

INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE DOS TEORES DE CARBONO EM ÁREA DE VEGETAÇÃO CAMPESTRE NATURAL NO BIOMA PAMPA

Carline Biasoli TRENTIN¹
Dejanira Luderitz SALDANHA²
Eliana Lima da FONSECA³

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar a variação e a interferência sazonal no teor de carbono (C) em uma área de vegetação campestre natural do bioma Pampa em diferentes locais de armazenamento (parte aérea, serrapilheira, raízes e solo). Foram coletadas em campo amostras de parte aérea, serrapilheira, raízes e solo, em dois períodos do ano de 2012 e 2013: verão e inverno, e realizada em laboratório a análise do teor de carbono orgânico pelo método de combustão úmida *Walkley Black*. As variações sazonais de carbono para cada uma das quatro variáveis foram verificadas através do teste *t* para comparação de médias. Verificaram-se maiores quantidades médias de carbono estocado no período do verão na biomassa vegetal (parte aérea, serrapilheira e raízes). As maiores variações espaciais nos teores de carbono foram verificadas para a parte aérea, serrapilheira e raízes, e menores para o solo. Verificou-se que a sazonalidade interfere no conteúdo de carbono armazenado na vegetação campestre natural. O teor de C no solo não foi influenciado pela sazonalidade.

Palavras-chave: Biomassa vegetal. Solo. Carbono orgânico.

Abstract

Influence of seasonality of carbon levels in natural grassland area in the Pampa biome

We analyzed the variation and seasonal interference in carbon (C) in the natural grassland area of the Pampa biome in aboveground, leaf litter, roots and soil. Were collected in field samples of aboveground, leaf litter, roots and soil, in two periods of the year 2012 and 2013: summer and winter, and held in the laboratory analysis of the levels of organic carbon by humid combustion method *Walkley Black*. A seasonal variation of carbon has been verified by *t* test of averages comparison. There have been larger quantities of carbon stocked in the summer period on plant biomass (aboveground, leaf litter and roots). The larger spatial variations in carbon levels were checked to the aboveground, leaf litter and roots, and lower to the soil. It was found that the seasonality interferes with the content of carbon stored in natural grassland. The C content in the soil wasn't influenced by seasonality.

Key words: Biomass. Soil. Organic carbon.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Doutorado em Sensoriamento Remoto - Instituto de Geociências, prédio 43136 - Sala 207, Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale, CEP 91.501-970, Porto Alegre/RS. E-mail: cbtrentin@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Professora do Departamento de Geodésia - Instituto de Geociências, prédio 43136 - Sala 207, Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale, CEP 91.501-970, Porto Alegre/RS. E-mail: dejanira.saldanha@ufrgs.br

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Professora do Departamento de Geografia - Instituto de Geociências, prédio 43136 - Sala 203, Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale, CEP 91.501-970, Porto Alegre/RS. E-mail: eliana.fonseca@ufrgs.br

INTRODUÇÃO

O bioma Pampa está localizado na Argentina, Brasil e Uruguai. No Brasil se restringe ao estado do Rio Grande do Sul ocupando originalmente 63% do território do estado. O clima é subtropical e apresenta grande variação sazonal com verão quente e seco e inverno frio e úmido. De acordo com a classificação de Köppen é considerado como Cfa (clima temperado úmido com verão quente) (OVERBECK et al., 2007, p. 1074; BOLDRINI, 2009, p. 67).

Possui vegetação caracterizada por plantas herbáceas do tipo C_3 e C_4 adaptadas à transição do clima subtropical para o temperado (BOLDRINI, 2009, p. 67). O período de crescimento das espécies de gramíneas predominantes no bioma Pampa (C_4) se inicia na primavera e vai até o outono, período com maior disponibilidade de radiação e temperaturas mais altas, resultando em uma maior produção de biomassa nas estações quentes do ano (HERINGER; JACQUES, 2002, p. 602).

