



## Estoque de carbono orgânico do solo em remanescente de Floresta Alta de Restinga na Mata Atlântica setentrional <sup>(1)</sup>

**Alexandre Fonseca D'Andrea<sup>(2)</sup>; Orione Álvares-da-Silva<sup>(3)</sup>; Maurício Rizzato Coelho<sup>(4)</sup>; Alyne Cavalcanti da Silva<sup>(5)</sup>; Rosicléa Maria Santos D'Andrea<sup>(2)</sup>; Hermano Oliveira Rolim<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq, Chamada Nº94/2013 MEC/SETEC/CNPq / Linha 2, Faixa B, Processo 488167/2013-2. <sup>(2)</sup> Docente; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), campus João Pessoa; João Pessoa, PB. E-mail: alexandre.dandrea@ifpb.edu.br; rosiclea.dandrea@ifpb.edu.br; <sup>(3)</sup> Analista Ambiental; Instituto Chico Mendes de Conservação para a Biodiversidade. E-mail: orione.silva@icmbio.gov.br; <sup>(4)</sup> Pesquisador; Embrapa Solos. E-mail: mauricio.coelho@embrapa.br; <sup>(5)</sup> Estudante, Tecnologia em Gestão Ambiental; IFPB campus João Pessoa. E-mail: cavalcanti.alyne@gmail.com; <sup>(6)</sup> Engenheiro Agrônomo, IFPB, campus Sousa. E-mail: rolimano@hotmail.com.

**RESUMO:** As florestas desempenham importantes serviços ecossistêmicos para o equilíbrio do clima e sequestro de carbono. Este trabalho objetivou determinar o número de amostras para estimativas do carbono orgânico do solo (COS) e calcular o estoque de carbono orgânico do solo (EstC) em uma Floresta Alta de Restinga na Mata Atlântica setentrional. Amostras foram coletadas a 0-20 e 20-40 cm de profundidade em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico, em 48 pontos distribuídos em uma malha de 5 x 10 m, na Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo (Cabedelo-PB). O clima é As segundo Köppen (tropical com estação seca de verão). O COS foi determinado segundo Embrapa (2011). O número de amostras foi calculado pela estatística *t* de Student, pelo coeficiente de variação e pelos desvios tolerados da média (5, 10, 15, 20 e 25%), considerando  $\alpha=1, 2, 5, 10$  e 20% de significância. O EstC foi calculado segundo Ellert & Bettany (1995). Os resultados foram: na camada de 0-20 cm, 42 amostras foram suficientes para estimativas confiáveis do COS ( $\alpha=1\%$ ) e na camada de 20-40 cm, 49 amostras bastaram para médias confiáveis do COS ( $\alpha=5\%$ ), com tolerância de 20% de desvios em relação à média. O EstC foi de 20,49  $\pm$  1,43 e de 12,03  $\pm$  1,20 Mg ha<sup>-1</sup> nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente. A avaliação da qualidade da camada superficial do solo na Floresta Alta de Restinga deste estudo deve considerar o mínimo de 50 amostras para estimativas confiáveis do COS.

**Termos de indexação:** qualidade do solo, Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo, Neossolo Quartzarênico.

### INTRODUÇÃO

As florestas desempenham importantes serviços ecossistêmicos para o equilíbrio do clima global e sequestro do carbono atmosférico. Conhecer os teores de carbono orgânico do solo e sua

modificação ao longo do tempo em áreas de vegetação nativa subsidia a correta avaliação dos efeitos do uso e manejo do solo sobre a sua qualidade. O carbono orgânico é um indicador de qualidade de importantes funções desempenhadas pelo solo, como as relacionadas à diversidade e produtividade, à filtragem e ao tamponamento ambiental e à ciclagem de nutrientes (Seybold et al., 1997). Alterações nos estoques de carbono da biomassa e do solo fazem parte do balanço de carbono no ambiente, e são considerados nos inventários nacionais de emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera (MCT, 2010). A ferramenta metodológica adotada para contabilizar os compartimentos de carbono em projetos atuais de florestamento, reflorestamento e revegetação inclui alterações no estoque de carbono de solos minerais e orgânicos (VSC, 2015).

A Floresta Nacional (FLONA) da Restinga de Cabedelo é uma Unidade de Conservação federal na região metropolitana de João Pessoa. Constitui um dos poucos fragmentos remanescentes de Floresta Alta de Restinga no domínio da Mata Atlântica, um bioma de grande diversidade originalmente distribuído por mais de 1,2 milhão de Km<sup>2</sup> em extensa faixa de variação latitudinal, fragmentado e reduzido atualmente a 7,5% de sua área original (Myers et al., 2000). Nos últimos 40 anos, a região do estuário do rio Paraíba passou por um importante processo de alteração no uso da terra, com redução de 62,3% da área de florestas, devida, sobretudo, ao aumento da expansão urbana e rural (Stevens, 2014).

