



## CARACTERIZACIÓN LITOGEOQUÍMICA DE ROCAS METASEDIMENTARIAS DEL DEPÓSITO DE SÃO SEBASTIÃO, GREENSTONE BELT PITANGUI, MINAS GERAIS, BRASIL

Aline Rose Lopes Sousa<sup>1</sup> y Atlas Vasconcelos Corrêa Neto<sup>2</sup>

### Resumen

Se realizó la caracterización litogeoquímica de rocas metasedimentarias del *Greenstone Belt* de Pitangui, con el fin de obtener más información sobre el ambiente de deposición y la configuración tectónica de las rocas del Depósito São Sebastião, a través de datos químicos de roca total. Para la realización de este trabajo se recolectaron muestras a través de núcleos de perforación rotativos diamantados realizados entre 2014 y 2015 por la empresa IAMGOLD en campañas de investigación minera. Se enviaron veinticinco muestras de rocas metasedimentarias a Bureau Veritas Mineral Laboratories (Laboratorios ACME) en Canadá, para su análisis (elementos mayores, menores y ETR + Y) mediante espectrometría de emisión ICP seguida de fusión de metaborato de litio / tetraborato y digestión nítrica diluida. Los resultados se compararon con los datos existentes para el área sudoeste del *Greenstone Belt* Pitangui, para verificar una posible correlación.

El yacimiento aurífero de São Sebastião se encuentra en el *Greenstone Belt* Pitangui, al noroeste del Cuadrilátero Ferrífero, al sur del Cratón de São Francisco, Minas Gerais-Brasil. Este cinturón comprende tres unidades: una unidad inferior formada por rocas metavolcánicas ultramáficas y máficas intercaladas con intervalos metasedimentarios de formaciones de hierro bandeadas (BIFs), metareniscas turbidíticas y metapelitas; intermedio compuesto de arenisca y rocas metasedimentarias pelíticas intercaladas con rocas metavolcánicas intermedias y BIF y superior compuesto por cuarcitas y metaconglomerados polimíticos. El metamorfismo alcanzó facies de esquistos verdes superiores a anfíbolitas. La región del Depósito de

São Sebastião corresponde a la unidad inferior del *Greenstone Belt* Pitangui.

Las rocas metasedimentarias del yacimiento de São Sebastião fueron identificadas como cuarzaarenitas, arenas ferruginosas y muestra subarcosa. La composición de los elementos más grandes de estas metarenitas es homogénea y consistente con la composición promedio de UCC y PAAS.

El análisis geoquímico y la interpretación de los diagramas de clasificación de estas rocas indican que sufrieron baja meteorización en la fuente e inmadurez composicional, por lo tanto, un entorno de deposición proximal. Estos análisis también sugieren un origen bimodal para el grupo de muestra, con predominio de una fuente félsica para las muestras de cuarzaareniscas y una fuente máfica para las muestras de arena ferruginosa y subarcosa. Las características geoquímicas de las rocas metasedimentarias del yacimiento también apuntan a un origen tectónico relacionado con un entorno de margen continental activo para muestras de cuarzaareniscas y arcos de islas oceánicas para arenas ferruginosas y subarcosas. Esto puede explicarse por una transición de los tipos litológicos de metasedimentos correspondientes a un cambio en la naturaleza del vulcanismo y la configuración tectónica. Por lo tanto, corroboran con la propuesta de que el *Greenstone Belt* Pitangui se desarrolló en un régimen tectónico de *back-arc* que converge a un entorno de subducción de arco insular. Se compararon datos litoestratigráficos y geoquímicos del Yacimiento São Sebastião y del sector suroeste del *Greenstone Belt* Pitangui y solo las muestras de arena ferruginosa son similares

Palabras clave: geoquímica; *Greenstone Belt* Pi-

tangui, rocas metasedimentarias; Deposito

São Sebastião, ambiente tectónico.

#### Abstract

The lithochemical characterization of the metasedimentary rocks of the Greenstone Belt of Pitangui was carried out, in order to obtain more information about the deposition environment and the tectonic configuration of the rocks of the São Sebastião Deposit, through chemical data of total rock. To carry out this work, samples were collected through diamond rotary drilling cores carried out between 2014 and 2015 by the IAM-GOLD company in mining research campaigns. Twenty-five meta-sedimentary rock samples were submitted to Bureau Veritas Mineral Laboratories (ACME Laboratories) in Canada for analysis (major, minor, and ETR + Y elements) by ICP emission spectrometry followed by lithium metaborate / tetraborate fusion and dilute nitric digestion. The results were compared with existing data for the southwest area of the Greenstone Belt Pitangui, to verify a possible correlation.

