos e pelitos), fruto de instabilidades provocadas por falhamentos em borda de bacia, sem influência glacial. As fácies rudíticas foram sedimentadas como fluxos de detritos e/ou de lama dentro de um ambiente lacustre ou marinho restrito com atividade orgânica, onde as fácies psamíticas e pelíticas representam principalmente a sedimentação de possíveis correntes de turbidez subaquosas. A Formação Carrancas, como um todo, foi depositada em calhas nos embasamentos locais da porção sul do Cráton do São Francisco, a partir de fluxos gravitacionais em ambiente subaquoso, provavelmente lacustre (Figuras 15A e 15B), e sem ligação com o mar aberto, criando as condições propícias para a acumulação de matéria orgânica, como evidenciado pela ocorrência de folhelhos negros com teores variados de COT, e também pelos altos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  dos dolomitos da Formação Carrancas.



## 7. CONCLUSÕES

A Formação Carrancas foi estudada em duas localidades diferentes, mostrando boa correlação entre algumas litofácies, considerando a grande semelhança petrográfica, sedimentológica e estratigráfica dos ritmitos e pelitos que ocorrem em ambas as áreas.

Na Área Pitangui, descreve-se, da base para o topo, (1) ortoconglomerados e diamictitos, (2) arenitos maciços, com estratificação plana e localmente com estratificação gradacional, (3) ritmitos e pelitos laminados, às vezes enriquecidos em material ferruginoso e em matéria orgânica, (4) dolomitos róseos em contato gradacional com o topo dos ritmitos e pelitos laminados. Na área BR-040, a Formação Carrancas mostra apenas pelitos e ritmitos, com intercalações muito locais de diamictitos. Predominam amplamente pelitos enriquecidos em matéria orgânica. Na Área Pitangui, a ocorrência de ortoconglomerados, brechas sustentadas pelos clastos, paraconglomerados e diamictitos, além de arenitos, evidencia uma bacia mais proximal, com maior subsidência e de maior instabilidade, quando comparada com a Área BR-040, onde há um grande predomínio de rochas pelíticas.

Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  obtidos nos dolomitos da Área Pitangui mostraram uma tendência muito positiva (+7, +9‰), sugerindo uma sedimentação em bacia restrita, com alta atividade orgânica. Propõe-se a partir dos dados quimioestratigráficos e de campo, que esses dolomitos pertençam à Formação Carrancas e passe a representar uma sedimentação carbonática no topo da unidade em questão. Neste trabalho foram descritas duas litofácies importantes da Formação Carrancas e que corroboram a interpretação de uma deposição em bacia restrita, rica em atividade orgânica: os folhelhos negros com carbono orgânico preservado e os dolomitos com altos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ .

Os litotipos da Formação Carrancas foram aqui interpretados como fluxos de detritos e/ou de lama dentro de um ambiente lacustre ou marinho restrito com atividade orgânica, onde as fácies psamíticas e pelíticas representam principalmente a sedimentação de correntes de turbidez subaquosas, sem influência glacial.