Dentre as dificuldades para a extrapolação de resultados em estudos de qualidade do solo destacam-se dificuldades no estabelecimento de padrões de referência para as metodologias utilizadas e a definição das condições do solo em seu estado natural (Batisda et al., 2008). Conhecer os teores e o estoque de carbono em áreas com vegetação nativa é fundamental para estimativas de perdas de carbono decorrentes da degradação



florestal pelo desmatamento em regiões tropicais (Nogueira et al., 2015). O objetivo deste trabalho foi determinar o número mínimo de amostras para estimativas confiáveis do carbono orgânico do solo e calcular o estoque de carbono orgânico na camada superficial do solo num fragmento de Floresta Alta de Restinga na parte setentrional do bioma Mata Atlântica.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo pertence à Floresta Nacional (FLONA) da Restinga de Cabedelo, uma Unidade de Conservação de uso sustentável com área de 117 ha, criada em 2004 e inserida na região do estuário do rio Paraíba, em Cabedelo, PB (Brasil, 2004). Situa-se entre as coordenadas geográficas de 7° 3' 25,314" e 7° 4' 9,71" de latitude S, e de 34° 51' 51,152" e 34° 50' 57,504" de longitude W. O clima é As segundo a classificação de Köppen (tropical com estação seca de verão). O solo é um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Santos et al., 2013), desenvolvido nos terraços marinhos arenosos recentes. Os teores médios de areia e argila+silte são, respectivamente, 971 e 29 g kg<sup>-1</sup> para a camada de 0-20 cm e 969 e 31 g kg<sup>-1</sup> para a camada de 10-20 cm, caracterizando um solo essencialmente arenoso. A vegetação é Floresta Alta de Restinga em estágio primário, onde ocorrem frequentemente *Calophyllum brasiliense*, *Andira fraxinifolia*, *Handroanthus impetiginosus*, *Manilkara salzmannii*, *Myrsine guianensis* e *Tabebuia roseoalba*, sendo que espécies emergentes atingem 20 m de altura.

As amostragens de solos foram realizadas em 48 pontos distribuídos regularmente em uma malha amostral de 5 x 10 m, cobrindo uma área de 30 x 55 m. As amostras foram secas em estufa a 60°C, passadas em peneira de 2 mm e analisadas quanto ao teor de carbono orgânico do solo (Embrapa, 2011). Foram calculadas medidas de posição e dispersão dos dados (média, valores mínimo e máximo, desvio padrão e coeficiente de variação). O número mínimo de amostras representativas para estimativas confiáveis da média de COS foi obtido com a expressão de Cline (1944):  $n = (t_{\alpha} \times CV/D)^2$ , em que  $n$  é o número de amostras para a estimativa da média;  $t_{\alpha}$  é estatística t de Student (valores tabelados em função do nível de significância  $\alpha$  e do número de graus de liberdade),  $CV$  é o coeficiente de variação, e  $D$ , a porcentagem de variação tolerada em torno da média.

O estoque de carbono orgânico do solo (EstC), em Mg ha<sup>-1</sup>, foi calculado segundo Ellert & Bettany (1995), a partir da expressão: EstC = COS x Ds x e/10,

em que COS: teor de carbono orgânico do solo na camada considerada (g kg<sup>-1</sup>); Ds: densidade do solo na camada considerada (g cm<sup>-3</sup>); e: espessura da camada considerada (cm).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de COS para os 48 pontos amostrados variaram de 2,6 a 23,8 g kg<sup>-1</sup> na camada de 0-20 cm e de 1,9 a 16,6 g kg<sup>-1</sup> na camada de 20-40 cm. As médias do COS foram de 9,7 g kg<sup>-1</sup> (CV=48,4%) na camada de 0-20 cm e de 5,1 g kg<sup>-1</sup> (CV=69,4%) na camada de 20-40 cm. Levando-se em conta a expressão descrita por Cline (1944), as estimativas do número de amostras representativas indicaram que, na camada de 0-20 cm, 42 amostras originam estimativas confiáveis dos teores de COS a 1% de probabilidade e, na camada de 20-40 cm, 49 amostras são suficientes para médias confiáveis de COS a 5% de probabilidade. Em ambos os casos, o valor tolerado de D foi de 20% de desvios em relação à média (Figura 1). Em termos práticos, e considerando-se a variabilidade dos teores de COS, o planejamento dos trabalhos de campo nas áreas de floresta de restinga na FLONA de Cabedelo deve considerar o número mínimo de 50 amostras para estimativas confiáveis do COS, sendo este um valor de referência na avaliação da qualidade da camada superficial do solo neste ambiente com relação ao armazenamento de carbono.

