



DETERMINAÇÃO DO M0r (LIMITE BARREMIANO-APTIANO) NA SEÇÃO SEDIMENTAR DE *POGGIO LE GUAINÉ* (PLG), ITÁLIA

Elias C. da Rocha^{1*}, Jairo F. Savian^{1*}, Ricardo I. F. Trindade², Liliane Janikian³, Luigi Jovane⁴, Renato P. Almeida⁵, Rodolfo Coccioni⁶, Fabrizio Frontalini⁶, Marianna Sidere⁶, Milene F. Figueiredo⁷, Leonardo R. Tedeschi^{7,8}

¹ Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil.

² Instituto de Astronomia, Geofísica, e Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

³ Instituto do Mar - Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Santos, Brazil.

⁴ Instituto Oceanográfico – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brazil.

⁵ Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brazil.

⁶ Dipartimento di Scienze della Terra, della Vita e dell' Ambiente - Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Urbino, Italy.

⁷ Departamento de Estratigrafia Química - PETROBRAS S.A., Rio de Janeiro, Brasil.

⁸ Department of Earth Sciences, University of Oxford, Oxford, UK.

*e-mail: elias.cembrani@gmail.com, jairo.savian@ufrgs.br

RESUMO

Do ponto de vista paleomagnético, o Cretáceo Inferior (Barremiano-Aptiano) foi um dos mais importantes períodos da história da Terra. Durante o período, o campo magnético da Terra manteve sua polaridade normal por aproximadamente 35 Ma, feição conhecida como Superchron Normal do Cretáceo (SNC). As anomalias magnéticas do assoalho oceânico e dados paleomagnéticos de testemunhos marinhos e continentais indicam uma polaridade reversa (M0r) que antecede o SNC. No entanto, a exposição incompleta, em conjunto com falhas no registro magnético devido à presença de camadas de margas, limitou a identificação do M0r em diversas seções. Com o intuito de produzir informações em alta resolução para o intervalo, o testemunho *Poggio Le Guaine* (PLG) foi perfurado na Itália em uma seção sedimentar já bem conhecida do ponto de vista bioestratigráfico. Neste trabalho, foram calculadas a inclinação e a declinação do campo paleomagnético das amostras coletadas no testemunho PLG. Com estes valores, foi construída uma seção magnetoestratigráfica que levou à identificação do chron M0r entre os metros 93 e 95. Além disso, dados de mineralogia magnética obtidos através de curvas de magnetização remanente isotérmica (MRI) e curvas termomagnéticas mostram que o mineral portador da magnetização é a magnetita.

Palavras Chave: Magnetoestratigrafia, M0r, Limite Barremiano-Aptiano, Testemunho PLG, Itália.

ABSTRACT

From the paleomagnetic point of view, the Lower Cretaceous (Barremian-Aptian) was one of the most important periods in the Earth's history. During the period, the Earth's magnetic field maintained its normal polarity for approximately 35 Ma, known as Cretaceous Normal Polarity Superchron (CNPS). The oceanic magnetic anomalies and paleomagnetic data obtained in marine and continental cores indicate a reverse polarity (M0r) that occurs before the CNPS. However, an incomplete exposure and incoherent marly parts in the section has limited the identification of M0r in many sections. With the goal of obtaining high-resolution information for the interval, the *Poggio le Guaine* (PLG) Core was drilled in central Italy in a sedimentary section well understood by biostratigraphic data. In this work, the declination and inclination of the paleomagnetic field were calculated for the samples collected on PLG core. With these values, a magnetostratigraphic section was obtained, leading to the identification of M0r between 93 and 95 m.



Moreover, magnetic mineralogy data obtained through isothermal remanent magnetization (IRM) and thermomagnetic curves show that the magnetic carrier is magnetite.

Keywords: Magnetostratigraphy, M0r, Barremian-Aptian Boundary, PLG Core, Italy.

