

## Estoques de Carbono Orgânico em Solos do Corredor de Nacala, Moçambique <sup>(1)</sup>.

**Luís de França da Silva Neto<sup>(2)</sup>; José Francisco Lumberras<sup>(3)</sup>; Jacinto Mirione Mafalacusser<sup>(4)</sup>; Moisés F. Vilanculos<sup>(4)</sup>; Aline Pacobahya de Oliveira<sup>(3)</sup>; Momade Mamudo Ibrahimo<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Projeto de Suporte Técnico à Plataforma de Inovação Agropecuária de Moçambique (ABC-PNUD-BRA/04/044)

<sup>(2)</sup> Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Embrapa Solos), Rua Jardim Botânico, 1.024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22460-000, luis.franca@embrapa.br.

<sup>(3)</sup> Pesquisador(a) da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>(4)</sup> Pesquisador do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), Maputo, Moçambique.

**RESUMO:** Apoiado por cooperações internacionais, Moçambique tem buscado desenvolver uma agricultura sustentável e auto-suficiente em alimentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar estoques de carbono e suas implicações em solos de uma área piloto do Corredor de Nacala, em Moçambique. Em amostras de oito perfis de solo foram determinadas características físicas, químicas, COT e calculado o estoque de carbono do solo (ECS) para horizontes e camadas de 0 - 30 e 0 - 100 cm. Os teores de COT foram baixos e o ECS não diferiu para classes de solo e condições de drenagem. O ECS da camada de 0 - 30 cm representou mais de 50% do estoque da camada de 0 - 100 cm. A adoção de práticas conservacionistas de manejo do solo, como o abandono da queima de resíduos, redução da mobilização do solo e uso de plantas de cobertura com alta produção de resíduos são recomendáveis, assim como estudos mais específicos para melhor entendimento da dinâmica da matéria orgânica nesses pedoambientes.

**Termos de indexação:** matéria orgânica do solo; solos da África; uso e ocupação do solo.

### INTRODUÇÃO

Em Moçambique, país localizado no sudeste da África, a agricultura desempenha um papel fundamental no contexto social e econômico nacional. Por esta razão, o governo moçambicano tem priorizado políticas públicas que visam o aumento sustentável da produção agropecuária e a auto-suficiência em alimentos. Através de um esforço cooperativo internacional, tais políticas têm sido apoiadas por diversos projetos dirigidos ao país, que envolvem desde a aplicação de recursos para pesquisa, compartilhamento de experiências até transferência e adaptação de tecnologias.

Neste contexto, a Embrapa Solos participa deste esforço conjunto inserida no "Projeto de Suporte Técnico à Plataforma de Inovação Agropecuária de Moçambique", desenvolvido pela Agência Brasileira de Cooperação (ABC), Embrapa e Instituto de Investigação Agropecuária de Moçambique (IIAM).

Para fins de aplicação das políticas de desenvolvimento em Moçambique são definidas três grandes zonas geográficas, os denominados corredores de Nacala, Beira e Maputo, que dividem o país em seções norte, centro e sul, respectivamente.

O Corredor de Nacala, situado ao norte de Moçambique, entre os paralelos 13° e 17° de latitude sul, possui solos antropizados, em sua maioria pela agricultura familiar itinerante, as denominadas *machambas*, que são caracterizadas pelo uso intensivo do solo, pouco ou nenhum aporte de fertilizantes, e utilização de práticas agrícolas rudimentares não recomendáveis, como a queima para implantação dos cultivos.