Com base nos valores de COS e Ds, o EstC foi calculado para as duas camadas avaliadas. Para a profundidade de 0-20 cm, o EstC foi 20,49 ± 1,43 Mg ha<sup>-1</sup> e para a profundidade de 20-40 cm, o EstC foi 12,03 ± 1,20 Mg ha<sup>-1</sup> (média ± erro padrão da média). O EstC acumulado de 0-40 cm foi de 32,52 ± 2,27 Mg ha<sup>-1</sup> (média ± erro padrão da média), sendo muito superior ao reportado por Mendonça et al. (2013) para Neossolos Quartzarênicos na Amazônia (Parque Nacional do Viruá, Roraima), que foi de 2,5 kg m<sup>-2</sup> (ou 25 Mg ha<sup>-1</sup>) até 1 metro de profundidade. As diferenças podem ser explicadas tanto pelo tipo e quantidade de matéria orgânica adicionada ao sistema solo como pelas variações entre protocolos amostrais de ambos os trabalhos. Embora os valores encontrados de estoque de carbono em Espodosolos, solos comuns nesses ambientes, sejam muito superiores aos do Neossolo Quartzarênico (Mendonça et al., 2013), o EstC nos solos estudados da FLONA da Restinga de Cabedelo não deve ser desprezado para a conservação do carbono no ambiente terrestre. Destaca-se a fragilidade dos ambientes de restinga e a possibilidade de alterações na dinâmica do carbono em decorrência de pequenas mudanças

(hidrológicas, atmosféricas) nas condições locais, situação muito preocupante em áreas de grande expansão urbana, pela pressão em favor do desmatamento, reduzindo o sumidouro local de carbono. Para um melhor entendimento da dinâmica do carbono neste ambiente, estudos futuros devem também considerar a avaliação da qualidade da matéria orgânica solo estudado, a fim de que se possa quantificar a contribuição relativa de frações mais lábeis ou mais recalcitrantes para os estoques de carbono orgânico do solo.

### CONCLUSÕES

O número mínimo de amostras para estimativas confiáveis do COS até 40 cm de profundidade em áreas dominadas por Neossolos Quartzarênicos na FLONA da Restinga de Cabedelo é de 50 amostras, valor que deve ser tomado como base na avaliação da qualidade da camada superficial deste solo com relação ao armazenamento de carbono.

O estoque de carbono orgânico do solo na FLONA da Restinga de Cabedelo é de 20,49 e 12,03 Mg ha<sup>-1</sup> nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente, uma referência para a valoração econômica e para o pagamento por serviços ecossistêmicos prestados pela unidade de conservação.

### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo suporte financeiro ao projeto N° 488167/2013-2, aprovado na Chamada N°94/2013 MEC/SETEC/CNPq / Linha 2, Faixa B (material de consumo e bolsas APT-A e APT-B). Ao IFPB campus João Pessoa pela bolsa pesquisador do primeiro autor (Edital N° 25/2013). Ao ICMBio FLONA da Restinga de Cabedelo pelo suporte.

### REFERÊNCIAS

BATISDA, F.; ZSOLNAY, A.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective. *Geoderma*, 147: 159-171, 2008.

BRASIL. Decreto de 2 de junho de 2004. Cria a Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo, no Município de Cabedelo, no Estado da Paraíba, e dá outras providências. 2004. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Dnn/Dnn10195.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Dnn/Dnn10195.htm)>. Acesso em 02 Mai. 2015.

CLINE, M. G. Principles of soil sampling. *Soil Science*, Baltimore, v. 58, n. 4: 275-288, 1944 .

ELLERT, B. H. & BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting

management regimes. *Canadian Journal of Soil Science* 75: 529-538, 1995.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solos. DONAGEMA, G.K. et al. (org.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. Segundo inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa - Relatórios de referência - Emissões de dióxido de carbono no setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas. 2010. Disponível em < [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0228/228952.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0228/228952.pdf)>. Acesso em 02 Mai 2015.

MENDONÇA, B.A.F.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAEFER, C.E.G.R. et al. Solos e geoambientes do Parque Nacional do Viruá e entorno, Roraima: visão integrada da paisagem e serviço ambiental. *Ciência Florestal* 23: 427-442, 2013.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A; MITTERMEIER, C.G. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-845, 2000.