Introdução

No Cretáceo Inferior, ocorreram drásticas mudanças na paleogeografia, paleobiologia e geoquímica dos oceanos, incluindo eventos de anoxia e extinção em massa e anomalias na composição isotópica de carbono em sedimentos marinhos, além de extenso magmatismo continental e oceânico (e.g., Schlanger and Jenkyns, 1976; Larson, 1991; Jenkyns, 2010). Mudanças significativas são também registradas no campo magnético terrestre (CMT), que apresenta uma forte mudança na sua frequência de reversões (e.g., Gradstein *et al.*, 2012), passando de um período com alta taxa de reversões para um período extremamente calmo, conhecido como o Superchron Normal do Cretáceo (SNC). Há aproximadamente 125 milhões de anos, ocorreu a última reversão do CMT anterior ao SNC (M0r), a qual é um importante *datum* para este intervalo, visto que é coincidente com o principal evento de anoxia oceânica do período, o nível *Selli* (Coccioni *et al.*, 1987).

Como as variações do CMT são globais, ou pelo menos abrangem porções significativas do globo ao mesmo tempo, elas podem ser utilizadas como marcos de correlação em sucessões estratigráficas. A identificação do chron M0r é de extrema importância para correlacionar dados estratigráficos e magnetoestratigráficos de seções correspondentes à este período. Com o objetivo de obter um registro magnético e paleoambiental de alta resolução relativo ao limite Barremiano-Aptiano, o testemunho *Poggio le Guaine* (PLG) foi perfurado na Itália. A seção estudada representa um registro contínuo que abrange desde o Barremiano até o limite Albiano-Cenomaniano e é considerada uma seção de referência para o intervalo Aptiano-Albiano.

Aqui será apresentada uma seção magnetoestratigráfica, construída a partir do cálculo das inclinações e declinações do campo paleomagnético. Dados de mineralogia magnética foram obtidos através de curvas de magnetização remanente isotermal (MRI) e de curvas termomagnéticas das amostras coletadas no testemunho PLG. Desta maneira, será possível estabelecer vínculos temporais mais precisos e detalhados para as variações paleoambientais e paleomagnéticas do período.

Sítio de Estudo, Materiais e Métodos

O local de perfuração do testemunho PLG (43° 32' 42.72"N; 12° 32' 40.92"E) está localizado 6 quilômetros a oeste da cidade de Cagli, ao norte dos Apeninos, na Itália (Fig. 1). No sítio estudado, encontra-se a seção selecionada como referência para o intervalo Aptiano-Albiano (Coccioni *et al.*, 2012). A seção representa um registro contínuo que abrange desde a época mais recente do Barremiano até o limite Albiano-Cenomaniano (Coccioni *et al.*, 2012) baseada em dados bioestratigráficos. O intervalo Aptiano-Albiano na seção é caracterizado pela grande deposição de sedimentos marinhos ricos em matéria orgânica (*black shales*), comuns durante todo o intervalo, especialmente nos oceanos Tétis e Atlântico, e por carbonato durante o fim do Cretáceo Inferior e início do Cretáceo superior (Giordioni, 2012).

O testemunho PLG inclui desde a parte superior da Formação *Maiolica* até a parte inferior da Formação *Scaglia Bianca* e incorpora toda a Formação *Marne a Fucoidi*. Finas camadas de calcários brancos e cinzas intercalados por folhelhos (*black shales*) correspondem à parte superior da Formação *Maiolica*. Finas camadas de calcários cinza-amarelados e avermelhados constituem a parte inferior da Formação *Scaglia Bianca*. A Formação *Marne a Fucoidi* é representada por sedimentos calcários de colorações diversas e com vários níveis de folhelhos, sendo constituída de finas intercalações de tons avermelhados e esverdeados, além de folhelhos ricos em carbono orgânico (Coccioni *et al.*, 2012).

