

RESUMO

Estudos quimioestratigráficos de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ têm fornecido excelentes resultados em terrenos Precambrianos, onde a deformação e ausência de marcadores bioestratigráficos dificultam o empilhamento e correlação entre os estratos. Através da correlação com *trends* de variação secular dos oceanos, as idades de deposição de carbonatos marinhos, submetidos a variados fácies metamórficos, vêm sendo determinada. A idade dos metassedimentos da Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) tem sido discutida por mais de três décadas. Enquanto algumas pesquisas, fundamentadas principalmente em estudos estruturais, assumem idade Paleoproterozóica, estudos radiométricos levantam a possibilidade de uma idade Neoproterozóica. Com o objetivo de contribuir para a elucidação deste problema foi feito um estudo detalhado das flutuações de $\delta^{13}\text{C}$ e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ em mármore intercalados no Grupo Seridó, em diversas porções da Faixa Seridó. Na Formação Jucurutu, base do Grupo Seridó, os intervalos de $\delta^{13}\text{C}$ demonstram a existência de três níveis estratigráficos distintos: (i) mármore basais com $\delta^{13}\text{C}$ entre +8,3 a +11,8‰_{PDB} (cidades de Jucurutu - JUC, Ipueira - IP, e entre as cidade de Caicó-Jardim do Seridó - CAIJAR e Várzea-São João do Sabugi - VSJS); (ii) mármore intermediários com $\delta^{13}\text{C}$ de +6,7 a +8,7‰_{PDB} (localidade de Almino Afonso - AF) e (iii) mármore superiores com +0,7 a +3,8‰_{PDB} (cidade Messias Targino e São Rafael - MT e SRF respectivamente). Os mármore basais são constituídos por calcita ($\text{CaCO}_3 > 96\%$, $\text{MgCO}_3 < 3\%$) com anfibólio (tremolita, edenita e Mg-horblenda), flogopita, quartzo e opacos como acessórios. Próximo ao contato com o paragneisses os mármore exibem valores de $\delta^{13}\text{C} < 8,3\%$ _{PDB}, maior abundância de silicatos, e modificações na composição da rocha total (aumento da razão Mg/Ca, SiO_2 e diminuição de Sr) e diminuição dos valores de $\delta^{18}\text{O}$. A correlação entre os isótopos de C e O, e razões Mn/Sr e Mg/Ca, indicam *trends* de alteração isotópica por reações de decarbonatação. O perfil Almino Afonso representa as intercalações estratigraficamente intermediárias da Formação Jucurutu. Mineralogicamente é bastante similar aos mármore imediatamente inferiores, com calcita ($\text{CaCO}_3 > 97\%$, $\text{MgCO}_3 < 0,6\%$), tremolita, flogopita, quartzo, opacos e wollastonita ($\text{Wo} > 99\%$ - amostras sem anfibólio e mica). O desenvolvimento da wollastonita é associada à percolação de fluido residuais magmáticos provenientes do granito Umarizal. Nos mármore com wollastonita a composição de $\delta^{13}\text{C}$ é negativo ou inferior a +6,7‰_{PDB}, é registrado um aumento da razão Mg/Ca e de SiO_2 , e diminuição do teor de Sr. O caráter alterado das amostras é demonstrado nas correlações entre os isótopos de C e O, Mn/Sr, Mg/Ca, CaO através da definição de *trends* de alteração. Os mármore estratigraficamente superiores da Formação Jucurutu, apresentam diferenças texturais e mineralógicas marcante. O perfil MT é constituído essencialmente por calcita ($\text{CaCO}_3 < 97\%$ e $\text{MgCO}_3 < 0,3\%$) e subordinadamente wollastonita ($\text{Wo} < 50\%$; $\text{En} < 49\%$; $\text{Fs} < 1,3$) e dolomita. O perfil SRF apresenta em proporções variáveis calcita ($\text{CaCO}_3 > 93\%$, $\text{MgCO}_3 < 4\%$), dolomita

