



Paleomagnetismo da sucessão vulcanogênica do Grupo Surumu (Paleoproterozóico do Cráton Amazônico): Resultados Preliminares

Maria Anna Reis¹, Liliane Janikian¹, Ricardo Trindade¹, Franklin Bispo-Santos¹, Manoel S. D'Agrella-Filho¹, Néelson Reis² (1- IAG/USP, 2-CPRM-Manaus)

Copyright 2011, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Here we present paleomagnetic and rock magnetic data for 38 sampling sites in a volcanoclastic succession (~50 m thick) from Surumu Group (Roraima State – Amazonian Craton), dated by U-Pb SHRIMP technique at 1,96 Ga. After elimination of viscous components through AF demagnetization, a total of 71 samples yielded coherent directions carried by magnetite with PSD to MD grain size. Sites with dominance of MD magnetite presented more unstable results and were discarded from further analyses. A final mean direction of dec/inc = 281.57/45.7° (n=19, R=18.28, K=24.94, α_{95} =6.9°) was calculated for the remaining samples, which corresponds to a paleomagnetic pole at a latitude of 12.3°S and longitude of 236.5°E (dp=5.6°, dm=8.8°). When compared to other Paleoproterozoic poles of the Guiana Shield, the Surumu Pole is not far from 1,97 Ga poles, and helps to trace the apparent polar wander path for this cratonic unit at that time.

Introdução

O Cráton Amazônico é uma das maiores províncias precambrianas da Plataforma Sul-Americana, ocupando uma área de ~ 4.400.000 km², abrangendo partes do Suriname, Guiana, Guiana Francesa, Colômbia, Venezuela, Bolívia e Brasil, com ocorrência nos estados do Acre, Rondônia, Roraima, Amazonas, Pará e Mato Grosso (Figura 1). Estudos geocronológicos, geológicos e geofísicos permitiram compartimentá-lo em províncias geotectônicas que datam desde o Arqueano até o Neoproterozóico (Tassinari *et al.*, 2000, Santos *et al.*, 2000). De acordo com Santos *et al.*, (2000), o Cráton Amazônico pode ser compartimentado nas seguintes províncias: Carajás-Imataca (3.10-2.53 Ga), Transamazônica (2.25-2.00 Ga), Tapajós-Parima (2,01-1,87 Ga), Amazônia Central (1,88-1,70 Ga), Rio Negro (1,86-1,52 Ga), Rondônia-Juruena (1.75-1.47 Ga), K'Mudku (1.25-1.10 Ga) e Sunsás (1.20-0.99 Ga). A formação dessas províncias resultou de uma série de acreções de NE para SW. Por fim, cinturões orogênicos Neoproterozóicos e Cambrianos (Faixa Paraguai-Araguaia) desenvolveram-se na borda leste do cráton

nos estágios finais de formação do Gondwana Ocidental. Este conjunto de eventos não apresenta similaridade com aqueles registrados em outras unidades cratônicas da América do Sul. Na verdade, a evolução do Cráton Amazônico guarda maior semelhança com a dos crátons Oeste Africano, Laurentia e Báltica. O papel desses diferentes escudos precambrianos na formação de antigos supercontinentes é um tema em discussão na literatura mundial (e.g., Rogers, 1996, Pesonen *et al.*, 2003, Bispo-Santos *et al.*, 2008).

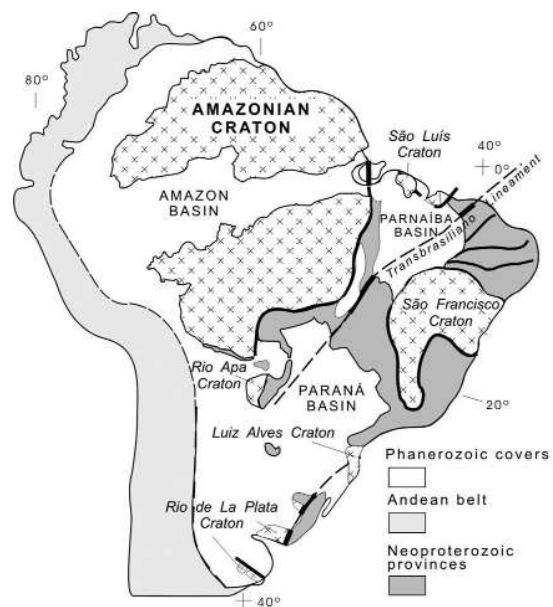


Fig. 1 – O Cráton Amazônico e outras províncias da América do Sul. Fonte: U. G. Cordani *et al.* (2009).

