

Estoque de Carbono e Nutrientes na Serapilheira e Solos de Fragmentos Florestais da Mata Atlântica do Estado Rio de Janeiro

Ana Carolina Goulart¹

Joyce Maria Guimarães Monteiro²

Maurício Rizzato Coelho²

Ademir Fontana²

Alexandre Ortega Gonçalves²

Introdução

A questão do aquecimento global tem despertado um crescente interesse à contribuição dos ecossistemas terrestres na mitigação das mudanças climáticas. Dentre esses ecossistemas, destacam-se as florestas tropicais que são responsáveis por cerca de 40% da capacidade de assimilação de carbono no ambiente (NOBRE; NOBRE, 2002). A fim de aumentar os sumidouros de carbono, é interessante a ampliação das áreas florestais, visando o sequestro e o armazenamento de carbono (REES et al., 2005) e, ao mesmo tempo, propiciar a manutenção e o aumento dos teores de nutrientes no solo, uma vez que a produção primária acima do solo é a única fonte de matéria orgânica e, principalmente, de nutrientes para a maioria dos solos sob florestas (VAN de GEIJN; VAN VEEN, 1993).

A quantificação dos estoques de carbono (C) em florestas tropicais é importante para entender a contribuição desses ecossistemas para o ciclo global do carbono. A maior parte das estimativas de estoque de C feitas normalmente à campo foca somente a biomassa

aérea das árvores vivas, já que elas contêm a maior fração do C total da biomassa (PHILLIPS et al., 1998, NASCIMENTO; GIBBS et al., 2007). Entretanto, o Intergovernmental Panel on Climate Change (2008) destaca a importância de se estimar o estoque de C dos cinco compartimentos de C que compõem o ambiente (biomassa aérea, biomassa abaixo do solo, serapilheira ou liteira, madeira morta e carbono orgânico do solo), para fins de inventários florestais de emissão de gases de efeito estufa.

Entre esses compartimentos, a serapilheira representa um elo fundamental no fechamento do ciclo do carbono no sistema. A serapilheira é formada pelas folhas, galhos e outras partes das plantas, tais como flores e frutos que caem sobre o solo. Para o Intergovernmental Panel on Climate Change (2008), a serapilheira inclui toda a biomassa não viva com tamanho maior que o limite da matéria orgânica no solo (sugere-se 2 mm) e menor que o diâmetro mínimo escolhido para a madeira morta.

¹ Graduanda em Engenharia Florestal, UFRRJ. E-mail: goulart-carolina@ig.com.br

² Pesquisadora A Embrapa Solos. E-mail: joyce.monteiro@embrapa.br; mauricio.coelho@embrapa.br; ademir.fontana@embrapa.br; alexandre.ortega@embrapa.br

O carbono presente na serapilheira depende do seu estado de decomposição, assim, em razão da ação de intempéries parte desse carbono é incorporado ao solo e outra voltará à atmosfera (BROWN; LUGO, 1982). De acordo com Scholes et al. (1997), o estoque de carbono do solo, sob vegetação natural, representa o balanço dinâmico entre a adição de material oriundo de plantas e animais mortos e a perda pela decomposição ou mineralização. Todos esses fatores alteram as propriedades da serapilheira, mas ainda há poucos estudos que documentam claramente os efeitos de cada um desses fatores sobre quantidade de serapilheira (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2008).

Esse trabalho objetiva contribuir para o entendimento da quantificação dos estoques de carbono da serapilheira em sistemas florestais do domínio da Mata Atlântica de duas regiões morfoclimáticas distintas do Estado do Rio de Janeiro. Trata-se de duas Microbacias Hidrográficas (MBH), respectivamente Santa Maria, em São José de Ubá, município situado na região Noroeste fluminense e Caixa d'água, situada no município de Trajano de Moraes, na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Essas MBHs foram selecionadas no âmbito do Projeto RIO-RURAL, desenvolvidas pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS) da Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Rio de Janeiro (SEAPEC).

Material e Métodos

Área de estudo

As áreas de estudo estão inseridas em duas microbacias hidrográficas do Estado Rio de Janeiro: Santa Maria, localizada no município de São José de Ubá, e Caixa D'água, localizada em Trajano de Moraes. A figura 1 apresenta o mapa do Estado do Rio de Janeiro destacando os dois municípios onde as microbacias estão situadas.