($\text{CaCO}_3 \cong 55\%$, $\text{MgCO}_3 \cong 44\%$), anfibólio (tremolita, Mg-hornblenda, edenita), mica, quartzo e opacos. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ são extremamente homogêneos no perfil MT (+2,3 a +3,7‰PDB) e variáveis no perfil SRF (-8,9 a +3,8‰PDB) em consequência da percentagem de silicatos e da razão calcita/dolomita nas amostras. A avaliação do grau de alteração por parâmetros geoquímicos, permitiram identificar como potencialmente alteradas amostras com $\delta^{13}\text{C} < 0,7\%$ PDB. As intercalações de mármore basais da Formação Seridó, apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre +8,9 a +10,7‰PDB. São mármore constituídos por calcita ($\text{CaCO}_3 > 92\%$, $\text{MgCO}_3 < 5\%$), com anfibólio (tremolita), flogopita, quartzo, opacos e sillimanita como acessórios. Um decréscimo progressivo de $\delta^{13}\text{C}$ (+7,5 a +4,4‰PDB) e aumento da percentagem de silicatos, marca o contato basal com o micaxisto. Essas feições em conjunto com a diminuição da razão Mg/Ca, aumento de SiO_2 e diminuição do Sr, caracterizam a presença de reações de descarbonatação e alteração isotópica das amostras. As correlação entre os isótopos de C, O e Mn/Sr, Mg/Ca e CaO confirmam as modificações isotópicas de C, via reação de descarbonatação. Valores negativos de $\delta^{13}\text{C}$ marcam as intercalações estratigraficamente superiores da Faixa Seridó. São mármore extremamente homogêneos, constituídos apenas por calcita ($\text{CaCO}_3 > 97\%$, $\text{MgCO}_3 < 2\%$) e flogopita (+ dolomita no perfil CM). Os mármore do perfil SCM, por suas características essencialmente monominerálicas, não mostram oscilações na composição da rocha total rochas, em contrapartida, fortes oscilações na razão Mg/Ca são observados no perfil CM em consequência de variações na proporção calcita-dolomita. A dispersão nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ no perfil CM, quando observados alguns parâmetros geoquímicos, aponta para uma alteração gradativa dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ nas amostras desse perfil. A similaridade entre valores de $\delta^{13}\text{C}$ na Formação Jucurutu e Seridó, indicam um período de contemporaneidade entre a sedimentação destas formações, o que inviabiliza a proposta de um hiato de tempo entre as mesmas. Comparado-se a composição isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ dos mármore da Faixa Seridó com curvas disponíveis na literatura, a idade de sedimentação do Grupo Seridó estaria no intervalo máximo de 640 a 573 Ma ou no intervalo mínimo de 590 a 573 Ma. Esta idade é corroborada pela quimioestratigrafia de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, realizada em uma lente de cada nível estratigráfico das Formações Jucurutu e Seridó, apresentam valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ variando de 0,7074 e 0,7077, típico do Neoproterozóico. Estes valores são concordantes com idades de zircões detriticos da Formação Seridó (< 650 Ma) e com o plutonismo granítico brasileiro (555 a 517 Ma). Uma idade Neoproterozóica para as supracrustais da Faixa Seridó, contraria a proposta de uma evolução policíclica. Associações petrotectônicas, indicam que as formações Jucurutu e Equador depositaram-se num ambiente do tipo rift continental, enquanto que os metartubiditos da Formação Seridó, estariam relacionados a um ambiente tectonicamente ativo, marcando pela inversão da bacia. A reativação dos empurrões por transcorrências marcaria final do ciclo brasileiro na Faixa Seridó. O plutonismo granítico teria se iniciado na fase contracional e continuado até a fase transcorrente.

ABSTRACT

The application of C, O, S, Sr and Nd isotopes chemostratigraphic studies have provided excellent results in Precambrian terrains, where deformation and absence of biostratigraphic markers pose difficulties in correlating strata. Comparison of isotopic chemostratigraphic profiles with the respective secular isotope variation trends of the ocean, have allowed to infer ages of deposition of marine carbonates, submitted to different degree of metamorphism. The age of metasediments of the Seridó group have been discussed for over three decades. While some structural studies have assumed a possible Paleoproterozoic age for this Group, radiometric studies point to a probable Neoproterozoic age. With the scope of contributing to unravel this problem, a detailed study of fluctuations of C, O isotopes and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in marbles interlayered within metasediments of this Group, has been done. In the Jucurutu Fm., $\delta^{13}\text{C}$ fluctuations demonstrate the existence of three stratigraphic levels: (i) basal marbles with $\delta^{13}\text{C}$ between +8.3 to +11.8‰_{PDB} (near Jucurutu town - JUC, Ipueira - IP, and between the towns of Caicó-Jardim do Seridó - CAIJAR and Várzea-São João do Sabugi - VSJS); (ii) intermediate marbles with $\delta^{13}\text{C}$ from +6.7 to +8.7‰_{PDB} (Almino Afonso locality - AF) and (iii) upper marbles with +0.7 to +3.8‰_{PDB} (Messias Targino and São Rafael towns – respectively MT and SRF). The basal marbles are constituted by calcite ($\text{CaCO}_3 > 96\%$, $\text{MgCO}_3 < 3\%$) with amphibole (tremolite, edenite and Mg-hornblende), phlogopite, quartz and opaques as accessory phases (olivine and diopside appear as accessory phases in the profile IP and dolomite, in the profile VSJS). The mineral chemistry, by means of substitution vectors, indicate the introduction of Mg in the structure of calcites by exchange with paragnisses, and the configuration of the vectors of the plagioclase type and glaucophane in the amphiboles, pyroxenes and mica, indicate metamorphism of low pressure for the marbles. Next to the contact with paragnisses, marbles exhibit $\delta^{13}\text{C}$ values $< 8,3\text{‰}_{\text{PDB}}$, greater abundance of silicates, and modifications in the composition of the whole rock (increase of the Mg/Ca ratio, SiO_2 and decrease of Sr) and lowering of the $\delta^{18}\text{O}$ values. The correlation between C and O isotopes and Mn/Sr and Mg/Ca ratios, indicate trends of isotopic alteration by decarbonation reactions. The Almino Afonso profile represent the intercalations of marbles, stratigraphically intermediate, in the Jucurutu Fm.. Mineralogically, they are very similar to the marbles, stratigraphically below, with calcite ($\text{CaCO}_3 > 97\%$, $\text{MgCO}_3 < 0,6\%$), tremolite, phlogopite, quartz, opaques and wollastonite ($\text{Wo} > 99\%$ -samples without amphibole or mica). The development of wollastonite is associated to the percolation of residual magmatic fluids from the Umarizal granite, also evidenced by the presence of nodules and intercalations of calc-silicate rocks. In the marbles with wollastonite, $\delta^{13}\text{C}$ is negative or lower than +6.7‰_{PDB}; an increase of the Mg/Ca ratio and SiO and decrease of Sr, is recorded. The status of alteration of the samples is reflected in the correlations between C and O isotopes, Mn/Sr, Mg/Ca, CaO that confirm alteration trends. The upper marbles of the Jucurutu Fm. present