O paleomagnetismo é a técnica mais apropriada para testar modelos paleogeográficos. Atualmente, o Cráton Amazônico é uma das regiões cratônicas menos conhecidas do ponto de vista paleomagnético. Esse trabalho está inserido em um conjunto de pesquisas que visam preencher essa lacuna, com a obtenção de pólos de referência para essa região. Os primeiros resultados paleomagnéticos para as rochas vulcânicas do Grupo Surumu foram obtidos por Bispo-Santos *et al.* (2008, 2010a,b). Neste trabalho apresentamos os resultados paleomagnéticos obtidos em uma sucessão vulcanoclástica pertencente às rochas do Grupo Surumu, amostradas no norte do Estado de Roraima. Esses resultados permitiram definir um pólo paleomagnético preliminar para a região com uma idade muito bem estabelecida a partir de dados geocronológicos pré-

existentes. Esse pólo, embora preliminar, permite efetuar comparações com os pólos paleomagnéticos existentes (Nomade et al., 2001, 2003, Théveniaut et al., 2006, Bispo-Santos et al., 2010a,b) e estabelecer algumas inferências paleogeográficas para o Cráton Amazônico no início de sua evolução.

Geologia Regional e Amostragem

O Grupo Surumu foi definido inicialmente por Barbosa e Ramos (1959). De idade paleoproterozóica, está inserido no norte do Cráton Amazônico, recoberto pela província Tapajós-Parima, segundo o modelo de Santos e colaboradores (2000). Suas rochas vulcânicas intermediárias a ácidas formam o substrato da bacia sedimentar do Supergrupo Roraima, na qual ocorrem os arenitos, siltitos e conglomerados. No setor setentrional do Estado de Roraima, a área de exposição de depósitos de rochas sedimentares mesoproterozóicas mais expressiva é representada pelo Bloco Pacaraima (Reis et al., 1996).

A predominância de depósitos de fluxos piroclásticos na região norte do Estado de Roraima sobre os demais produtos vulcânicos, segundo Dreher e colaboradores (2005), associa o vulcanismo do Grupo Surumu a caldeiras, constituído predominantemente por vulcanismo ácido explosivo de caráter subaéreo. Segundo estes autores, a região possui uma presença dominante de ignimbritos riolíticos a dacíticos e em alguns pontos foram constatados tufitos e sedimentos vulcanogênicos intercalados com ignimbritos, intrusões sin-vulcânicas de andesitos, riolitos e microgranitos. Suas lavas e rochas piroclásticas datam de $1,966 \pm 0,009$ Ga (Schobbenhaus et al., 1994), concordantes com a datação de Santos e colaboradores (2003) de $1,984 \pm 0,009$ Ga ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$).

Reis e colaboradores (2000) descrevem que as rochas do Grupo Surumu, na porção leste do Estado de Roraima, com predomínio de rochas extrusivas de composição tipicamente dacítica, seguida de andesitos e riolitos em menor quantidade, apresentando uma pequena variedade efusiva e piroclástica. Além disso, sugerem que a foliação presente está associada com processos deformacionais do evento K'Mudku ($1,25-1,10$ Ga), definido por Barron (1966), um episódio tectônico que produziu deformações nas unidades geológicas mais antigas da região.

O mapeamento geológico da Folha Vila de Tepequém (NA.20-X-A-III) realizado por Dreher e colaboradores (2005) permitiu o reconhecimento de quatro litotipos para as rochas do Grupo Surumu, na parte norte do Estado de Roraima:

Ignimbritos. Litotipo predominante, apresenta caráter intermediário a ácido (riolíticos a dacíticos), possuem fenocristais de feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, opacos e biotita rara, com tamanho de aproximadamente 2mm, além de possuírem litoclastos de andesito e dacito na fração *lapilli*.