The São Sebastião gold deposit is located in the Pitangui Greenstone Belt, northwest of the Ferrífero Quadrilateral, south of the São Francisco Craton, Minas Gerais-Brazil. This belt comprises three units: a lower unit formed by ultramafic and mafic metavolcanic rocks interspersed with metasedimentary intervals of banded iron formations (BIFs), turbiditic metasandstone and metapelites; intermediate composed of sandstone and pelitic metasedimentary rocks interspersed with intermediate metavolcanic rocks and BIF and upper composed of quartzites and polymythic metaconglomerates. The metamorphism reached facies of green schists superior to amphibolites. The São Sebastião Deposit region corresponds to the lower unit of the Pitangui Greenstone Belt. The meta-sedimentary rocks of the São Sebastião deposit were identified as quartz-sand, ferruginous sands and a subarcose sample. The composition of the largest elements of these metasandstones is homogeneous and consistent with the average composition of UCC and PAAS.

Geochemical analysis and interpretation of the classification diagrams of these rocks indicate that they suffered low source weathering and compositional immaturity, hence a proximal deposition environment. These analyzes also suggest a bimodal origin for the sample group, with a predominance

of a felsic source for the quartz-sand samples and a mafic source for the ferruginous and subarcose sand samples. The geochemical characteristics of the meta-sedimentary rocks in the reservoir also point to a tectonic origin related to an active continental margin environment for quartz-sand samples and oceanic island arches for ferruginous sands and sub-arches. This can be explained by a transition of the lithological types of metasediments corresponding to a change in the nature of the volcanism and the tectonic configuration. Therefore, they corroborate with the proposal that the Greenstone Belt Pitangui developed in a back-arc tectonic regime that converges to an island arc subduction environment. Lithostratigraphic and geochemical data from the São Sebastião Field and the southwestern sector of the Greenstone Belt Pitangui were compared and only the ferruginous sand samples are similar.

Keywords: geochemistry; Greenstone Belt Pitangui, metasedimentary rocks; São Sebastião

Deposit, Tectonic environment.

#### Desarrollo

Después de los resultados, los datos se procesaron con Microsoft Office Excel. y el GCDkit (Geo-Chemical Data ToolKIT versión 4.1; Janousek, et al., 2006), para hacer tablas comparativas, gráficos elementales y normalizaciones para el PAAS (post-

Esquisto australiano promedio de Archaean; McLennan, 1989), Condrita (condrita REE, Boynton, 1984) y Upper Continental Crust (UCC; Rudnick y Gao, 2003). Pero, actualmente, el software GCDkit no tiene tablas de clasificación litogeoquímica para rocas metasedimentarias, solo para rocas ígneas. Por eso para la realización de los gráficos de caracterización y clasificación se hizo uso de Microsoft Office Power Point, con la ayuda de bibliografía de caracterización de rocas metasedimentarias con gráficos adaptados a la mismo. Algunos ejemplos de gráficos con los resultados de las muestras están abajo.

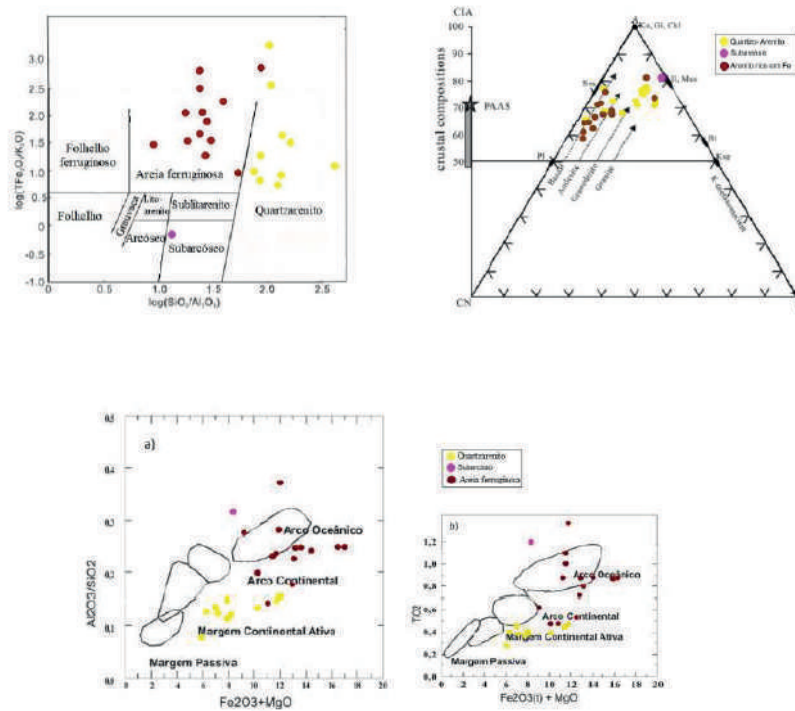


Figura 25: Diagrama de classificação tectónica para as amostras do Depósito São Sebastião. (a) Diagrama  $Fe_2O_3 + MgO$  vs.  $Al_2O_3/SiO_2$  (Bhatia e Crook, 1983); (b) Diagrama  $Fe_2O_3 + MgO$  vs.  $TiO_2$  (Bhatia, 1983).