Para o bioma Pampa, trabalhos desenvolvidos sobre os estoques de carbono (C) e emissões de gases do efeito estufa, têm analisado os fluxos e depósitos de C com a finalidade de compreender o impacto das mudanças de uso e cobertura do solo e avaliar o potencial da vegetação campestre em reter C (PARUELO et al., 2010, p. 95; PILLAR; TORNQUIST; BAYER, 2012, p. 674). No entanto, esses estudos se limitam a monitorar mudanças estacionais e entender a dinâmica do carbono, uma vez que, o conhecimento da dinâmica e dos depósitos de C na região são ainda parciais e incompletos (PARUELO et al., 2010, p. 95).

O carbono pode ser quantificado por meio da estimativa da biomassa da planta, pela quantidade de carbono na serrapilheira acumulada e no solo (SILVEIRA et al., 2008, p. 187). A quantidade de carbono estocado na biomassa vegetal é resultante do processo de fotossíntese, tendo a biomassa vegetal um papel importante no ciclo global do carbono, tanto como reservatório dinâmico ou como fonte de emissão para a atmosfera (MALHI et al., 2006, p. 1121).

Em solos sob vegetação natural, o balanço entre as adições e perdas de carbono orgânico leva a um estado de equilíbrio dinâmico, no qual praticamente não existe variação no teor de carbono orgânico com o tempo, caracterizando o solo como local de depósito de carbono da atmosfera (BAYER et al., 2000, p.102). O aumento do teor de C orgânico pode ser influenciado com o aumento da massa de raízes e a presença de agregados de maior diâmetro na camada superficial do solo, elevando a quantidade de C estocado (SALTON et al., 2008, p.17).

O objetivo deste estudo foi analisar a variação sazonal do teor de carbono em área de vegetação campestre natural do bioma Pampa em diferentes locais de armazenamento (parte aérea, serrapilheira, raízes e solo).

Foi definido como local de estudo a Área de Proteção Ambiental (APA) do Ibirapuitã (Figura 1), localizada na porção sul-sudoeste no estado do Rio Grande do Sul/Brasil, com uma área de 318.767 hectares. É gerenciada pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), sendo a única unidade de conservação federal representante do bioma Pampa no Brasil (MMA, 2007).