Lavas ácidas e intermediárias. Os termos intermediários (andesitos) apresentam fenocristais de plagioclásio, por vezes orientados por fluxo, e vesículas preenchidas por

epidoto ou clorita. Os termos ácidos (dacitos e riolitos) possuem fenocristais de plagioclásio, feldspato potássico e quartzo de até 4mm em matriz quarto-feldspática, com forte devitrificação e alteração. Os autores reforçam a interpretação de derrames pela ausência de *shards* mas, por outro lado, a presença de estilólitos levanta a possibilidade de uma origem piroclástica dessas rochas.

Intrusões sinvulcânicas. Os autores descrevem diques de direção E-W e intrusões rasas, compostos por riolitos e microgranitos com texturas gráficas, granofíricas e esferulíticas. Fenocristais de até 4mm de feldspato potássico.

Tufitos e arenitos vulcanogênicos. Reis e colaboradores descrevem tufos ácidos piroclásticos e epiclásticos intercalados a ignimbritos na porção NE da folha mapeada, além de arenitos de má seleção textural e granulométrica com fragmentos de plagioclásio rochas vulcânicas.

As rochas estudadas neste projeto foram coletadas em uma cachoeira ao longo do Rio Uailã na região nordeste do Estado de Roraima, mais precisamente sob latitude e longitude de $04^{\circ}30'23''\text{N}$ e $60^{\circ}19'49''\text{W}$, respectivamente (Figura 2). Cilindros de 2,54 cm de diâmetro foram coletados com uma perfuratriz portátil ao longo de um perfil vulcano-estratigráfico pertencente às rochas do Grupo Surumu com espaçamento de cerca de 1 m entre as estações, sendo então orientados com bússola magnética e solar.

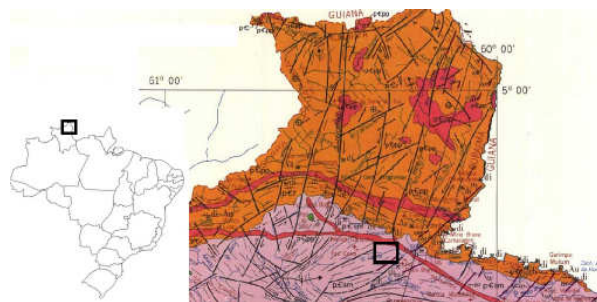


Fig. 2 – Mapa geológico da região de estudo, com a localização da área em que se encontra o afloramento amostrado para o projeto (modificado de Departamento Nacional da Produção Mineral, 1975). Em lilás: Formação Surumu (dacitos, riolitos, tufos e ignimbritos: pseudotaquilitos e ultramilonitos); em rosa: Diabásio Pedra Preta (diabásio, gabro normal, gabro a olivina e hiperstênio gabro, sobre a forma de “sills”, diques e “stocks”); em laranja: Grupo Roraima (conglomerados polimíticos, arenitos ortoquartzíticos, arcósios, siltitos, folhelhos, jaspe, “cherts”, tufos intercalados; quartzitos e “hornfels” no contato com diabásios); em verde: intrusivas básicas.

Métodos

Os cilindros coletados no campo foram seccionados em espécimens com 2,2 cm de altura e marcados para as medidas magnéticas.

A fim de identificar as componentes do vetor de magnetização, foram feitos estudos paleomagnéticos em

78 espécimens, utilizando desmagnetização por campos magnéticos alternados (AF) com o intuito de isolar sua magnetização característica. As desmagnetizações foram realizadas no Laboratório de Paleomagnetismo do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo, em dois diferentes equipamentos: o desmagnetizador da Molspin e LDA-3A AF (Agico Ltd.). Os passos de aplicação de campos para desmagnetização foram distintos em cada equipamento devido à diferença na precisão. Para o Molspin: 0, 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5, 15, 17,5, 20, 22,5, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100. Para o LDA-3A: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100. As medidas da magnetização foram realizadas no magnetômetro JR-6A (Agico Ltd.). Com o objetivo de evitar interferências do campo magnético local durante as medidas, o equipamento é disposto em uma sala blindada magneticamente, com campo magnético interno inferior a 1000 nT. Após as etapas de desmagnetização os dados obtidos foram plotados em diagramas ortogonais (Zijderveld, 1967) para determinar suas direções de magnetização característica usando a técnica de componentes principais (Kirschvink, 1980).