Tabela 4: Comparação entre as relações elementares médias das amostras de metarenitos do Depósito São Sebastião e os intervalos conhecidos para arenitos de diferentes fontes de proveniência. Valores para UCC de McLennan (2001); Taylor e McLennan (1985). Valores para os intervalos de rochas félsicas e máficas de Cullers *et al.* (1988); Cullers (1994); Cullers e Podkovyrov (2000).

Relação elementar	UCC	Rochas de origem félsica	Rochas de origem máfica	Amostras deste estudo		
				Arenito rico em Fe	Quartzarenito	Subarcóseo
Eu/Eu*	0,63	0,40 - 0,94	0,71 - 0,95	0,72 - 0,94	0,59 - 0,96	0,52
La/Sc	2,21	2,5 - 16,30	0,4 - 0,86	0,7 - 3	2,51 - 4,35	0,76
Th/Co	0,63	0,67 - 19,40	0,04 - 1,4	0,14 - 0,4	0,4 - 0,98	0,29
La/Co	1,76	1,8 - 13,8	0,14 - 0,38	0,58 - 1,25	0,99 - 2,21	0,7
Th/Sc	0,79	0,84 - 20,50	0,05 - 0,22	0,19 - 1,05	1,06 - 2,68	0,32
Cr/Th	7,76	4,0 - 15	25 - 500	1,55 - 20,93	8,31 - 23,11	3,12

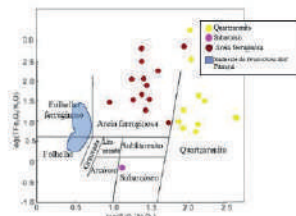
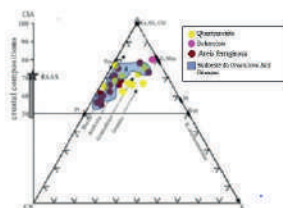


Figura 26: Diagrama de classificação químico adaptado de Herton (1988), mostrando campo ocupado pelas amostras do setor sudoeste (dados de Melo Silva, 2016). O Georaster do Setor Pitanga ocupado pelas amostras do Depósito São Sebastião.



## Conclusiones

Todos los conjuntos presentan índice de meteorización baja a moderada e inmadurez composicional, con abundancia en minerales silicatos no argilosos, estando cercanos al área fuente.

Las muestras de rocas meta sedimentares del depósito de São Sebastiao probablemente pertenecen a los metareniscas turbidíticos de una unidad inferior de GPB.

Las muestras de cuarzeniscas tienen procedencia con predominio de fuente félsica / intermedia y se generaron en ambientes de margen continental activo, mientras que las muestras de arena ferruginosa y subarcosa tienen procedencia máfica y se generaron en arcos isleños oceánicos.

La geoquímica de las muestras en este estudio es compatible con la hipótesis de que el *Greenstone Belt* Pitangui se desarrolló en un régimen tectónico de back-arc que converge a un entorno de subducción de arco insular.

La región del depósito de São Sebastiao (medio oeste de la GBP) puede ser diferente del sector suroeste del *Greenstone Belt* Pitangui

## Contribuciones técnicas o científicas

Este trabajo contribuye a la caracterización de un posible ambiente de deposición y configuración tectónica de rocas metasedimentarias del Yacimiento São Sebastião, ya que se encuentra en un *Greenstone Belt* aún poco conocida y con la mayoría de los trabajos enfocados a la exploración minera por parte de varias empresas (ej: IAMGOLD, Jaguar, MICAPEL, Verena). Con escasez de trabajos en las rocas metasedimentarias de la zona, pudiendo conocer el entorno tectónico arcaico del *Greenstone Belt* Pitangui explorando datos geoquímicos.

## Referencias bibliográficas

Alkmim, F.F., Marshak, S., 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*. 90, 29–58.

Baltazar, O.F., Zucchetti, M. 2007. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the regional setting of gold deposits. *Ore Geology*, 32, 471–499.

Baltazar, O. F., Lobato, L. M., 2020. Structural Evolution of the Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: Influence of Proterozoic Orogenies on Its Western Archean Gold Deposits. *Minerals* 10, 983.

Brando Soares, M., Corrêa Neto, A.V., Zeh, A., Cabral, A.R., Pereira, L.F., Prado, M.G.B., Almeida, A.M., Manduca, L.G., da Silva, P.H.M., Mabub, R.O.A., Schlichta, T.M. 2017. Geology of the Pitangui greenstone belt, Minas Gerais, Brazil: Stratigraphy, geochronology and BIF geochemistry, *Precambrian Research*, 291, 17-41.

Brando Soares, M., Neto, A. V. C., Fabricio-Silva W., 2020. The development of a Meso- to Neoproterozoic rifting-convergence collision-collapse cycle over an ancient thickened protocontinent in the south São Francisco craton, Brazil. *Gondwana Research*, 77, 40-66.

Herron, M. M., 1988. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*. 58, 820–829.

Mccann T., 1991. Petrological and geochemical determination of provenance in the southern Welsh Basin. *Geological Society of London*. 57, 215-230..

McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin, B.R., McKay, G.A. (Eds.), *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements*. *Reviews in Mineralogy* 21, pp. 169–200.