

Distribuição e biodisponibilidade de nutrientes em albufeiras na República Dominicana e seu papel na recuperação de solos erodidos por eventos climáticos extremos

Distribution and bioavailability of nutrients in dam reservoirs in Dominican Republic and their role in the recuperation of depleted soils by extreme climate events

Fonseca, R.^{1*}, Pinho, C.², Araújo, J.³, Nogueira, P.⁴; Araújo, A.⁴

¹ Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia, Instituto de Ciências da Terra (ICT), Laboratório AmbiTerra, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59,7002-554 Évora, Portugal,* rfonseca@uevora.pt

² Instituto de Ciências da Terra (ICT), Laboratório AmbiTerra, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59,7002-554 Évora, Portugal

³ Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia, Instituto de Ciências da Terra (ICT), Laboratório AmbiTerra, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59,7002-554 Évora, Portugal,* rfonseca@uevora.pt

⁴ Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia, Instituto de Ciências da Terra (ICT), Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59,7002-554 Évora, Portugal

Resumo

O conceito sustentável de utilização de sedimentos acumulados em albufeiras de barragem para melhoria da qualidade dos solos é particularmente adequado às albufeiras da República Dominicana, caracterizadas por elevadas taxas de sedimentação, por acção da erosão que ocorre nas bacias de drenagem, algumas em zonas com declives pronunciados e com baixa cobertura dos solos, intensificadas por períodos de eventos hidrometeorológicos extremos que ocorrem quase anualmente. Estudos de determinação de nutrientes em duas albufeiras Dominicanas, situadas em condições climáticas distintas, revelaram que, apesar de não se verificar nos sedimentos relativamente aos solos parentais, um aumento acentuado dos nutrientes em formas inorgânicas e orgânicas, as suas fracções mais disponíveis, nomeadamente Ca e Mg em solução e no complexo de troca, N sob a forma de nitratos, P e K biodisponíveis, têm valores significativamente superiores aos dos solos encaixantes, consequência da erosão selectiva das partículas mais finas e de menor densidade dos solos das bacias e de uma maior actividade biológica nos lagos. A extracção e utilização destes materiais sedimentares na agricultura de subsistência, para além de uma melhoria da qualidade dos solos e das condições de vida dos pequenos agricultores, poderá melhorar a qualidade da água e aumentará o período de vida útil das albufeiras.

Palavras-chave: biodisponibilidade, erosão de solos, nutrientes, recuperação, sedimentos de albufeiras

Abstract

The sustainable concept of use of dam reservoir sediments to improve the soil quality is particularly suitable for reservoirs in the Dominican Republic, characterized by high sedimentation rates due to the over erosion of drainage basins, some of them in steep slopes areas and with low soil cover, intensified by periods of extreme hydrometeorological events occurring almost every year. Studies of nutrient determination in two Dominican reservoirs, situated under different climatic conditions, revealed that, although there isn't a marked increase of nutrients in inorganic and organic forms, in sediments when compared with parental soils, the most available fractions, namely Ca and Mg in solution and exchangeable complex, N in the nitrate form, and available P and K, have significantly higher values than those of the nearby soils, as a consequence of the selective erosion of the finer and lower density particles of the soils and of the greater biological activity in the lakes. Extraction and use of these sedimentary materials in subsistence agriculture, in addition to improving soil quality and the living conditions of small farmers, could improve the water quality and increase the lifespan of the reservoirs.

Keywords: bioavailability, dam reservoirs sediments, nutrients, recuperation, soil erosion

Introdução

A República Dominicana tem sérios problemas de sedimentação excessiva das suas albufeiras, por acção da erosão que ocorre nas bacias de drenagem, algumas em zonas montanhosas com declives pronunciados e com baixa cobertura dos solos, intensificadas pelos períodos de ciclones que ocorrem quase todos os anos. Devido à origem vulcânica da ilha e ao tipo de solos formados, os materiais preferencialmente mobilizados dos solos são de dimensão fina, ricos em fases sólidas com elevada capacidade de retenção de iões. Essas partículas finas são transportadas e depositadas nos lagos, causando elevada sedimentação e diminuição da qualidade da água, com alguns reservatórios apresentando sintomas de eutrofização. Por outro lado, o excesso de sedimentação em muitos reservatórios reduziu a capacidade de armazenamento de água e produção de energia hidroeléctrica, levantando sérios problemas para a economia do país.