A mineralogia magnética das amostras foi investigada a partir de medidas de histerese. As medidas foram efetuadas no magnetômetro de amostra vibrante (VSM) MicroMagTM (Princeton Measurements Corporation modelo 3900) do Laboratório de Paleomagnetismo do National Oceanography Centre (NOC), Universidade de Southampton, Inglaterra. Dos ciclos de histerese foram extraídos os parâmetros: magnetização remanente de saturação (M_{rs}), magnetização de saturação (M_s), coercividade (H_c) e coercividade remanente (H_{cr}). As razões M_{rs}/M_s foram plotadas contra as razões H_{cr}/H_c em diagramas do tipo Day et al. (1977).

Resultados

A intensidade da magnetização remanente natural (MRN) das rochas estudadas varia entre 0,0131 e 50,9 A/m e apresentou forte decaimento logo nos primeiros passos de desmagnetização AF. Este tratamento isolou uma componente característica após a eliminação de componentes magnéticas aleatórias, em campos de até 10-15 mT, provavelmente de origem viscosa. A grande maioria das amostras apresentou forte estabilidade magnética e vetores característicos bem definidos com MAD inferior a 15° para 91% das amostras (Figura 3).

Após a eliminação das amostras com comportamento instável, comparamos direções características de amostras referentes aos mesmos níveis de coleta. Amostras com diferenças angulares superiores a 30° foram rejeitadas. Nesta etapa foram eliminadas 30% das amostras, situadas principalmente da parte superior do perfil amostrado. É interessante notar que esse grupo de amostras com direções dispersas apresenta valores de intensidade de MRN bastante elevados.

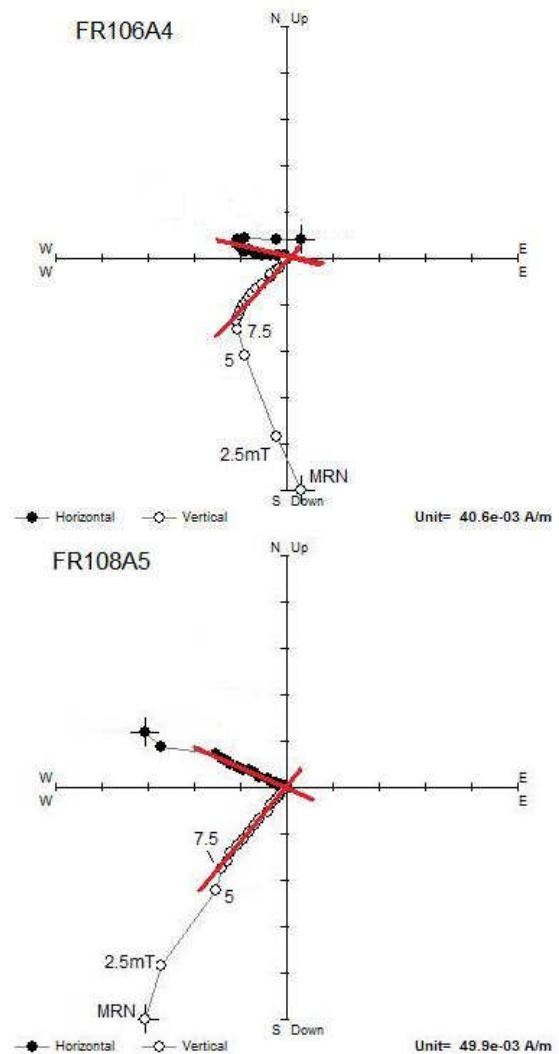


Fig. 3 – Diagramas ortogonais de desmagnetização, bem como a direção calculada dos espécimes FR106A4 e FR108A5.

As amostras situadas abaixo de 440 m de altitude possuem os menores valores intensidade de MRN e apresentaram maior coerência em suas direções características. Essas amostras foram então utilizadas para calcular uma direção média para o Grupo Surumu (Figura 4): $dec = 281,5^\circ$; $inc = 45,7^\circ$ ($n = 19$, $R = 18,3$, $K = 24,9$, $\alpha_{95} = 6,9^\circ$), que corresponde a um pólo paleomagnético situado em: $lat = 12,3^\circ S$, $lon = 236,5^\circ E$ ($dp = 5,6^\circ$, $dm = 8,8^\circ$; paleolatidade de $6,2^\circ$).