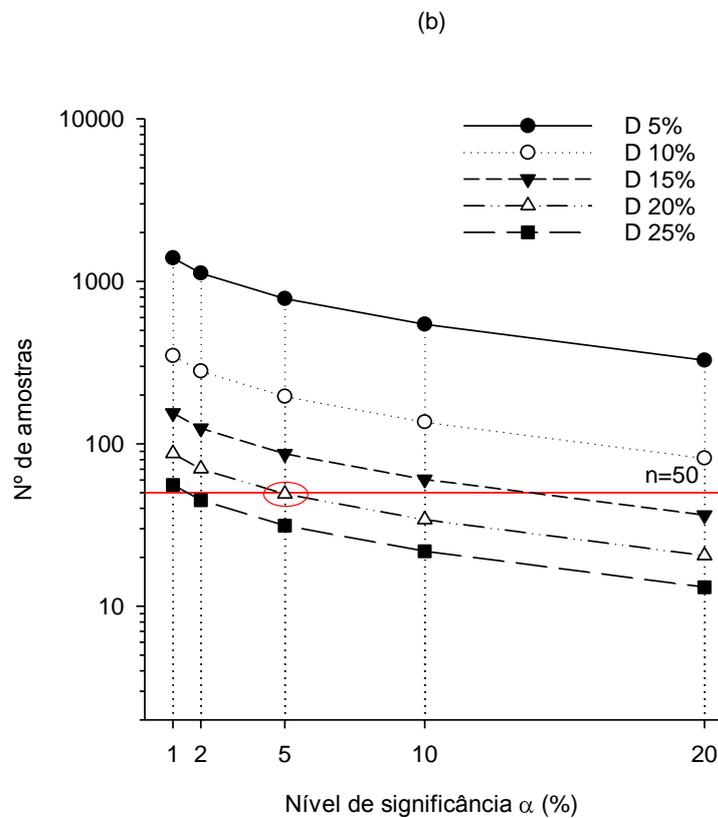
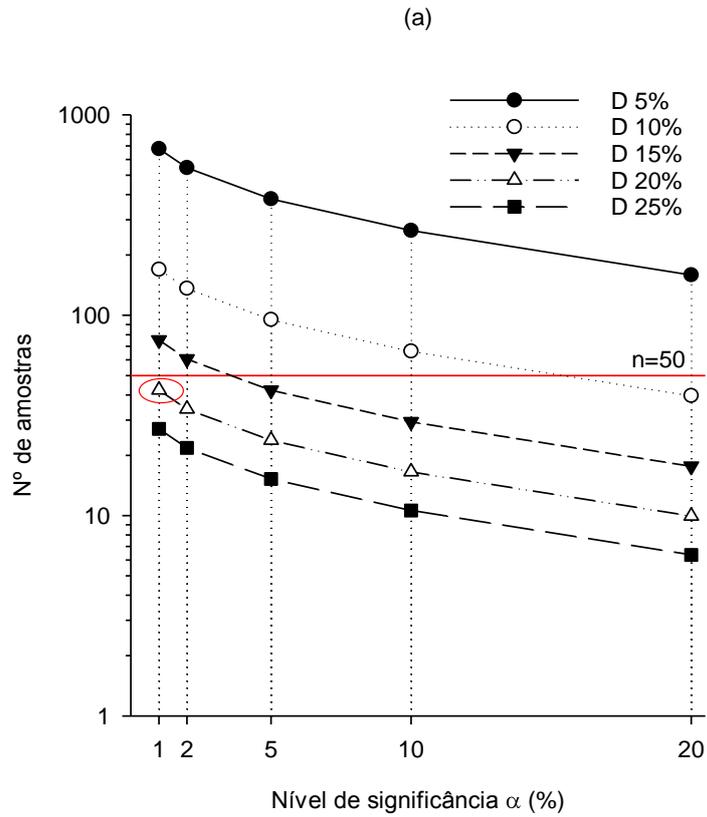
NOGUEIRA, E.M.; YANAI, A.M.; FONSECA, F.O.R. et al. Carbon stock loss from deforestation through 2013 in Brazilian Amazonia. *Global Change Biology* 21: 1271–1292, 2015.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.; et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 3 ed.rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013, 353 p.

SEYBOLD, C.A.; MAUSBACH, M.J.; KARLEN, D.L. & ROGERS, H.H. Quantification of soil quality. In LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F. & STEWART, B.A. (eds). *Soil Processes and the Carbon Cycle*. *Advances in Soil Science*. CRC Press. Washington, D.C., EUA, 1997. Chapter 27. p. 387-403.

STEVENS, P.O. Dinâmica da paisagem no geossistema do estuário do rio Paraíba - extremo oriental das Américas: estimativas de perdas de habitat e cenários de recuperação da biodiversidade. Dissertação de mestrado. UFPB. 2014. 125 p il.

VSC. Verified Carbon Standard. VCS Methodology. VM0007 REDD+ Methodology Framework (REDD-MF). Version 1.5 9. Mar 2015. Disponível em <<http://www.v-c-s.org/sites/v-c-s.org/files/VM0007%20REDD-MF%20v1.5.pdf>>. Acesso em 02 mai. 2015.



**Figura 1** – Número mínimo de amostras representativas para estimativas dos teores de COS nas camadas de 0-20 cm (a) e 20-40 cm (b) de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob Floresta Alta de Restinga, em Cabedelo, PB. A linha em vermelho representa o limite de 50 amostras.