Para a viabilização das ações de pesquisa e transferência de tecnologia no âmbito do referido projeto, foram definidas áreas piloto para intervenções mais específicas, que têm como base inicial caracterizações do meio natural, que incluem levantamento de solos, em escala 1:100.000. Como complemento às informações provenientes desses trabalhos, estudos mais específicos podem contribuir para a avaliação da qualidade desses pedoambientes. Entre estes, a determinação do estoque de carbono possibilita estimar a capacidade de um solo emitir ou sequestrar CO<sub>2</sub> atmosférico, ao mesmo tempo em que permite inferências sobre a sustentabilidade das atividades agropecuárias, de grande relevância para os solos tropicais, cujas características físicas, químicas e biológicas são altamente dependentes da matéria orgânica (Boddey et al. 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os estoques de carbono dos principais solos ocorrentes na Área Piloto do Corredor de Nacala, em Moçambique, e verificar possíveis relações com diferentes atributos dos solos e com aspectos de uso e manejo tradicionais.

### MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente trabalho, foram selecionados oito perfis de solo coletados como parte do



levantamento pedológico, em escala 1:100.000, em execução na Área Piloto do Corredor de Nacala, região norte de Moçambique (entre os paralelos 13° e 17° de latitude sul): seis perfis localizados no distrito de Mandimba (MB), província de Niassa, e dois perfis no distrito de Malema (MM), província de Nampula.

De acordo com a classificação de Koppen, a região apresenta clima do tipo Aw: tropical úmido de savana, com chuvas concentradas de novembro a março. A temperatura média anual é de 23° C e a precipitação média ao redor de 1.100 mm anuais. A região está inserida no domínio tectônico denominado *Moçambique Belt*, com predomínio de rochas metamórficas, representadas por gnaisses e migmatitos de idade mesoproterozóica, e granitos eocambrianos, com algumas intercalações de rochas vulcânicas (Direcção Nacional de Geologia, 2008). O relevo caracteriza-se pela dominância de formas suaves, com interflúvios amplos, constituindo extensa superfície aplainada com cotas entre 600 e 900 metros, da qual sobressaem grandes pontões rochosos (*inselbergs*), cujos cumes atingem até 1800 metros de altitude.

Para caracterização das amostras de solo, foram realizadas análises físicas e químicas, conforme Embrapa (1997). Os valores de estoque de carbono do solo, referentes aos diferentes horizontes dos perfis, foram obtidos empregando-se a fórmula:  $ECS = (COT \times Ds \times p)/10$ , na qual ECS = estoque de carbono do solo ( $Mg\ ha^{-1}$ ); COT = teor de carbono orgânico total ( $g\ kg^{-1}$ ); Ds = densidade do solo ( $g\ cm^{-3}$ ); e p = profundidade do horizonte (cm) (Gatto et al., 2010), que foram utilizados para o cálculo do ECS nas camadas de 0 - 30 cm e 0 - 100 cm de profundidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos estudados apresentaram valores de pH entre 5,4 e 6,6, caráter eutrófico, ou saturação por bases próxima a 50%, e capacidade de troca catiônica (valor T) entre 7,2 e 15,3  $cmol_c\ kg^{-1}$  nos horizontes superficiais e entre 3,1 e 7,8  $cmol_c\ kg^{-1}$  nos horizontes inferiores, de textura predominantemente argilosa.

De forma geral, os teores de COT são baixos, mesmo na camada mais superficial dos solos (horizonte Ap), com valores entre 9,4 e 29,9  $g\ kg^{-1}$  (Quadro 1), que reduzem em profundidade da mesma forma que a capacidade de troca catiônica (valor T).

A produtividade das *machambas* é altamente dependente da fertilidade natural dos solos, o que

evidencia a importância da ciclagem de nutrientes e da preservação da matéria orgânica como reserva nutricional para as culturas nesses ambientes. A diversificação de culturas de subsistência, como o feijão, o milho e a mandioca, associados a períodos longos de pousio, poderia contribuir para uma ciclagem mais eficiente e minimizar o esgotamento de nutrientes nesses solos. Apesar dos esforços da extensão rural em combater esta prática, a queima dos resíduos de cultura é muito difundida entre os agricultores locais, o que contribui para as perdas de matéria orgânica e a emissão de  $CO_2$  para a atmosfera.