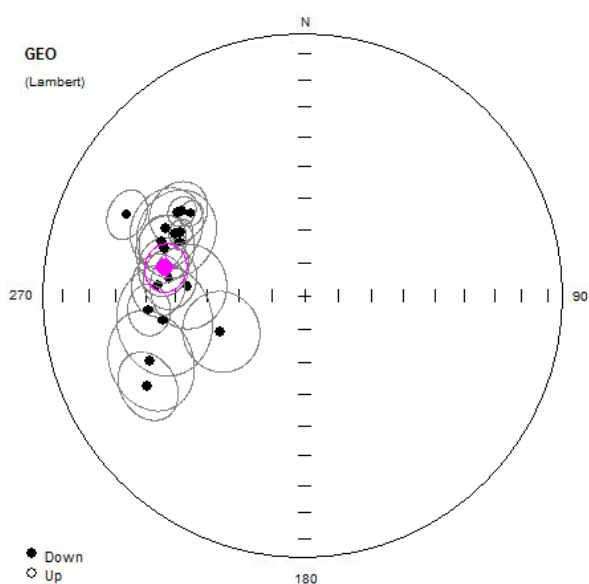


Fig. 4 – Estereograma com as direções médias por sítio (nível) do vetor de magnetização das amostras selecionadas.

Como as amostras foram coletadas em uma sequência vulcanoclástica, elas correspondem, provavelmente, a vários períodos de extrusão sucessivos no tempo. A fim de analisar a evolução do campo magnético terrestre registrado nesse local ao longo do tempo, foram feitos gráficos das componentes magnéticas em relação à altitude da estação de coleta (Figura 5). Os dados obtidos entre 423 e 440 m são aqueles com maior estabilidade. Acima dessa altitude diversas amostras apresentaram comportamento instável.

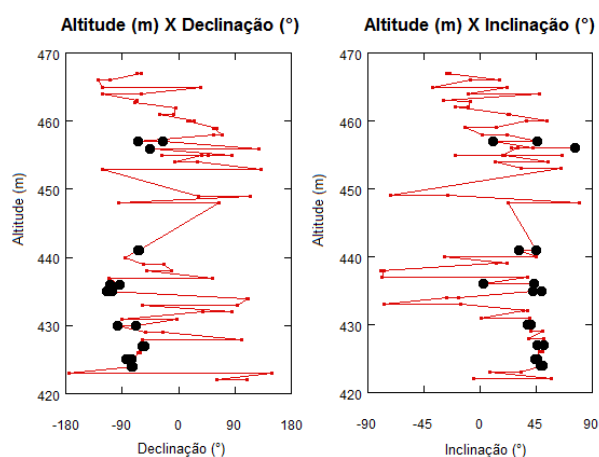


Fig. 5 – Gráficos da declinação e da inclinação (°) da amostra ao longo do perfil, com destaque para as selecionadas no cálculo da direção média (círculos pretos).

Os padrões de desmagnetização e os dados de histerese coletados nessas amostras indicam a presença de

magnetita como principal portador magnético da direção característica. As amostras apresentam um comportamento bimodal no diagrama de Day et al. (1977) (Figura 6), com um conjunto de amostras apresentando características de magnetitas com estrutura de pseudo-domínio simples (PSD) e outro conjunto de amostras situado no campo das magnetitas multidomínio. É interessante observar que o intervalo com magnetitas multidomínio, que são portadores magnéticos menos estáveis, coincide com o intervalo onde as direções características são mais dispersas. As causas dessa dispersão serão investigadas nas próximas etapas do trabalho.