important textural and mineralogical differences. The MT profile is essentially constituted by calcite ($\text{CaCO}_3 < 97\%$ e $\text{MgCO}_3 < 0.3\%$) and subordinate wollastonite ($\text{Wo} < 50\%$; $\text{En} < 49\%$; $\text{Fs} < 1.3$) and dolomite. The SRF profile exhibits, in variable proportions, calcite ($\text{CaCO}_3 > 93\%$, $\text{MgCO}_3 < 4\%$), dolomite ($\text{CaCO}_3 \cong 55\%$, $\text{MgCO}_3 \cong 44\%$), amphibole (tremolite, Mg-hornblende, edenite), mica, quartz and opaques. The $\delta^{13}\text{C}$ values are extremely homogenous in the MT profile (+2.3 to +3.7‰_{PDB}) and fluctuates vigorously in the SRF profile (−8.9 to +3.8‰_{PDB}) in consequence of the presence of silicates and calcite/dolomite ratios of the samples. The assessment of the alteration degree of samples using geochemical parameters, allowed to identify potentially altered samples, as those with $\delta^{13}\text{C} < 0.7\%$ _{PDB}. Basal marbles of the Seridó Fm. present $\delta^{13}\text{C}$ values between +8.9 and +10.7‰_{PDB}. They are marbles constituted by calcite ($\text{CaCO}_3 > 92\%$, $\text{MgCO}_3 < 5\%$), with amphibole (tremolite), phlogopite, quartz, opaques and sillimanite as accessory phases. A progressive lowering of $\delta^{13}\text{C}$ (+7.5 to +4.4‰_{PDB}) and increase in the amount of silicates mark the basal contact with the micaschist. Altogether these features associated to decrease of the Mg/Ca ratio, increase of SiO_2 and decrease of Sr, characterize the presence of decarbonation reactions and isotopic alteration of the samples. The correlation between C, O isotopes and Mn/Sr, Mg/Ca and CaO confirm the isotopic modifications of C by decarbonation reaction. Negative values of $\delta^{13}\text{C}$ mark the upper intercalations of the Seridó Belt. They are marbles extremely homogeneous, constituted only by calcite ($\text{CaCO}_3 > 97\%$, $\text{MgCO}_3 < 2\%$) and phlogopite (+ dolomite in the CM profile). The marbles of the SCM profile, due to their essentially monomineralic characteristics, do not display important oscillations in the composition of the whole rocks. However, strong oscillations in the Mg/Ca ratios are observed in the CM profile in consequence of the variations in the calcite-dolomite proportion. The dispersion in the $\delta^{13}\text{C}$ values in the CM profile, when some geochemical parameters are taken into account, point to a gradational alteration of the $\delta^{13}\text{C}$ values in the samples of this profile. The similarity of the $\delta^{13}\text{C}$ values of the Jucurutu and Seridó Fms. suggest a contemporaneous sedimentation, and this rules out the hypothesis of a depositional hiatus between the two. Comparing the isotopic composition of $\delta^{13}\text{C}$ of the Seridó Belt marbles with C isotope curves available in the literature, the Seridó Group sedimentation occurred within a maximum interval of 640 to 573 Ma or within a minimum interval of 590 to 573 Ma. This age is corroborated by $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ chemostratigraphic profiles carried out in a lens of each stratigraphic level of the Jucurutu and Seridó Formations. They present $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values from 0.7074 to 0.707, a typical behavior of Neoproterozoic carbonates. These values are in agreement with ages obtained for detrital zircons of the Seridó Fm. (< 650 Ma) and with the Brasiliano-age granitic plutonism in this belt (555 to 517 Ma). A Neoproterozoic age for the supracrustals of the Seridó Belt is in disagreement with a polycyclic evolution. Petrotectonic associations indicate that the Jucurutu and Equador Fms. were deposited in a continental rift environment, while metatubidites of the Seridó Fm., were related to a tectonically active environment, marked by the inversion of the basin. The reactivation of the thrusts by transcurrency recorded the final stages of the Brasiliano cycle in the

Seridó Belt. The granitic plutonism initiated in the contractional stage and continued up to the transcurrent one.