Na Figura 1 são apresentados os valores de estoque de carbono do solo (ECS) nas camadas de 0 - 30 cm e 0 - 100 cm, dos perfis de solos estudados nos distritos de Mandimba e Malema. Na camada de 0 - 30 cm, os ECS variaram de 27,0 a 55,2  $Mg\ ha^{-1}$ , faixa de variação esta semelhante à observada por Williams et al. (2008) em *machambas* sob pousio em Nhambita, na província de Sofala, região central de Moçambique. Naquele trabalho os autores não encontram diferença significativa entre os resultados obtidos das *machambas* com os de áreas sob reflorestamento, ou seja, não houve incremento de C ao solo com o reflorestamento. Além disso, para esses autores, não há certeza de que a queima reduza o ECS nesses pedoambientes. A resiliência dos ECS em relação à queima também foi verificada por Richards et al. (2011) em solos australianos sob savana, cujos valores de ECS variaram de 41 a 58  $Mg\ ha^{-1}$ .

Embora não ocorram diferenças expressivas entre os solos quanto ao ECS, o perfil MB07 (Argissolo Vermelho) destaca-se dos demais apresentando valor de ECS mais elevado (105,1  $Mg\ ha^{-1}$  na camada de 0 - 100 cm).

Nos demais perfis os valores de ECS apresentam certa similaridade e apesar dos Latossolos (MM10, MB01) terem apresentado conteúdos de carbono ligeiramente inferiores (entre 50,9 e 57,2  $Mg\ ha^{-1}$ ) na camada de 0 - 100 cm, pode-se concluir que não foi constatada diferenças nos estoques de carbono em função da classe de solo, ou mesmo quanto às condições de drenagem, uma vez que o Gleissolo Melânico (MB 08) apresentou teores equivalentes aos demais solos (Figura1). Neste solo observou-se uma concentração de COT nos primeiros 5 cm, provavelmente devido à superficialidade do sistema radicular da pastagem natural de *Hyparrhenia sp.*

Em faixa intermediária de ECS, com valores entre 62,0 a 67,1  $Mg\ ha^{-1}$  na camada de 0 - 100 cm, encontram-se os perfis de Argissolo (MB05, MB06,

MB03 e MM13), que estão sob pousio de culturas, como o feijão, recobertos por vegetação de gramíneas espontâneas.

Em todos os perfis de solo, o ECS na camada de 0 - 30 cm representou mais de 50% do ECS total (com exceção do perfil MM13). Assim, a forma de uso e manejo desses solos pode determinar impactos diretos no ECS, em curto período de tempo. O preparo desses solos para implantação dos cultivos é geralmente manual ou com uso de tração animal. A mobilização do solo acelera a decomposição da matéria orgânica particulada e o ECS passa a ser ainda mais dependente da matéria orgânica associada aos minerais (Freixo et al., 2002). Dada a permeabilidade dos solos, boa fertilidade natural e ausência de elementos em níveis tóxicos, é possível que usos e manejos conservacionistas promovam ao longo do tempo o incremento do conteúdo de matéria orgânica também em profundidade (Boddey et al., 2012).

O histórico de uso dos solos da região provavelmente constitui um fator mais importante do que o uso atual, uma vez que os solos têm sido utilizados intensivamente há décadas. Em função disso, é possível que os incrementos nos ECS ocorram de forma muito lenta (Williams et al., 2008).

Não foram observadas diferenças significativas entre COT e ECS com os teores de argila e disponibilidade de nutrientes nos solos, o que reforça a necessidade da realização de estudos mais específicos, tais como o fracionamento físico e químico da matéria orgânica, que identifiquem compartimentos da matéria orgânica do solo mais sensíveis à sua redução no sistema, de forma a subsidiar estratégias para aumentar e conservar o carbono orgânico do solo.

## CONCLUSÕES

Devido ao ECS na camada de 0-30 cm representar mais de 50 % dos estoques de carbono até 100 cm, o uso do solo pode influenciar em grande parte a dinâmica de seu carbono orgânico.