Estudos anteriores sobre a utilização de sedimentos acumulados em albufeiras situadas em distintas condições climáticas e geológicas demonstraram um considerável sucesso no uso dos sedimentos para melhoria da qualidade dos solos e para recuperação de áreas degradadas (e.g. Fonseca *et al.*, 1998, 2003). Este conceito inovador e sustentável de recuperação e uso dos sedimentos para melhoramento das condições de produção agrícola, é particularmente adequado às albufeiras da República Dominicana, algumas com mais de 40 anos, quase todas com graves problemas de qualidade de água e muitas localizando-se em zonas com escassez de solos de qualidade. As altas taxas de sedimentação devido às tempestades convertem esses depósitos de sedimentos em um recurso renovável enriquecido com nutrientes que, se usado com sabedoria, poderia impulsionar a produção agrícola e reduzir a degradação ambiental.

Através de uma estreita cooperação com o Instituto de Recursos Hídricos da RD (INDRHI), este trabalho insere-se num vasto projecto que tem como principal objectivo a definição de alternativas de

fertilização dos solos mediante o uso de sedimentos depositados em duas albufeiras com situações climáticas distintas, uma situada a Norte (Tavera), em clima tropical húmido e a Sul do país (Sabana Yegua), em clima tropical seco, com o fim de avaliar a sua disponibilidade para extracção e uso agrícola. O objectivo específico deste trabalho centra-se na caracterização e determinação da biodisponibilidade dos nutrientes, nos sedimentos e nos solos das bacias de drenagem, de forma a avaliar a importância que os materiais sedimentares poderão ter na recuperação destes solos.

Enquadramento Geológico

Localizadas em duas regiões hidrográficas distintas, a geologia das bacias de drenagem das duas albufeiras é muito semelhante, dominada por rochas de idade cretácica representadas por rochas basálticas, cinzas, brechas vulcânicas, tonalitos e rochas vulcano-sedimentares de distinta natureza química predominantemente originadas em arco-ilha. As zonas encaixantes das albufeiras são constituídas por litologias mais recentes (Oligocénico-Plistocénico): conglomerados, arenitos carbonatados, margas, argilas, calcários recifais, turbiditos calcários (alguns com pequenas manchas dispersas de rochas vulcânicas intermédias - traqui-andesitos) e estreitas manchas ao longo dos principais cursos de água de depósitos e terraços fluviais.

Metodologia

A amostragem dos sedimentos, com utilização de uma draga do tipo Shipeck, fez-se em dois períodos, segundo uma rede de amostragem representativa de toda a área dos lagos. No mesmo dia da amostragem extraiu-se a água intersticial dos sedimentos com amostradores *rhizom samplers* e analisaram-se pH, potencial redox (Eh) e condutividade eléctrica. Nas bacias de drenagem colheram-se amostras de solos em zonas arbóreas até cerca de 40 cm de profundidade, em pontos representativos das litologias predominantes e da topografia da região.

Em solos e sedimentos, quantificaram-se as principais fracções granulométricas e

determinaram-se as concentrações dos principais nutrientes sob as formas totais e extraíveis: (1) carbono orgânico, inorgânico e total, azoto e enxofre - analisador elementar. O C_{org} foi determinado após destruição dos carbonatos com HCl e o C_{inorg} calculado a partir da diferença $C_{Tot} - C_{org}$ (2) nitratos – eléctrodo selectivo (3) fósforo total – oxidação com H_2SO_4 em amostras incineradas e quantificação por UV/Vis, (4) fósforo e potássio extraíveis – Método de Egner Rhiem, seguida de quantificação por ICP-OES (para o K) e por UV/Vis (para o P), (5) capacidade de troca cationica (CTC) e determinação das bases (Ca, Mg, Na, K) e Al de troca - extracção com acetato de amónio 1N a pH7, análise dos cationes através de ICP-OES e da CTC por destilação por arraste de vapor e volumetria ácido-base e (6) água intersticial (Al, Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb) através de ICP-OES.