A microbacia do córrego Santa Maria está inserida integralmente no município de São José de Ubá, na região Noroeste do Rio de Janeiro e totaliza uma área de 1.356 ha. O clima do município foi caracterizado por Gonçalves et al. (2006) como do tipo Aw, pela classificação de Köppen, ou seja, tropical quente e úmido com estações climáticas bem definidas. A vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana (DAN et al., 2010). Segundo ATLAS dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período de 2008-2010 (2011), a área do município de São José de Ubá

compreende 25.546 ha e, atualmente, possui apenas 926 ha de remanescentes florestais. Os fragmentos de Mata Atlântica que ainda existem na bacia estão em sua maioria em áreas de difícil acesso e por isso não foram utilizados ao longo dos diversos ciclos econômicos pelos quais passou a região, tendo importância fundamental para recarga do aquífero, na minimização das taxas de produção de sedimentos e movimentos de massa (MARCHIORO et al., 2010).

A microbacia da Caixa d'água está localizada no assentamento Santo Inácio, no primeiro distrito de Trajano de Moraes, região Serrana do estado do Rio de Janeiro. A região de Trajano de Moraes é caracterizada pela presença de clima subtropical seco (Cwa) e subtropical úmido com inverno seco e verão chuvoso (FERRAZ et al., 2003). O município abrange uma área de 59.983 ha, com cerca de 24% cobertos por mata (ATLAS..., 2011). A vegetação nativa apresenta remanescentes da Mata Atlântica e de vegetação secundária, indicando um maior grau de conservação principalmente nas áreas mais elevadas. Destaca-se no local o plantio de eucalipto e banana em monocultura (RIO-RURAL, 2011).

No que se refere aos dados climáticos, no município de São José de Ubá (MBH Santa Maria) a precipitação total no mês de janeiro de 2011, mês que foram feitas as coletas, foi de 65,4 mm e a temperatura média foi de 29,8°C, com máxima de 34,3°C e mínima de 24°C. Em Trajano de Moraes (MBH Caixa d'água), a precipitação foi 14,8 mm, a temperatura média de 13°C, tendo uma máxima de 24,7°C e mínima de 2,8°C no mês de julho de 2011, quando foram realizadas as coletas (RIO-RURAL, 2011).

Os solos foram classificados no âmbito deste trabalho como Argissolo Vermelho Eutrófico típico na MBH de Santa Maria, município de São José de Ubá. Na MBH de Caixa D'água, em Trajano de Moraes, predomina o Latossolo Vermelho Distrófico típico na área de estudo.

Protocolo de Amostragem

As coletas das amostras no campo foram realizadas em janeiro de 2011 na MBH de Santa Maria (São José de Ubá) e em julho de 2011 na MBH de Caixa d'água (Trajano de Moraes). As áreas de coleta de serapilheira foram selecionadas priorizando a representatividade da vegetação florestal e o seu entorno. Os fragmentos selecionados localizam-se em áreas de relevo forte ondulado, o que levou a subdivisão da área em transectos localizados em três terços da vertente: superior, médio e

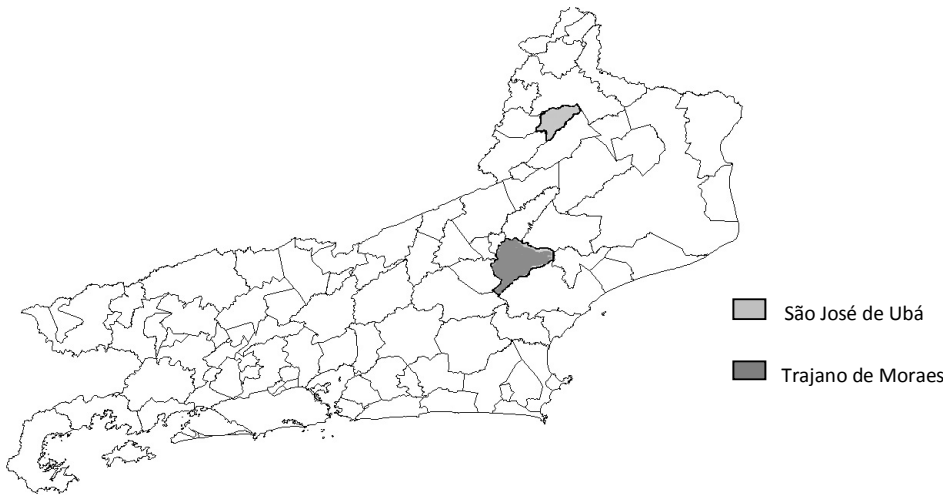


Figura 1. Estado do Rio de Janeiro com destaque aos municípios de São José de Ubá e Trajano de Moraes.

inferior. Foram demarcados três transectos equidistantes entre si de 100 metros. Cada transecto correspondeu a uma área de 50x10 m totalizando 1.500 m², onde foi recolhido aleatoriamente todo o material depositado sobre o solo florestal, utilizando-se para tal de gabaritos que auxiliaram a demarcação da coleta, nas dimensões de 0,40x0,40 cm e 0,50x0,50 cm, respectivamente em São José de Ubá e Trajano de Moraes. Foram recolhidas 11 amostras em cada transecto na área de São José de Ubá e 20 em cada transecto de Trajano de Moraes.