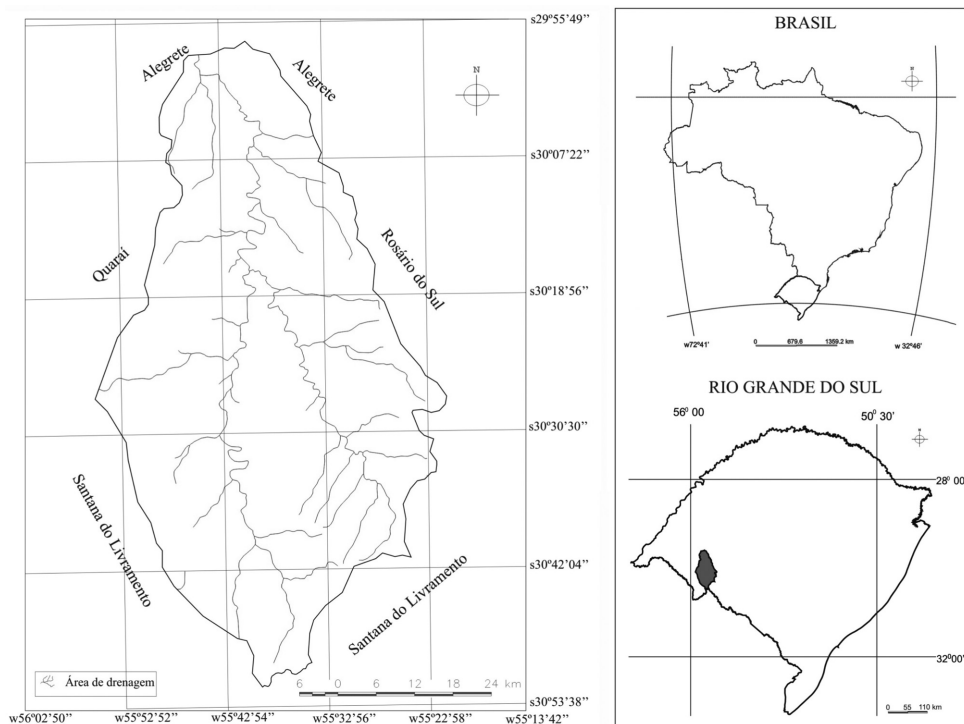


Figura 1 - Localização da área de estudo

MATERIAL E MÉTODOS

Para fins de quantificação do carbono foram coletadas em campo amostras de material vegetal e solos em duas diferentes épocas do ano de 2012 e 2013: verão e inverno (período de maior e menor acúmulo de biomassa da vegetação do bioma Pampa, respectivamente). As épocas foram escolhidas visando um entendimento da dinâmica sazonal dos estoques de carbono associada às variações climáticas intra- anuais existentes na região, nos diferentes locais de armazenamento (carbono da parte aérea, carbono das raízes, carbono da serrapilheira e carbono do solo).

Foram definidas nove unidades amostrais no interior da APA, realizando-se coletas aleatórias em 5 pontos em cada unidade amostral, totalizando 45 amostras por data para cada uma das 4 variáveis (parte aérea, raízes, serrapilheira e solo). Para cada amostra coletada foi identificado o posicionamento de cada um dos pontos com o auxílio de um GPS (*Global Posicionament System*).

Para quantificar o carbono acima do solo foram coletadas amostras da parte aérea da vegetação campestre natural e da serrapilheira. A área da amostra foi delimitada através do "método do quadrado" utilizando um quadrado de barra de ferro de 50 x 50 cm. A parte aérea da vegetação foi coletada utilizando uma tesoura, cortando toda a vegetação rente ao solo no interior desse quadrado. Também foi coletada toda a serrapilheira existente dentro desta mesma área após a retirada da parte aérea da vegetação (SALMAN; SOARES; CANESIN, 2006, p.2).

Para quantificar o carbono do solo e raízes foram coletadas amostras de solo com pá, seguindo a metodologia indicada para amostragem de solos para fins agrícolas (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004), fazendo cortes em áreas de 10 x 10 cm. As amostras de solo foram coletadas no interior da área definida pelo quadrado de 50 x 50 cm utilizado para a coleta de amostras de material vegetal, em uma profundidade entre 0-15 cm, de acordo com a profundidade do solo e o comprimento das raízes. Em cada amostra, o solo e as raízes foram separados para análise de C.

A análise do teor de carbono orgânico das amostras de parte aérea da vegetação, serrapilheira, raízes e solo, foi realizada pelo método de combustão úmida *Walkley Black*, que se baseia na oxidação das amostras com dicromato de potássio em meio ácido e aquecimento externo até 150°C (TEDESCO et al., 1995, p. 106), resultando em valores de porcentagem de C.

Para cada uma das quatro variáveis analisadas foram calculadas as estatísticas descritivas (média, desvio padrão e valores mínimos e máximos). As variações sazonais de carbono para cada uma das quatro variáveis (parte aérea, serrapilheira, raízes e solo) foram verificadas através do teste *t* para comparação de médias, utilizando o software estatístico *Statistical Package in Social Science* (SPSS).

RESULTADOS

Na área de vegetação campestre natural da APA do Ibirapuitã, foram encontradas diferenças na quantidade média de carbono estocado entre verão e inverno. Maiores quantidades médias de carbono estocado na biomassa vegetal (parte aérea, serrapilheira e raízes) no período do verão, conforme esperado para este tipo de vegetação, e menores quantidades de carbono no solo no período do inverno (Tabela 1).