A operação de perfuração em *Poggio Le Guaine* produziu um registro de 98.72 metros de comprimento por 8 centímetros de diâmetro. Medidas paleomagnéticas foram obtidas a partir das amostras de 8 cm³

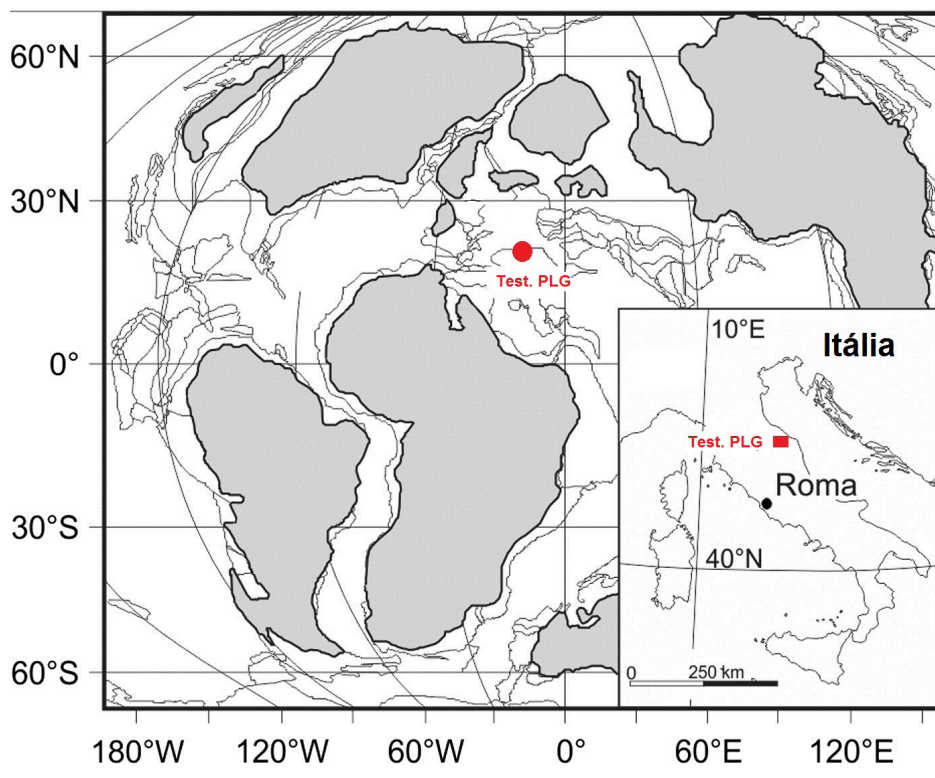
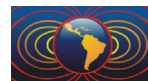


Figura 1 - Reconstrução paleogeográfica para aproximadamente 125 Ma modificada de Huber e Leckie (2011) mostrando a localização do testemunho PLG, Itália.

cada no Laboratório de Paleomagnetismo da Universidade de São Paulo (USP) com um magnetômetro *2G-Enterprises*. As amostras do centro do testemunho foram desmagnetizadas por campo alternado, com medidas simultâneas de magnetização remanente natural (MRN), enquanto amostras irmãs foram desmagnetizadas por desmagnetização térmica. Todas as componentes de magnetização remanente natural foram determinadas pela interpretação de diagramas vetoriais (Zijderveld, 1967), ao passo que componentes magnéticas foram calculadas usando a análise de componente principal (Kirschvink, 1980). Dados de susceptibilidade magnética dos mesmos espécimes utilizados para desmagnetização por campo alternado foram obtidos usando um *Kappabridge MFK1-FA*, também na Universidade de São Paulo.