As amostras foram armazenadas em sacos de papel no campo e foram secas em estufa a 65°C até peso constante. Seus pesos foram registrados antes (peso úmido) e depois (peso seco) da secagem controlada em estufa. Para determinação analítica de carbono total foram separadas 3 amostras de cada transecto, com pesos secos máximo, médio e mínimo, que foram moídas em moinho tipo Willey, retiradas sub-amostras de 100 g. Os teores de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio foram determinados por combustão a seco em um analisador elementar Perkin Elmer 2400 CHNS³ (CARMO et al., 2010).

Os cálculos do teor de carbono se basearam na obtenção da biomassa seca extrapolada para Mg ha⁻¹ (Equação 1). Obtendo-se o estoque de carbono calculando pelo produto da quantidade de biomassa seca e o teor de carbono contido nas sub-amostras (Equação 2), considerando a média das três repetições em cada transecto.

Equação 1: a) $B = PS / 16$ ou b) $B = PS / 25$

sendo:

B = biomassa seca (t/ha)

PS = peso seco (g)

16 = valor de conversão de g/cm² para t/ha, considerando o gabarito de 40x40 cm (São José de Ubá)

25 = valor de conversão de g/cm² para t/ha, considerando o gabarito de 50x50 cm (Trajano de Moraes)

Equação 2: $TC = B * C / 100$

sendo:

TC = teor de carbono (Mg ha⁻¹)

B = biomassa seca (Mg ha⁻¹)

C = média do carbono total das 3 amostras representativas (%)

100 = valor de conversão para resultado em Mg ha⁻¹

Os dados de biomassa seca foram submetidos a teste de normalidade com o auxílio do programa SAEG⁴. Posteriormente, dada à normalidade dos dados, utilizou-se o Teste T para verificar se há diferença entre o teor médio de carbono nos transectos dentro de cada fragmento florestal. Foi verificado separadamente cada par de transectos, primeiramente superior e médio, em seguida superior e inferior e por último médio e inferior.

³ O padrão de referência utilizado é o acetanilida, cuja composição é (C% = 71,09; H% = 6,71; N% = 10,36).

⁴ SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

Resultados e discussão

A Tabela 1 mostra a quantidade de matéria seca, o teor e o estoque de carbono da serapilheira nas áreas estudadas. Observa-se que a composição da serapilheira teve o teor de carbono variando de 328,1 a 338,2 g kg⁻¹ em Santa Maria e de 382,2 a 410,0 g kg⁻¹ na MBH de Caixa d'Água (Tabela 1). Essa pequena diferença entre os teores de carbono indica que a vegetação é homogênea entre os transectos em cada microbacia. Já quanto ao estoque de carbono, na microbacia de Santa Maria não houve diferença significativa entre os transectos superior, médio e inferior em nível de significância de 5% (Tabela 1). Os resultados variaram entre 1,10 e 1,31 Mg C ha⁻¹. Porém, na microbacia da Caixa d'Água, observou-se diferença significativa a 5% nos resultados. As maiores diferenças foram encontradas entre os transectos médio e inferior, seguido dos transectos superior e médio. A menor diferença foi entre superior e inferior. As médias resultaram entre 0,96 e 2,12 Mg C ha⁻¹.

Tabela 1. Médias dos resultados de cada transecto por microbacia.

Transecto	Santa Maria			Caixa D'água		
	Matéria seca (Mg ha ⁻¹)	Teor de C (g kg ⁻¹)	Estoque de C (Mg ha ⁻¹)	Matéria seca (Mg ha ⁻¹)	Teor de C (g kg ⁻¹)	Estoque de C (Mg ha ⁻¹)
Superior	3,87	338,2	1,31a	3,91	410,7	1,60 b
Médio	3,45	338,1	1,17a	2,52	382,2	0,96 c
Inferior	3,35	328,1	1,10a	5,31	399,3	2,12 a

* Letras diferentes na mesma coluna representa resultados estatisticamente diferentes com a probabilidade de P=0,01.