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa (CPMTC-IGC/UFMG) e ao CNPq pelas bolsas de pós-graduação e de produtividade em pesquisa. Comentários e sugestões de Leonardo Lopes e um revisor anônimo de GEONOMOS contribuíram significativamente para o artigo.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: V. Mantesso-Net; A. Bartorelli; C.D.R. Carneiro; B.B. Brito-Neves (orgs.) Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, Beca, São Paulo, p.: 17–35.
- Alkmim F.F. & Martins-Neto M.A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: C.P. Pinto & M.A. Martins-Neto (eds.). A Bacia do São Francisco geologia e recursos naturais. SBG, Belo Horizonte, p.: 9-30.
- Almeida F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. Revista Brasileira de Geociências, 7(4):349-364.
- Algeo T.J. & Lyons T.W. 2006. Mo-total organic carbon covariation in modern anoxic marine environments: implications for analysis of paleoredox and paleohydrographic conditions. *Paleoceanography* 21, PA1016
- Babinski M., Vieira, L.C., Trindade R.I.F. 2007. Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuí Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events. *Terra Nova* 19:401–406.
- Bouma A.H. 1962. Sedimentology of some flysch deposits: a graphic approach to facies interpretation. Elsevier, Amsterdam, 168 p.
- Boynton W.V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: P. Henderson (ed.) Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, Amsterdam, p.: 63-114.
- Castro P.T.A. & Dardenne M.A. 2000. The sedimentology, stratigraphy and tectonic context of the São Francisco Supergroup at the southwestern domain of the São Francisco Craton, Brazil. *Revista Brasileira Geociências*, 30(3):439-441.
- Caxito F.A., Halverson G.P., Uhlein A., Stevenson R., Dias T.G., Uhlein G.J. 2012. Marinoan glaciation in east central Brazil. *Precambrian Research*, 200-203:38-58.
- Costa M.T. & Branco J.J.R. 1961. Roteiro para a excursão Belo Horizonte-Brasília. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 14:15-25
- Chang H.K., Miranda F.P., Magalhães L., Alkmim F. F. 1988. Considerações sobre a evolução tectônica da bacia do São Francisco. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Anais, 5:2076-2090.
- Chiavegatto J.R.S. 1992. Análise estratigráfica das seqüências tempestíticas da Formação Três Marias (Proterozoico Superior), na porção meridional da Bacia do São Francisco. Dissertação de mestrado, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 216 p.
- Dardenne M. A. 1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Anais, 2:597-610.
- Dardenne M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. In.: U.G. Cordani; A.J. Milani; A. Thomaz-Filho & D.A. Campos (eds.) Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, Brazil, 231-264.
- Floyd P.A. & Leveridge, B.E. 1987. Tectonic environment of the Devonian mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *Journal of the Geological Society of London*, 144:531–542.
- Halverson G.P., Wade B.P., Hurtgen M.T., Barovich K.M. 2010. Neoproterozoic Chemostratigraphy. *Precambrian Research*, 182:337-350.