Resultados e Análises

Neste trabalho, foram analisados os dados dos primeiros 10 metros do testemunho (86-96 m). A partir da inclinação e declinação do campo paleomagnético das amostras coletadas, foi construída uma seção magnetoestratigráfica (Figura 2). Entre os metros 93 e 95 do testemunho PLG, é visível a inversão do campo paleomagnético, indicada pela inclinação característica (ChRM) negativa (Figura 2B). Esta inversão foi interpretada como uma representação do M0r. Entre 86 e 93 m, a inclinação característica é positiva, caracterizando o SNC ou C34n (*e.g.*, Gradstein *et al.*, 2012). Este intervalo compreende o limite superior da zona de foraminíferos planctônicos *H. excelsa* e a parte superior da zona de nanofósseis calcários *L. litterarius* (Coccioni *et al.*, 2012).

Foram obtidas curvas de MRI para 8 amostras representativas (Figura 3A) de sedimentos em campos de até 1 T. As curvas apresentam comportamentos muito semelhantes, variando apenas ligeiramente a intensidade da magnetização de saturação. As curvas indicam a predominância de minerais de baixa coercividade com saturação abaixo de 300 mT (*e.g.*, magnetita) e, secundariamente, a presença de outra fase mais coerciva (*e.g.*, hematita).