Observa-se um maior conteúdo de serapilheira e de carbono estocado no terço inferior do fragmento florestal localizado em Trajano de Moraes (MBH Caixa d'água) (Tabela 1). As coletas de amostra nessa microbacia foram realizadas no mês de julho, período de seca. Os processos que envolvem a decomposição de compostos orgânicos, qualidade e quantidade do carbono no solo, atividade microbiana e emissão de CO₂ do solo são fortemente influenciados pelo clima, principalmente temperatura e umidade do solo e do ar (SOTTA et al., 2004; RYAN; LAW, 2005). De acordo com Delitti (1984) e Martins (2010), as florestas localizadas em regiões que apresentam duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, tendem a atingir um pico de deposição foliar no final da estação seca, como estratégia de minimização dos efeitos da escassez de água. Em estudo realizado em áreas de domínio de Mata Atlântica, no município de Silva Jardim - RJ, BORÉM; e RAMOS (2002) também observaram maior deposição de serapilheira no terço inferior em ambiente pouco alterado, tanto no período seco quanto no chuvoso. Pode-se inferir que a quantidade de

serapilheira coletada no período chuvoso no fragmento florestal da MBH de Caixa d'água tem relação com o menor aporte de material da parte aérea para o solo no período chuvoso, essa tendência é também confirmada por SAMPAIO (2008) e SILVA (2009). Ressalta-se que o comprimento de rampa em Trajano de Moraes é de aproximadamente 130 -150 m, entretanto, a percolação de carbono é pouco provável em termos significativos.

Na figura 2 é possível notar um padrão diferente no estoque de C das microbacias. Porém não foram comparados os estoques de carbono entre as microbacias, pois diversos fatores podem ter influenciado nessa divergência, um deles seria devido à diferença na época de coleta para cada microbacia.

Vibrans e Sevegnani (2000), em estudo sobre produção de serapilheira em florestas, afirmam que os mesmos são numerosos, havendo, porém, dificuldades na comparação dos dados, devido às variações de metodologias utilizadas e das variações de tipologia florestal e estágio sucessional. Ferez (2010) realizou um estudo em domínio do Bioma Mata Atlântica, em área classificada como Floresta Mesófila Semidecidual, onde empregou o fator de conversão com valor de 0,42, ou seja, um teor de carbono equivalente a 420 g Kg⁻¹, um pouco acima de todos os valores utilizados nesse trabalho. Para consórcios de seringueiras e cacauzeiros, Cotta (2005) adotou o fator de 0,5 em seu estudo, também acima dos valores encontrados nesse estudo. Já o Intergovernmental Panel on Climate Change (2008) recomenda para o componente serapilheira um fator de conversão padrão de 0,37, correspondente a 370 g kg⁻¹. Neste trabalho, utilizaram-se as médias de cada terço dos teores de carbono analisados, conforme apresentado na Tabela 1, que variaram de 32,8 a 41%, estando esses valores mais próximos dos utilizados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (2008).

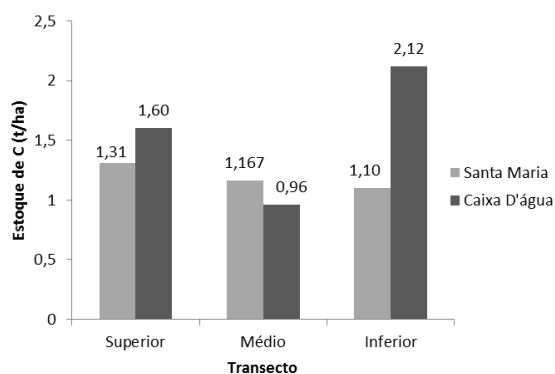


Figura 2. Média do estoque de C (tC/ha) na serapilheira nas microbacias de Santa Maria e Caixa d'água.

Considerações finais

Os resultados deste trabalho indicaram uma maior produção de serapilheira e de carbono estocado na serapilheira de fragmentos florestais localizados em Trajano de Moraes (MBH Caixa d água), no mês de julho. Portanto, período de seca, onde provavelmente a intensificação da queda de folhas é coerente com a estratégia adaptativa das espécies arbóreas em período de menor disponibilidade hídrica; e a temperatura no mês de coleta era inferior em relação a São José de Ubá. Desta forma há uma redução da atividade dos processos que envolvem a dinâmica de Matéria Orgânica do Solo.