- Halverson G.P., Hoffman P.F., Schrag D.P., Maloof A.C., Rice A.H. 2005. Towards a Neoproterozoic composite carbon-isotope record. *Geological Society of America Bulletin*, 117:1181-1207.
- Halverson G.P., Poitrasson F., Hoffman P.F., Nédélec A., Montel J.M., Kirby J. 2011. Fe isotope and trace element geochemistry of the Neoproterozoic syn-glacial Rapitan iron formation. *Earth and Planetary Science Letters*, 309:100-112.
- Hoffman, P.F., Halverson, G.P., 2008. Otavi Group of the western Northern Platform, the Eastern Kaoko Zone and the western Northern Margin Zone. In: R.M. Miller (ed.), *The Geology of Namibia*. Geological Survey of Namibia, Windhoek, 69–136.
- Hoffman P.F., Halverson G.P., Domack E.W., Husson J.M., Higgins J.A., Schrag D.P., 2007. Are basal Ediacaran (635 Ma) post-glacial cap dolostones diachronous? *Earth Planetary Science Letter*, 258:114–131.
- Kuchenbecker M. 2011. Químioestratigrafia e proveniência sedimentar da porção basal do Grupo Bambuí em Arcos (MG). Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 91p.
- Martins M. & Lemos V.B. 2007. Análise estratigráfica das sequências neoproterozoicas da Bacia do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(4-suplemento):156-167.
- 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 Araçuáí Fold Belt, eastern Brazil. *Sedimentary Geology*, 141/142:343-370.
- McLennan S.B. 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin B., McKay G. (Eds.) *Geochemistry and Mineralogy of the Rare Earth Elements*. Mineralogical Society of America, p.: 169–200.
- McLennan S.M., Taylor S.R., McCulloch M.T. and Maynard J.B. 1990. Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations. *Geochim. Cosmochim. Acta* 54: 2015–2050.
- Paula-Santos G.M., Babinski M., Caetano-Filho S., Kuchenbecker M. 2012. Abordagem químioestratigráfica (C, O) e geocronológica da Formação Sete Lagoas na região de Vespasiano, MG: uma unidade cambriana? In: Congresso Brasileiro de Geologia, 46, v.CD.
- Pedrosa-Soares, A.C., Babinski, M., Noce, C., Martins, M.S., Queiroga, G. & Vilela, F. 2011. The Neoproterozoic Macaúbas Group (Araçuáí orogen, SE Brazil) with emphasis on the diamictite formations. In: Arnaud, E., Halverson, G., Shields, G. (Eds.), *The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations*, Geological Society of London, Memoir 36, pp. 523–534.
- Pimentel M.M., Giustina M.E.S.D., Rodrigues J.B., Junges S.L. 2012. Idade dos grupos Araxá e Bambuí: implicações para a evolução da Faixa Brasília. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 46, v.CD.
- Pimentel M.M., Rodrigues J.B., DellaGiustina M.E.S., Junges S., Matteini M., Armstrong R. 2011. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS UePb sedimentary provenance data: A review. *Journal of South American Earth Sciences* 31:345-357.
- Ribeiro J.H., Tuller M.P., Pinho J.M.M., Signorelli N., Féboli W.L. 2008. A fácies diamictito da Formação Carrancas, Grupo Bambuí, na região sudoeste da bacia do São Francisco, Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 44, Anais, p.: 913.
- Rocha-Campos A.C. Brito-Neves B.B. Babinski M. Santos P.R. Oliveira S.M.B., Romano A. 2011. Moema laminites: a newly recognized Neoproterozoic (?) glaciogenic unit, São Francisco Basin, Brazil In: E. Arnaud, G.P. Halverson, G. Shields-Zhou (eds) *The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations*. Geological Society, London, Memoirs, 36: 535-540.
- Rocha-Campos, A.C., Brito Neves, B.B., Babinski, M., Santos, P.R., Romano, A.W., 2007. Laminito Moema: unidade Neoproterozoica de provável origem glaciogênica, no centro-leste do estado de Minas Gerais. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 10, Programação e Livro de Resumos, p.: 90.
- Rodrigues J.B. 2008. Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí – um estudo de zircões detríticos e idades modelo Sm-Nd. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 128p.
- Romano A.W. 2007. Nota explicativa da Folha Pará de Minas (SE.23-Z-C-IV) 1:100.000. Convênio CPRM-UFMG, 65p.
- Romano A.W. & Knauer L.G. 2003. Evidências da glaciação neoproterozoica na base do Grupo Bambuí - região de Onça do Pitangui - Minas Gerais. In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 12, Anais, v. 1
- Romeiro-Silva P.C. & Zálan P.V. 2005. Contribuição da sísmica de reflexão na determinação do limite oeste do cráton do São Francisco. In: Simpósio do Cráton do São Francisco, 3, Atas, p.: 44-48.
- Roser B.P. & Korsch R.J. 1986. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chemical Geology*, 67:119-139.
- Sgarbi G.N.C, Sgarbi P.B.de A., Campos J.E.G., Dardenne M.A., Penha U.C. 2001. Bacia Sanfranciscana: o registro fanerozóico da bacia do São Francisco. In: C.P. Pinto, & M.A. Martins-Neto (eds.) *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Belo Horizonte, SBG-MG, p.: 93-138
- Sgarbi G.N.C., Tuller M.P.; Ribeiro J.H., Martins-Neto M.A. 2003. The Carrancas Facies and the SeteLagoas Formation: the record of the Neoproterozoic Snowball Earth glaciation in the Bambuí Group, São Francisco Basin. In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 12, Anais, p.30
- Sial A.N., Dardenne M.A., Misi A., Pedreira A.J., Gaucher C., Ferreira V.P., SilvaFilho M.A., Uhlein A., Pedrosa-Soares A.C., Santos R.V., Egydio-Silva M., Babinski M., Alvarenga C.J.S., Fairchild T.R., Pimentel M.M., 2009. The São Francisco Palaeocontinent. In: C. Gaucher, A.N. Sial, G.P. Halverson, H.E. Frimmel (eds) *Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: a focus on southwestern Gondwana*. Developments in Precambrian Geology, 16, Elsevier, p.: 31–69.
- Taylor S.R. & McLennan S.M. 1981. The Composition and Evolution of the Continental-Crust - Rare-Earth Element Evidence from Sedimentary-Rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 301(1461): 381-399.
- Taylor S.R. & McLennan S.M. 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312 pp.
- Taylor S.R. & McLennan S.M. 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews in Geophysics* 33:241-265.
- Teixeira W., Sabate P., Barbosa J., Noce C.M., Carneiro M.A. 2000. Archean and Paleoproterozoic Tectonic Evolution of the São Francisco Craton, Brazil. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (eds) *Tectonic Evolution of South America*, 31<sup>st</sup> IGC, Rio de Janeiro, p.:101-137.