A baixa capacidade de estoque de carbono no solo em relação a biomassa vegetal no bioma Pampa, pode ser entendida pelo fato de que o conteúdo de C do solo é fortemente dependente da taxa de entrada de C na superfície da vegetação e da densidade de vegetação, além de outros fatores (KUNKEL et al., 2011, p. 10).

Tabela 1 - Variações do teor de carbono estocado no período do verão e inverno, os desvios em relação à média e teste de significância de comparação de médias das variáveis: parte aérea, serapilheira, raízes e solo na vegetação campestre natural da APA do Ibirapuitã

		Média (%)	Desvio Padrão	Valor Mínimo (%)	Valor Máximo (%)	Teste <i>t</i>
Parte aérea	Verão	39,89	2,72	34,00	43,00	6,34**
	Inverno	32,89	3,82	26,00	39,00	
Serapilheira	Verão	38,10	3,60	30,00	43,00	1,22 ^{ns}
	Inverno	36,50	4,23	27,00	42,00	
Raízes	Verão	22,41	6,06	9,60	30,60	1,46 ^{ns}
	Inverno	19,26	6,87	5,74	35,20	
Solo	Verão	4,13	1,68	0,46	6,72	0,72 ^{ns}
	Inverno	3,77	1,21	1,10	5,62	

^{ns} não significativo; * e ** significativo para 5% e 1% de probabilidade

O resultado do teste *t* de comparação de médias demonstrou que existem diferenças significativas (para $\alpha = 5\%$) entre as duas estações do ano nos estoques de carbono da parte aérea da vegetação, esperadas para a vegetação campestre natural. As temperaturas mais baixas diminuem a produtividade da vegetação, resultando em declínios no reservatório de C (KUNKEL et al., 2011, p. 9). Não foram verificadas diferenças significativas para o carbono da serrapilheira e carbono das raízes.

Os teores de carbono encontrados para a parte aérea da vegetação campestre natural para o período do verão (entre 34 e 43%) foram próximos aos valores tomados como *default* pelo *The Intergovernmental Panel On Climate Change* (IPCC, 2003, p.3.106), de 47% para vegetação de gramíneas. Outros autores obtiveram teores médios de carbono de 42,50% (MIRANDA, 2012, p. 340) e 45% para a biomassa da parte aérea (ALEGRE et al., 2000, p.9). O aumento da biomassa da parte aérea da vegetação e consequente maior armazenamento de C é atribuída em grande parte, à produtividade primária das pastagens, que implica em maior entrada de C da atmosfera para as plantas (PILLAR; TORNQUIST; BAYER, 2012, p. 676).

Associado ao menor acúmulo de biomassa da vegetação campestre no período do inverno (HERINGER, JACQUES, 2002, p. 602) e consequente diminuição do teor de C, considerando que aproximadamente 45% da biomassa da planta é C (ALEGRE et al., 2000, p.9), o carbono estocado na parte aérea da vegetação apresentou valores (entre 26 e 39%) abaixo do verificado na literatura.

Em algumas áreas, baixos valores de C estocado na parte aérea podem evidenciar um manejo inadequado da pastagem, gerando sua degradação e ocasionando baixos valores de biomassa e, conseqüentemente de carbono. Dessa forma, pastagens bem manejadas têm potencial de sequestrar maior quantidade de carbono (SILVA NETO et al., 2012, p. 551).

Para a serrapilheira, a quantidade de teor de C pode ser explicada pelo fato de que o material acumulado na superfície do solo é dinâmico e pode ser influenciado por fatores do ambiente, como temperatura e umidade, sugerindo que a disponibilidade de água influencia diretamente nos processos de ciclagem de nutrientes, aumentando a taxa de deposição e de carbono acumulado (LOPES et al 2009, p. 74). Além disso, a taxa de decomposição da serrapilheira é dependente do ciclo biológico da vegetação, tipo de material depositado e de sua composição química (CALVI; PEREIRA; ESPINDULA Jr., 2009, p. 132), e esses fatores também podem influenciar no estoque de carbono.