Referências

- ATLAS dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período de 2008-2010: relatório final. São Paulo: SOS Mata Atlântica: INPE, 2011. Disponível em <<http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/atlasrelatoriofinal.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2011.
- BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, Lavras, v. 8, n.2, p. 42-59, 2002.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. **Interciencia**, v.17, p. 8–18. 1992.
- CARMO, C. A. F. de S. do; ARAÚJO, W. S. de; BERNARDI, A. C. de C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 6).
- COTTA, M. K. **Quantificação de biomassa e análise econômica do consórcio seringueira-cacau para geração de créditos de carbono**. 2005. 89 f. Dissertação Mestrado em Ciência Florestal – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
- DAN, M. L.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos de floresta estacional semidecidual na bacia hidrográfica do Rio São Domingos, São José de Ubá, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 4, p. 749-766, 2010.
- DELITTI, W. B. C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 469-486, 1984.
- FEREZ, A. P. C. **Efeito de práticas silviculturais sobre as taxas iniciais de seqüestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica**. 2010. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FERRAZ, R. P. D.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; GONÇALVES, A.O.; DANTAS, M. E.; MANSUR, K. L.; MARQUES, A.; TAVARES, J. C.; MANZATTO, H. R.; MANZATTO, C. V. **Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do Rio do Imbé (RJ)**: aplicação de metodologia integrada como subsídio ao manejo de microbacias. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29).
- GIBBS, H. K., BROWN, S., NILES, J. O, FOLEY, J. A. **Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality**. Environmental Research Letter, 2 13pp 2007 Disponível em: <http://www.ciencias.unal.edu.co/> Acesso em: 12 jun. 2011
- GONÇALVES, A. O.; FIDALGO, E. C. C.; BASTOS, C. L.; ABREU, M. B. Caracterização climática da bacia do rio São Domingos. In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO PRODETAB AQUÍFEROS, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. CD ROM.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the national greenhouse gas inventories**. Hayama: IGES, 2008. 20 p. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2013.
- MARCHIORO, E.; FERNANDES, N. F.; MACEDO, J. R. DE; BHERING, S. B.; GONÇALVES, A. O. Aplicação do Código Florestal Brasileiro como subsídio para o planejamento ambiental: um estudo de caso na região noroeste do estado do Rio de Janeiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n.1, p. 11-21, 2010.
- MARTINS, S. C. **Caracterização dos solos e serapilheira ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica, estado de São Paulo**. 2010. 156 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- NOBRE, C. A.; NOBRE, A. D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 16, n. 45, p. 34-42. 2002.

REES, R. M.; BINGHAM, I. J.; BADDELEY, J. A.; WATSON, C. A. The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. **Geoderma**, Amsterdam, p. 130-154, 2005.

RIO-RURAL. **Projeto de Gerenciamento Integrado de Agroecossistemas em Microbacias Hidrográficas do Norte e Noroeste Fluminense**. Disponível em: <http://www.microbacias.rj.gov.br/projeto_gef.jsp>. Acesso em: 10 jun. 2011.

RYAN, M. G.; LAW, E. B. Interpreting, measuring and modeling soil respiration. **Biogeochemistry**, v. 73, n. 1, p. 3-27. 2005.

SAMPAIO, I. C. G. **Biogeoquímica do carbono em solos de parcelas sob trituração, sob queima e sob capoeira**. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém.

SCHOLES, M. C.; POWLSON, D.; TIAN, G.; Input control of organic matter dynamics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, n. 1/4, p. 25-47, 1997.

SILVA, A. K. L. **Dinâmica de serapilheira e produção de raízes finas em plantios de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) e floresta sucessional em Aurora do Pará, Amazônia Oriental**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém.

SOTTA, E. D.; MEIR, P.; MALHI, Y. ; NOBRE, A. D.; HODNETT, M.; GRACE, J. Soil CO₂ efflux in a tropical Forest in the central Amazon. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 610-617. 2004.

VAN de GEIJN, S. C.; VAN VEEN, J. A. Implications of increased carbon dioxide levels for carbon input and turnover in soils. **Vegetatio**, p. 104-105, 1993.

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L. Produção de serapilheira em dois remanescentes de floresta ombrófila densa em Blumenau - SC. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 2, n. 1, p. 103-116, 2000.

Comunicado Técnico, 67

Embrapa Solos

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ. CEP: 22460-000

Fone: (21) 2179 4500

Fax: (21) 2274 5291

E-mail: sac@cnps.embrapa.br

<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

1ª edição

1ª impressão (2012): online

Comitê de publicações

Presidente: *Daniel Vidal Perez*

Secretária-Executiva: *Jacqueline S. Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro, Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos.*

Expediente

Supervisão editorial: *Jacqueline S. Rezende Mattos*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Revisão bibliográfica: *Ricardo Archanjo de Lima*

Editoração eletrônica: *Jacqueline S. Rezende Mattos*