Resultados e Discussão

Através da análise das características químicas dos nutrientes nos sedimentos depositados nas duas albufeiras, na água intersticial e nos solos, verifica-se:

1. Clara influência da litologia das bacias de drenagem. Essa influência traduz-se por (1) nítido aumento do cálcio de troca nos sedimentos de Sabana Yegua (v_{med} de 44,3 $cmol(+)/kg$), em cuja bacia afloram extensas áreas de rochas carbonatadas e (2) elevadas concentrações de cálcio sob formas solúveis (v_{med} de 86,5 mg/L). As elevadas concentrações de elementos alcalinos são responsáveis pelos altos valores de conductividade eléctrica medidos nas águas intersticiais (281 mS/cm) e pelos valores de pH entre 6,7 e 7,3. Em Tavera, onde as rochas carbonatadas têm menor expressão, os teores de cálcio solúvel representam menos de metade dos teores de Sabana Yegua (v_{med} de 39,7 mg/L), embora os valores de pH se mantenham na neutralidade (pH: 6,70 - 6,99).

2. Influência das condições redutoras no fundo das albufeiras (v_{med} de -60 mV em Sabana Yegua e de -26 mV em Tavera) nos teores solúveis dos elementos metálicos. Estas condições explicam (1) os baixos teores nas águas intersticiais, de metais como Zn (v_{med} : Sabana Yegua: 0,21

mg/L e Tavera: 0,33 mg/L), Cu (v_{med} : Sabana Yegua: 0,05 mg/L e Tavera: 0,017 mg/L) e Pb (v_{med} <0,02 mg/L), elementos que apresentam imobilidade para valores mais baixos de potencial redox, e (2) elevadas concentrações das formas solúveis de Fe e Mn, metais com comportamento inverso ao dos anteriores em meios redutores. Os baixos teores de Cu, Zn e Pb nas águas intersticiais reflectem ainda os elevados valores de pH que não favorecem a sua mobilidade.

3. Relativamente aos solos de origem, apenas se verifica aumento da concentração de elementos associados às fases orgânicas: C_{org} , N (cuja forma orgânica representam mais de 90%, Golterman, 2004) e S nos sedimentos de Tavera (Tabela1), o que leva a inferir a ocorrência de uma maior actividade biológica neste sistema; Na bacia de SY os teores de N e C_{org} são médios a altos, em particular nos solos derivados de rochas carbonatadas e vulcano-sedimentares originadas em arco-ilha.

Tabela 1 – Concentrações médias (g/kg) de C (total, inorgânico, orgânico), N e S, nas amostras de solos e sedimentos das duas albufeiras

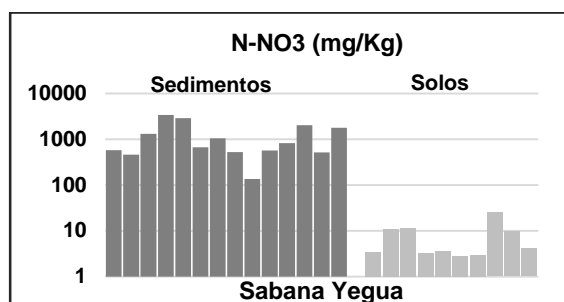
Amostra	C_{Tot}	N	S	C_{org}	C_{inorg}
Tavera					
Solos	23,5	1,5	0,3	19,8	3,2
Sedimentos	25,3	2,4	0,6	24,4	1,0
Sabana Yegua					
Solos	26,4	2,0	0,4	23,3	2,9
Sedimentos	24,8	1,1	0,5	16,4	8,1

4. A mobilidade dos nitratos nas bacias de drenagem e sua possível origem a partir da fertilização dos solos e dos efluentes domésticos poderá constituir um factor de risco ambiental para estas albufeiras, dados os elevados níveis de concentração nos sedimentos (Figura 1), classificados como excessivos. As concentrações mais elevadas em nitratos nos solos da bacia de Tavera (8-42 mg/kg N- NO_3) reflectem uma agricultura mais intensiva e uma maior densidade de população.