Os baixos teores de COT nos perfis de solo da Área Piloto do Corredor de Nacala sugerem a importância da adoção de práticas de manejo adequadas, que promovam o incremento do conteúdo de matéria orgânica do solo e do ECS, entre elas o abandono da prática de queima da cobertura vegetal para a eliminação de restos culturais e implantação dos cultivos; redução da mobilização do solo ou cultivo mínimo e a manutenção de cobertura permanente do solo através de culturas com alta produção de resíduos.

Estudos mais específicos, envolvendo avaliações dos compartimentos orgânicos nesses solos (fracionamentos físicos e químicos) são recomendáveis para o melhor entendimento da dinâmica do C nesses pedoambientes e orientação de estratégias de uso agrícola.

## REFERÊNCIAS

BODDEY, R. M. et al. Estoques de C nos solos do Brasil: quantidade e mecanismos de acúmulo e preservação. In: Magda A. Lima; Robert M Boddey; Bruno José Rodrigues; Pedro L.O. de A.; Segundo Urquiaga. (Org.). Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. 1ed. Brasília: Embrapa, 2012, v. 1, p. 33-82.

DIREÇÃO NACIONAL DE GEOLOGIA. Ministério dos Recursos Naturais. República de Moçambique. Carta geológica (escala 1:1.000.000). Compilação de: Hartzler, F.J.; Manhiça, V.J.; Marques, J.M.; Grantham, G.; Cune, G.R.; Feitio, P.; Daudi, E.X. 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPq. Documentos, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FREIXO, A. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, p. 425-434, 2002.

RICHARDS, A. E. et al. Optimal fire regimes for soil carbon storage in tropical savannas of northern Australia. Ecosystems, v. 14, p. 503-518, 2011.

WILLIAMS, M. et al. Carbon sequestration and biodiversity of re-growing Miombo woodlands in Mozambique. Forest Ecology and Management, v.254, p.145-155, 2008.

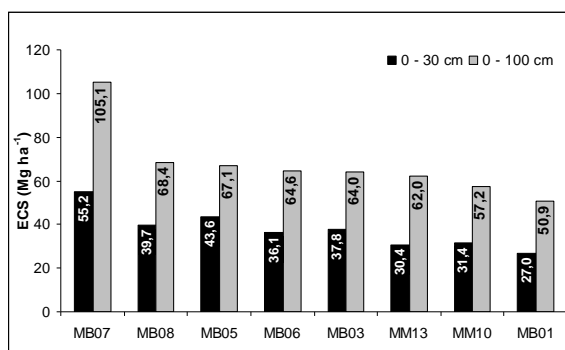


Figura 1. Estoques de carbono do solo (ECS) nas camadas de 0 - 30 cm e 0 - 100 cm de perfis de solos do Corredor de Nacala, Moçambique.

**Quadro 1.** Teores de carbono orgânico total (COT), estoques de carbono do solo (ECS), características químicas e teor de argila em perfis de solos do Corredor de Nacala, Moçambique.