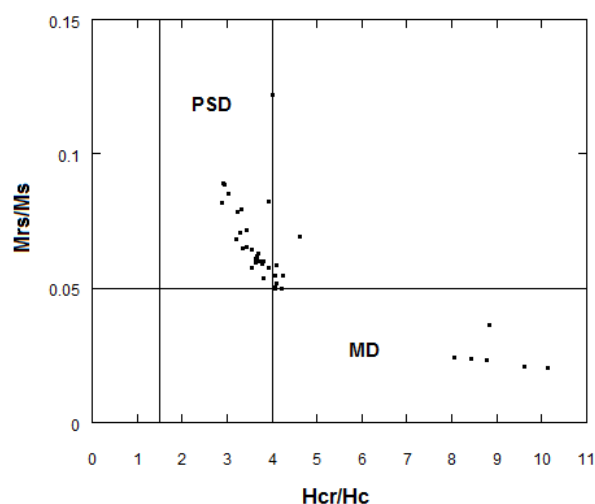


Fig. 6 – Diagrama de Day et al. (1977) com os campos de magnetita multidomínio (MD) e pseudo-domínio simples (PSD) para as amostras estudadas.

Discussões

O pólo preliminar do perfil vulcano-estratigráfico do Surumu (VS) obtido nesse trabalho foi comparado com outros pólos paleomagnéticos existentes para o Cráton Amazônico obtidos nas Guianas e na Venezuela (e.g. Nomade et al., 2001, 2003, Théveniaut et al., 2006) e, principalmente, no Brasil (pólo GS determinado para as rochas do Grupo Surumu por Bispo-Santos et al., 2010a,b). O pólo VS localiza-se próximo ao pólo GS e a nordeste de outros pólos considerados de idade 1,97 Ga, sendo compatível com a curva de deriva polar aparente traçada para o Escudo das Guianas por Théveniaut et al. (2006).

Conclusão

Os dados preliminares aqui obtidos sugerem que as rochas vulcânicas do Grupo Surumu têm um forte potencial para fornecer um pólo paleomagnético de referência para o Cráton Amazônico em 1.96 Ga. Esse pólo permitirá testar modelos paleogeográficos que relacionam o Cráton Amazônico à Laurentia, Báltica e Oeste da África durante o Paleoproterozóico.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento do projeto de pesquisa (processos 2010/10487-6, 2007/59531-9).

GEOCIAM (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Geociências da Amazônia) e CAPES pelo financiamento de bolsa de pós-doutoramento de Liliâne Janikian.