5. Na generalidade dos sedimentos, o aumento das fracções granulométricas mais finas e de compostos orgânicos, é consequência de uma erosão selectiva das partículas mais finas e de menor densidade dos solos das bacias; este aumento é

evidenciado por mais elevados valores de capacidade de troca catiónica (apenas em Tavera) e da soma dos catiões de troca, em relação aos solos de origem. O cálcio é o catião dominante no complexo de troca, em especial nos solos com maiores concentrações em elementos associados às fases orgânicas e/ou que derivam de rochas carbonatadas. Embora não se verifique um significativo aumento na capacidade de retenção iónica nos sedimentos de Sabana Yegua relativamente aos solos de origem, os sedimentos de ambos os sistemas apresentam, contudo, teores mais altos de catiões de troca, em particular Ca e Mg, que poderá estar relacionado com uma maior concentração destes elementos em formas solúveis.

Fig. 1 – Variação das concentrações de nitratos nos sedimentos e solos de Sabana Yegua



6. As formas totais de P e as biodisponíveis de P e K têm uma distribuição distinta entre as duas albufeiras, e entre os sedimentos e os solos de origem, apresentando maior heterogeneidade nos solos e valores mais elevados na bacia de Sabana Yegua. À semelhança do verificado em relação aos restantes elementos orgânicos, em Sabana Yegua não se observam diferenças significativas entre as concentrações de P total nos solos (10888 mgP/kg) e nos sedimentos (9162 mgP/kg), verificando-se contudo, um aumento das formas biodisponíveis nos materiais depositados na albufeira.

Conclusões

Embora não se tenha verificado um aumento considerável das formas biodisponíveis e de troca dos nutrientes e nos teores dos elementos associados às fases orgânicas nos sedimentos das duas albufeiras em relação à média dos solos parentais, estes valores são significativa-

mente superiores aos correspondentes nos solos encaixantes dos lagos, derivados de rochas detríticas. Alguns parâmetros apresentam, porém, um maior índice de fertilidade nos sedimentos, nomeadamente, teores mais elevados de catiões de troca como o Ca e o Mg e elevados níveis de nitratos. Se por um lado, os elevados níveis de nitratos nos sedimentos são prejudiciais conduzindo à deterioração da qualidade da água e à possibilidade de eutrofização dos lagos, por outro, eles poderão constituir uma enorme mais-valia na utilização dos sedimentos como fertilizantes dado corresponderem à forma de azoto mais facilmente disponível para a nutrição vegetal.

A República Dominicana é um dos países que melhor se adapta a este modelo de recuperação, dada a construção de muitas barragens e ao actual desenvolvimento na agricultura, pelo que se prevê o uso mais intensivo de solos, o qual, associado a eventos climáticos extremos que anualmente ocorrem no país, conduzirá a uma mais elevada taxa de sedimentação das suas albufeiras. Para além de se desejar melhorar a qualidade dos solos, pretende-se melhorar a qualidade da água e aumentar o período de vida útil das albufeiras, através da remoção de grandes quantidades de sedimentos seguida pelo seu uso na agricultura.

Agradecimentos

Trabalho financiado pelo Fundo de apoio à investigação FONDOCYT (República Dominicana) e pelo Projecto Inalentejo – Quadro de Referência Estratégica Nacional 2007-2013 (QREN) através dos projectos ALENT-07-0262-FEDER-001867 e ALENT-07-0262-FEDER -001876.

Referências

- Fonseca, R., Barriga, F., Fyfe, W. 1998. Reversing desertification by using dam reservoir sediments as agriculture soils, *Episodes*, Vol.21, nº4, 218-224.
- Fonseca, R., Barriga, F., Fyfe, W., 2003. Dam Reservoir Sediments as Fertilizers and Artificial Soils. Case Studies from Portugal and Brazil. *Water and Soil Environments, Biological and Geological Perspectives*, Kazue Tazaki (Eds.), Inter. Symposium of the Kanazawa University 21st – Century COE Program, Kanazawa, Japan, 55-62.
- Golterman, H. L., 2004. *The Chemistry of Phosphate and Nitrogen Compounds in Sediments*. Dordrecht: Springer.