

## ISÓTOPOS DE MOLIBDÊNIO COMO INDICADORES GEOQUÍMICOS DAS CONDIÇÕES DE PALEO-OXIDAÇÃO DE OCEANOS: PARTICULARIDADES E PRECAUÇÕES

Candido Augusto Veloso Moura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

**RESUMO:** Em condições oxidantes nas águas naturais o molibdênio (Mo) ocorre na forma do íon molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ), que é altamente solúvel. Consequentemente, esse metal de transição é um elemento traço na água do mar com um longo tempo de residência, aproximadamente, 730 mil anos [1]. O Mo tem sete isótopos estáveis de ocorrência natural:  $^{92}\text{Mo}$  (14.84%),  $^{94}\text{Mo}$  (9.25%),  $^{95}\text{Mo}$  (15.92%),  $^{96}\text{Mo}$  (16.68%),  $^{97}\text{Mo}$  (9.55%),  $^{98}\text{Mo}$  (24.13%), e  $^{100}\text{Mo}$  (9.63%). No entanto, a sua composição isotópica é sensível às variações das condições de oxidação dos oceanos e bacias sedimentares. Este fracionamento isotópico tem sido representado utilizando a notação  $\delta^{98}\text{Mo}/^{95}\text{Mo}\%$ , usando como referência água do mar ou ao padrão J&M [2]. Em ambiente oxidante ocorre o enriquecimento relativo nos isótopos mais pesados, que diminui a medida que o ambiente se torna mais redutor. Em ambiente euxínico o fracionamento é inexistente uma vez que, na presença de enxofre livre o Mo ( $\text{MoIV}$ ), forma íons de oxo-tiomolibdatos ( $\text{MoO}_4^{2-}$   $\text{S}_x^{2-}$ ) que são altamente reativos e, portanto, rapidamente removidos da solução por adsorção com material particulado. Assim, folhelhos negros formados em ambiente euxínico registrariam a composição isotópica do Mo na água do mar. Os valores de  $\delta^{98}\text{Mo}/^{95}\text{Mo}$  em sedimentos euxínicos do Mar Negro são similares ao valor atual do oceano [3,4], que é aproximadamente +2,3 % [2]. Aceitando estes pressupostos, a razão  $\delta^{98}\text{Mo}/^{95}\text{Mo}$  medida em folhelhos negros depositados em ambiente euxínico, ao longo do tempo geológico, registraria as condições de paleo-oxidação do oceano. Assim, quanto maior a extensão do ambiente oxidante no oceano mais alto seria o valor da razão  $\delta^{98}\text{Mo}/^{95}\text{Mo}$  nos folhelhos. A ampliação das condições de anoxia, no entanto, levaria à diminuição deste valor. Em um oceano completamente euxínico a composição isotópica do Mo seria similar àquela do Mo fornecido para oceano, sobretudo pelo intemperismo das rochas da crosta [2]. Consequentemente, a determinação exata composição isotópica do Mo carreado para o oceano pelos rios, cujo valor da razão  $\delta^{98}\text{Mo}/^{95}\text{Mo}$  foi estimado em + 0,8 % [5], é crítica para estabelecer as condições de paleo-oxidação do oceano. Além disso, estudos de paleo-oxidação utilizando isótopos de Mo devem ser acompanhados da determinação das condições geoquímicas de paleodeposição da bacia. Os estudos realizados revelaram o aumento no valor da razão  $\delta^{98}\text{Mo}/^{95}\text{Mo}$  no oceano de +1,1 % no Mesoproterozóico [6], para 1,7-1,9 % no Devoniano, até +2,3 % no Cenozóico [2]. Estes dados sugerem a expansão das condições oxidantes no oceano ao longo do tempo geológico. No entanto, este processo pode ter sido perturbado por episódios de expansão e contração das condições de anoxia no oceano que já foram identificados no Jurássico Inferior [8]. Anbar & Rouxel 2007. Annual Review in Earth and Planetary Sciences 35:717-746. [2] Siebert et al. 2003. Earth and Planetary Science Letters, 211:159-171. [3] Barling et al. 2001. Earth and Planetary Science Letters, 193: 447-457. [4] Arnold et al. 2004. Science, 304:87-90. [5] Archer & Vance 2008. Nature (geoscience), 1(1):597-600. [6] Kendal et al. 2009. Geochimica et Cosmochimica Acta 73:2534-2558 [7] Gordon et al. 2009. Geology 37:535-538. [8] Pearce et al. 2009. Geology 36:231-234.

**PALAVRAS-CHAVE:** ISOTOPOS DE MOLIBDÊNIO; PAELO-OXIDAÇÃO; OCEANO.