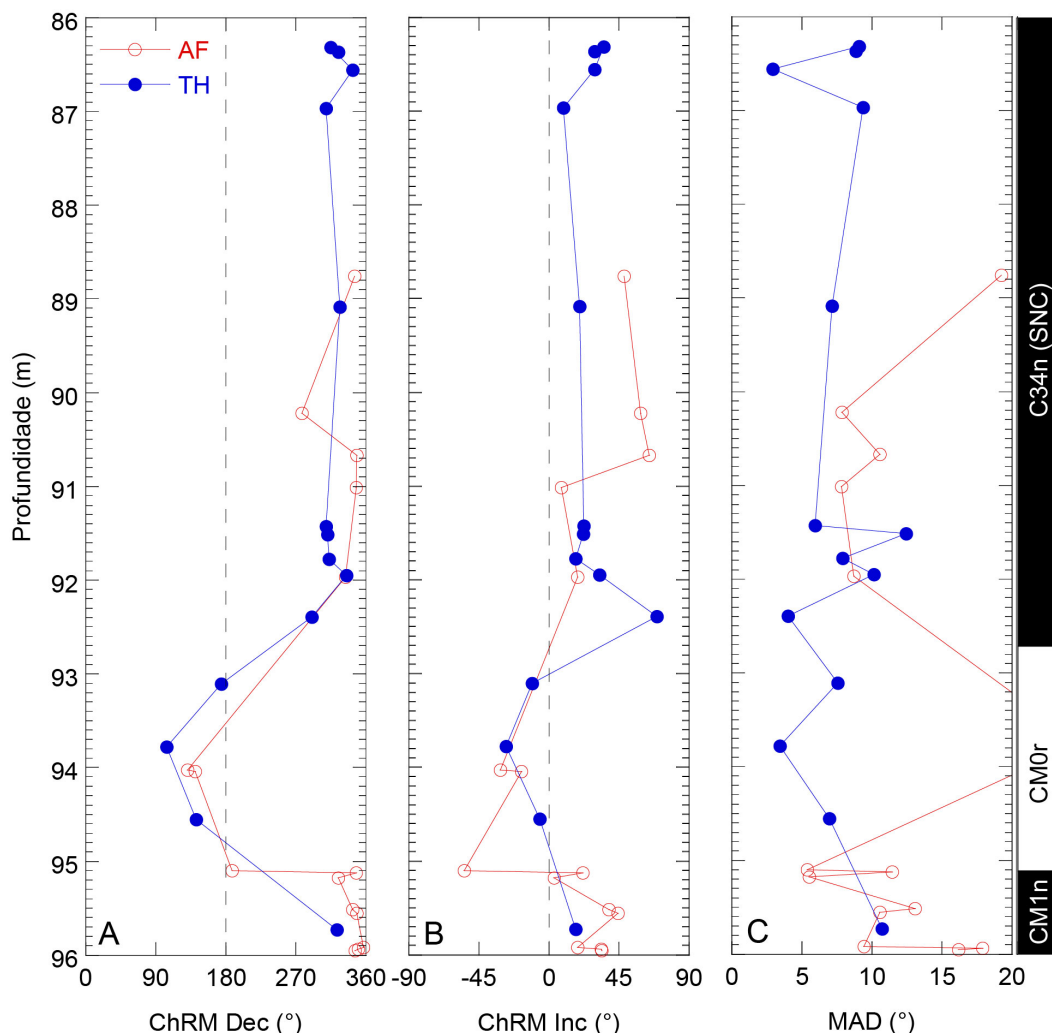


Figura 2 – Seção magnetoestratigráfica construída para a seção sedimentar PLG. (A) declinação da magnetização remanente característica (ChRM Dec.); (B) Inclinação da magnetização remanente característica (ChRM Inc.); (C) Desvio angular médio (MAD). A reversão do campo paleomagnético foi identificada entre os metros 93 e 95 metros do testemunho PLG.

Neste trabalho, foram obtidas curvas termomagnéticas em alta temperatura no intervalo entre a temperatura ambiente até aproximadamente 705° C. Para as curvas a partir da temperatura ambiente, usou-se atmosfera de argônio. A Figura 3 apresenta as curvas termomagnéticas obtidas em alta temperatura para as amostras representativas (B) 89.89 m; (C) 88.36 m; e (D) 89.31 m. De modo geral, todas as curvas mostram o mesmo comportamento irreversível; inicialmente, ocorre um ligeiro aumento da suscetibilidade com pico entre 400 e 550°C e decaimento após 550°C (pico de Hopkinson). Durante o resfriamento, uma clara transformação mineralógica ocorre aproximadamente em 580°C, temperatura de Curie (T_c) característica da magnetita (Dunlop e Özdemir, 1997).

Conclusões

Neste trabalho, apresentamos um estudo magnetoestratigráfico dos primeiros 10 metros do testemunho PLG, da Itália central. Entre os metros 93 e 95 do testemunho, encontramos a reversão M0r, um dos objetivos deste estudo. Além disso, dados de magnetismo de rocha mostraram que o mineral magnético principal portador de magnetização é a magnetita.

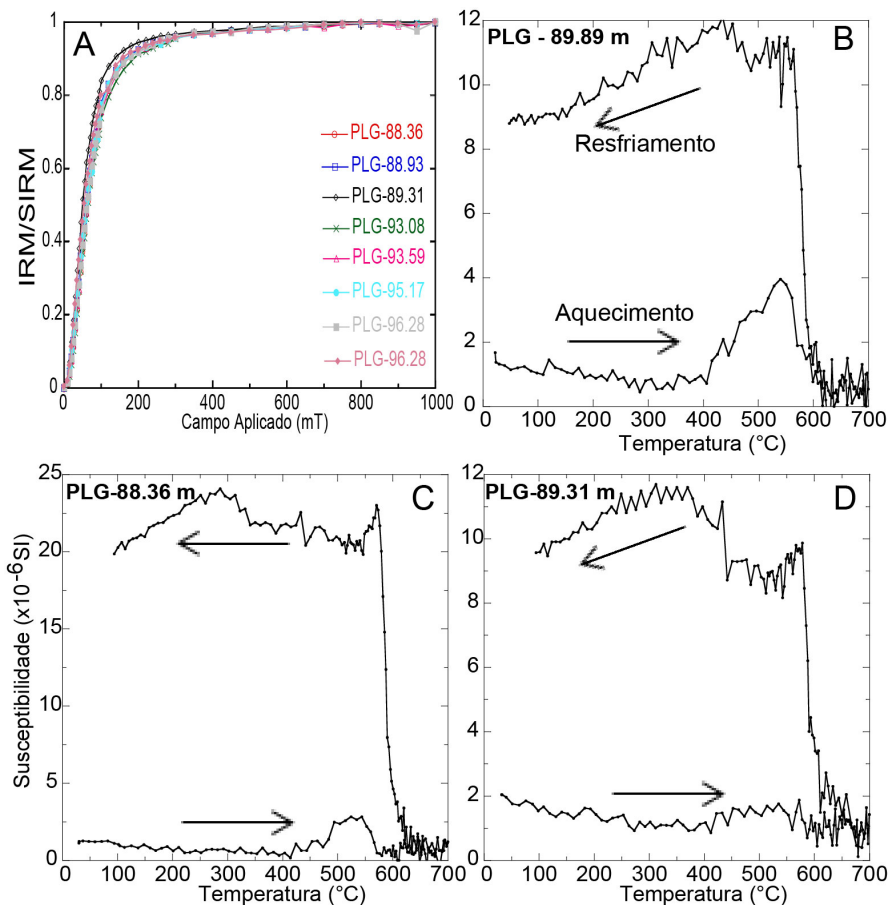
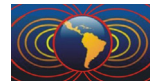