- Tuller M.P., Ribeiro J.H., Signorelli N., Feboli W.L., Pinho J.M.M. 2008. Proposta de uma nova seção-tipo da Formação Carrancas, Grupo Bambuí, na região de Inhaúma, Minas Gerais. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 44, Anais, p. 929.*
- Tuller M.P., Ribeiro J.H., Signorelli N., Feboli W.L., Pinho J.M.M. 2010. Projeto Sete Lagoas-Abaeté: Folha Contagem (1:100.000). Serviço Geológico do Brasil-CPRM, Belo Horizonte, 160 pp.
- Uhlen A. 1991. Transição Cráton – Faixa Dobrada: Exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no estado de Minas Gerais. Aspectos estratigráficos e estruturais. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 245p.
- Uhlen A., Lima O.N.B., Fantinel L.M., Baptista M.C. 2004. Estratigrafia e evolução geológica do Grupo Bambuí, Minas Gerais (Roteiro Geológico). *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 42, Anais, CD-ROM (1vol)*
- Uhlen A., Alvarenga C.J.S., Dardenne M.A., Trompette R.R., 2011. The glaciogenic Jequitai Formation, southeastern Brazil. *In: E. Arnaud, G.P. Halverson, G. Shields-Zhou (eds) The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations. Memoir 36. Geological Society of London, London, p.: 51-66.*
- Valeriano, C.M., Simões, L.S.A., Teixeira, W., Heilbron, M., 2000. Southern Brasília belt (SE Brazil): tectonic discontinuities, K–Ar data and evolution during the Neoproterozoic Brazilian orogeny. *Revista Brasileira de Geociências 30, 195–199.*
- Vieira L.C., Almeida R.P., Trindade R.I.F., Nogueira A.C.R., Janikian L. 2007a. A Formação Sete Lagoas em sua área tipo: fácies, estratigrafia e sistemas deposicionais. *Revista Brasileira de Geociências, 37(4-suplemento):1-14.*
- Vieira L.C., Trindade R.I.F., Nogueira A.C.R., Ader M. 2007b. Identification of a Sturtian cap carbonate in the Neoproterozoic Sete Lagoas carbonate platform, Bambuí Group, Brazil. *Comptes Rendus Geoscience, 339:240–258.*
- Zalán P.V., Romeiro-Silva P.C., 2007. Proposta de mudança significativa na coluna estratigráfica da Bacia do São Francisco. *In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 10, Programação e Livro de Resumos, p. 96.*
- Zucchetti M., Baltazar O.F., Raposo P.O. 1998. Estratigrafia. *In: M. Zucchetti & O.F. Baltazar (coord.) Projeto Rio das Velhas: Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000, 2 ed. Belo Horizonte, DNPM/CPRM, p.: 13-42.*