Referências

- Barbosa, O., Ramos, J.R.A., 1959. Território do Rio Branco, aspectos principais da geomorfologia, da geologia e das possibilidades minerais de sua zona setentrional. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, 196: 1–49.
- Bispo-Santos, F., D'Agrella-Filho, M.S., Pacca, I.I.G., Janikian, L., Trindade, R.I.F., Elming, S.-Á., Silva, J.A., Barros, M.A.S. & Pinho, F.E.C., 2008. Columbia revisited: Paleomagnetic results from the 1790 Ma Colíder volcanics (SW Amazonian Craton, Brazil). *Precambrian Res.*, 164 (1-2): 40-49. doi: 10.1016/j.precamres.2008.03.004
- Bispo-Santos, F., D'Agrella-Filho, M. S., Trindade, R. I. F. 2008. Resultados paleomagnéticos preliminares de unidades paleoproterozóicas do Cráton Amazônico e suas implicações em reconstruções paleogeográficas globais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba, PR, Anais do 44º Congresso Brasileiro de Geologia (CD-ROM), p. 986, SBG, 2008.
- Bispo-Santos, F., D'Agrella-Filho, M. S., Reis, N. J., Trindade, R. I. F., Cordani, U. G. 2010a. Paleomagnetism of Paleoproterozoic volcanic rocks from Surumu Group, Amazonian Craton: Implications for the Assembly of Columbia Supercontinent, *Eos Trans. AGU*, 91(26), Meet. Am. Suppl., Abstract GP23B-02, 2010.
- Bispo-Santos, F., D'Agrella-Filho, M. S., Reis, N. J., Trindade, R. I. F., 2010b. Paleomagnetismo de Rochas Vulcânicas Paleoproterozóicas do Grupo Surumu, Norte de Roraima, Cráton Amazônico: Implicações para a Amalgamação do Supercontinente Columbia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, PA, Anais do 45º Congresso Brasileiro de Geologia, (CD-ROM), SBG, 2010.
- Cordani, U.G., Teixeira, W., D'Agrella-Filho, M.S., Trindade, R.I., 2009. The position of the Amazon Craton in supercontinents. *Gondwana Research*. 15, 396-407.
- Day, R., Fuller, M., Schmidt, V.A., 1977. Hysteresis properties of titanomagnetites: grain size and composition dependence. *Phys. Earth Planet. Inter.* 13, 260–266.
- Departamento Nacional da Produção Mineral, 1975. Mapa geológico da folha de Boa Vista Roraima. Mapa Geológico. Folha NA/NB.20. Volume 8. Escala 1:1.100.000. Programa de intergração Nacional.
- Dreher, A. M., Fraga, L.M., Faria, M.S.G, Grazziotin, H., 2005. III Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados.
- Kirschvink, J.L., 1980. The last-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 62: 699-718.
- Nomade, S., Chen, Y., Féraud, G., Pouclet, A., Théveniaut, H., 2001. First paleomagnetic and ⁴⁰Ar/³⁹Ar study of Paleoproterozoic rocks from the French Guiana (Camopi and Oyapok rivers), northeastern Guiana Shield. *Precambrian Res.* 109, 239-256.
- Nomade, S., Chen, Y., Pouclet, A., Féraud, G., Daouda, Y., Théveniaut, H., Rigollet, C., 2003. The Guiana and West African shields grouping. New paleomagnetic data for the French Guiana and the Ivory-Coast. *Geophys. J. Int.* 154, 677-694.
- Pesonen, L.J., Elming, S.A., Mertanen, S., Pisarevsky, S., D'Agrella-Filho, M.S., Meert, J.G., Schmidt, P.W., Abrahamsen, N., Bylund, G., 2003. Paleomagnetic configuration of the continents during the Proterozoic. *Tectonophysics* 375, 289-324.
- Reis, N.J., Carvalho, A.S., 1996. Coberturas sedimentares do Mesoproterozóico do Estado de Roraima – Avaliação e discussão de seu modo de ocorrência. *Ver. Brasil. De Geociências*, 26 (4): 217-226.
- Reis, N.J., Faria, M.S.G, Fraga, L.M., Haddad, R.C., 2000. Orosian calc-alkaline volcanism and the Orocaima event in the northern Amazonian Craton, eastern Roraima State, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3): 380-383.
- Rogers, J.J.W., 1996. A history of the continents in the past three billion years. *The Journal of Geology* 104, 91–107.
- Santos, J.O.S., Hartmann, L.A., Gaudette, H.E., Groves, D.I., McNaughton, N.J., Fletcher, I.R., 2000. A new understanding of the Provinces of Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana. Research.*, 3: 453-488.
- Santos, J.O.S., Potter, P.E., Reis, N.J., Hartmann, L.A., Fletcher, I.R., McNaughton, N.J., 2003. Age, source, and regional stratigraphy of the Roraima Supergroup and Roraima-like outliers in northern South America based on U-Pb geochronology. *Geological Society of America Bulletin*, 115: 331-348. doi: 10.1130/0016-7606.
- Schobbenhaus, C., Hoppe, A., Lork, A., Baumann, A., 1996. Idade U/Pb do magmatismo Uatumã no norte do Cráton Amazônico, Escudo das Guianas (Brasil): Primeiros resultados. In: SBG-Congresso Brasileiro de Geologia 38, Camboriú. Anais, 2: 395-397.
- Tassinari, C.C.G., Bettencourt, J.S., Geraldés, M.C., Macambira, M.J.B. and Lafon, J.M., 2000. The Amazonian Craton. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz-Filho, A. and Campos, D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*, p. 41-95, Rio de Janeiro.
- Theveniaut, H., Delor, C., Lafon, J.M., Monie, P., Rossi, P., Lahondere, D., 2006. Paleoproterozoic (2155–1970 Ma) evolution of the Guiana Shield (Transamazonian event) in the light of new paleomagnetic data from French Guiana. *Precambrian Res.* 150, 221–256, doi:10.1016/j.precamres.2006.08.004.

Zijderveld, J.D.A. 1967. A. C. Desmagnetization of Rocks: Analysis of results. In: Collinson, D.W., Creer, K.M., & Runcorn, S.K. (Ed.). Methods and techniques in paleomagnetism, Elsevier, Amsterdam, pp. 254-286.