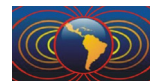
Figura 3 – (A) Curvas MRI para 8 amostras representativas do intervalo estudado. (B, C, e D) Curvas termomagnéticas de 3 amostras do intervalo estudado. Ambas técnicas indicam a magnetita como portador magnético principal.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao Projeto FUSP-Petrobrás 2405 pelo financiamento da perfuração do testemunho PLG na Itália, bem como pela análise das amostras. Agradecemos também pela bolsa de Iniciação Científica BIC-UFRGS concedida no período de agosto de 2014 à julho de 2015 para análise dos dados deste projeto.

Referências

- Coccioni, R., Nesci, O., Tramontana, M., Wezel, F. C., Moretti, E., 1987. Descrizione di un livello-guida “radiolaritico-bituminoso-ittiolitico” alla base dell Marne a Fucoidi nell’Appennino Umbro-Marchigiano, *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 106, 183-192.
- Coccioni, R., Jovane, L., Bancalà, G., Bucci, C., Fauth, G., Frontalini, F., Janikian, L., Savian, J., Almeida, R. P., Mathias, G. L., Trindade, R. I. F., 2012. Umbria-Marche Basin, Central Italy: A Reference Section for the Aptian-Albian Interval at Low Latitudes, *Sci. Drill.*, 13, 42-46.
- Dunlop D. J., Özdemir Ö., 1997. *Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers*, Cambridge University Press., New York, 573 pp.
- Giordioni, Martino, 2012. Long- and short-term changes in Tethyan oceanography and in global carbon cycling during Albian-Cenomanian time. Tese de Doutorado, ETH Zurich, Suíça, 165 pp.
- Gradstein, F. M., Ogg, J.G., Smith, A.G. (Eds.), 2012. *A Geologic Time Scale*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1176 pp.



- Huber, B. T., Leckie, R. M., 2011. Planktic foraminiferal species turnover across deep-sea Aptian/Albian boundary sections, *J. Foram. Res.*, 41, 1, 54.
- Jenkyns, H. C., 2010. Geochemistry of oceanic anoxic events, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11.
- Kirschvink, J. L., 1980. The least-square line and plane and the analysis of paleomagnetic data, *Geophys. J. Royal Astron. Soc.*, 62, 699–718.
- Larson, R. L., 1991. Geological consequences of superplumes, *Geology*, 19, 963–966.
- Schlanger, S. O., Jenkyns, H. C., 1976. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences, *Geol. Mijnbouw*, 55, 179-184.
- Zijderveld, J. D. A., 1967. AC demagnetization of rocks: analysis of results, in Runcorn, S. K., Creer, K. M., and Collinson, D. W., eds: *Methods in Palaeomagnetism*. Elsevier, New York, 254–286.