Horizonte	Profundidade cm	COT g kg <sup>-1</sup>	ECS Mg ha <sup>-1</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)	Valor T cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Argila g kg <sup>-1</sup>
<b>MB07 – PVe típico – gramíneas espontâneas<sup>(1)</sup></b>						
Ap	0 - 8	12,5	13,700	6,2	11,2	223
A2	8 - 20	14,5	23,664	6,0	13,4	366
AB	20 - 28	14,0	15,456	5,8	13,7	428
BA	28 - 50	9,2	26,312	5,9	10,4	468
Bt1	50 - 75	6,3	12,947	5,5	9,6	529
Bt2	75 - 112	3,9	19,336	5,4	6,6	528
Bt3	112 - 141	3,0	11,049	5,6	5,5	528
<b>MB08 – GMbe típico – pastagem nativa de <i>Hyparrhenia sp</i><sup>(1)</sup></b>						
Ap	0 - 5	29,9	14,801	5,9	15,3	393
A2	5 - 13	16,8	11,693	5,7	12,2	433
AC	13 - 26	9,4	10,998	5,6	8,8	449
Cg1	26 - 42	5,0	8,800	5,7	7,7	448
Cg2	42 - 68	3,8	13,338	5,9	7,2	407
Cg3	68 - 82	2,5	4,480	6,2	6,3	365
Cg4	82 - 98	1,5	3,792	6,4	5,6	325
Cg5	98 - 142	1,6	10,771	6,4	7,8	347
<b>MB05 – PVe cambissólico – pousio com gramíneas espontâneas e árvores em regeneração<sup>(1)</sup></b>						
Ap	0 - 6	22,4	12,096	6,6	11,1	347
AB	6 - 20	12,5	23,450	5,9	9,8	387
Bt1	20 - 34	5,6	11,290	5,8	7,4	509
Bt2	34 - 70	2,5	12,150	6,0	5,7	487
BC	70 - 117	1,9	12,681	6,0	5,6	446
Cr1	117 - 155	1,1	5,852	5,8	5,3	324
<b>MB06 – PVAe típico – pousio com gramíneas espontâneas e árvores em regeneração<sup>(1)</sup></b>						
Ap	0 - 7	11,1	9,635	6,3	7,9	161
A2	7 - 21	11,4	19,790	6,1	8,9	162
AB	21 - 33	5,5	8,910	5,9	5,9	161
BA	33 - 54	3,8	11,012	5,7	5,6	202
Bt1	54 - 84	2,7	12,231	5,8	4,9	324
Bt2	84 - 135	1,3	9,746	5,8	4,3	303
<b>MB03 – PVAe típico – pousio de sorgo e feijão<sup>(1)</sup></b>						
Ap	0 - 11	17,7	22,196	6,4	12,1	142
BA	11 - 18	7,9	8,074	6,5	6,6	141
Bt1	18 - 30	4,2	7,510	6,3	5,5	243
Bt2	30 - 42	3,6	6,739	6,6	6,6	386
Bt3	42 - 72	2,7	11,583	6,0	6,6	614
Bt4	72 - 120	2,0	13,536	5,7	6,4	594
<b>MM13 – PVe cambissólico – pousio de cebola e feijão irrigado por gravidade<sup>(1)</sup></b>						
Ap	0 - 10	11,0	13,530	6,3	10,0	490
A2	10 - 18	8,8	8,448	5,8	8,5	573
BA	18 - 30	5,6	8,400	5,7	7,3	594
Bt1	30 - 58	3,4	13,138	5,9	6,9	573
Bt2	58 - 100	3,1	18,488	5,9	6,1	572
<b>MM10 – LVe típico – cultivo de mandioca e gramíneas espontâneas<sup>(1)</sup></b>						
Ap	0 - 10	10,2	11,220	5,9	7,2	406
A2	10 - 18	10,9	9,592	5,5	8,6	449
BA	18 - 39	7,0	18,522	5,7	6,8	488
Bw1	39 - 65	2,7	8,564	5,9	5,0	549
Bw2	65 - 102	2,3	9,787	5,9	3,5	549
Bw3	102 - 140	1,7	7,364	6,1	3,1	568
<b>MB01 – LVe argissólico – eucalipto e gramíneas espontâneas<sup>(1)</sup></b>						
Ap	0 - 10	9,4	11,750	5,8	7,8	304
BA	10 - 20	6,4	9,280	5,4	6,5	426
Bw1	20 - 38	4,3	10,681	5,6	5,0	508
Bw2	38 - 72	2,6	11,580	5,7	4,0	570
Bw3	72 - 114	2,2	11,365	6,0	3,6	568
Bw4	114 - 155	1,1	6,043	5,8	3,5	447

<sup>(1)</sup> Identificação, classificação de acordo com o SiBCS (Embrapa, 2006) e cobertura vegetal no local do perfil.