Para uma determinada região do bioma Pampa, Paruelo et al. (2010, p. 101) verificaram que a contribuição da biomassa vegetal variou entre 9,5 e 27%, sendo o depósito de carbono vegetal mais importante, o subterrâneo. Estudos realizados em áreas de pastagens constataram um teor médio de carbono para as raízes variando entre 29,6 e 42,3%, verificando diferenças nos valores dos estoques de C conforme o diâmetro das raízes. Raízes mais finas apresentam menores teores de carbono e estão concentradas em uma profundidade média de 0-5 cm no solo (LUIZÃO et al., 1999, p. 48).

No entanto, os valores mínimos encontrados para esta variável (entre 9,60 e 30,60% no verão e 5,74 a 35,20% no inverno) estão abaixo dos valores descritos na literatura, principalmente para o período do inverno, considerando ainda que as amostras foram retiradas em uma profundidade média de 0-15 cm no solo, o que pode ter contribuído para a redução nos valores de estoque de carbono.

Conforme esperado, o solo do bioma Pampa apresentou baixa capacidade de estoque de carbono em relação a biomassa vegetal, no entanto, não apresentou diferenças (para $\alpha = 5\%$) entre verão e inverno nos estoques de carbono. Considerando que em solos sob vegetação natural praticamente não existe variação no teor

de carbono orgânico com o tempo (BAYER et al., 2000, p. 102), esse fato pode explicar a inexistência de diferenças significativas (para $\alpha = 5\%$) entre as estações do ano nos estoques de carbono do solo na área de estudo.

Na Área de Proteção Ambiental do Ibirapuitã, a variação dos teores de carbono no solo foram observados conforme o tipo de solo existente no interior da APA: Neossolo, Argissolo e Planossolo (SILVEIRA et al., 2005, p. 584).

Os maiores estoques de carbono no solo foram observados em áreas que predominam os solos Argissolos, os quais apresentam maior teor de matéria orgânica. Por serem solos geralmente profundos a muito profundos e bem drenados, proporcionam uma maior produção de biomassa e deposição de material senescente, aumentando o teor de matéria orgânica e consequentemente de C no solo (FARIA et al., 2010, p. 521).

Em áreas com predomínio de Planossolo, os solos apresentaram menores teores de C. Estes são originalmente formados por rochas areníticas e de acordo com Bochner et al. (2008, p. 49), solos de textura mais arenosa não permitem acumulação significativa de carbono, sendo esses teores menores quando comparados a outros solos.

Em escala global, dependendo do tipo de solo os teores de carbono orgânico podem variar de 1,3 a 20,4% (MARKZ et al., 2009, p. 1826), evidenciando que os valores encontrados de estoques de carbono (entre 0,4% e 6,7% para o verão e entre 1,0 e 5,6% no inverno) são considerados baixos. O estoque de C no solo sob vegetação natural é determinado em grande parte pela entrada de carbono a partir dos resíduos vegetais (material senescente) ou pela incorporação proveniente da decomposição do sistema radicular da pastagem e representa o balanço dinâmico entre a adição de material vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização (FARIA et al., 2010, p. 519).

Além disso, as amostras de solo foram coletadas em uma profundidade de 0-15cm, e conforme Chaves e Farias (2008, p. 23) os maiores valores de estoques de carbono se encontram na camada superficial do solo, diminuindo com a profundidade e não sendo encontrado um comportamento homogêneo na sua distribuição.

A existência de diferentes tipos de solos na área de estudo, os quais determinam a composição florística da vegetação (BOLDRINI, 2009, p. 69), podem influenciar nos estoques de carbono do solo, em função da maior ou menor produção de biomassa e deposição.

As maiores variações nos teores de carbono no interior da APA do Ibirapuitã foram verificadas para a parte aérea, serrapilheira e raízes, e menores variações para o solo. As menores variações de carbono estocado no solo no interior da APA podem estar associadas ao solo pouco perturbado. Em ecossistemas com grande biomassa e solo pouco perturbado, ocorre um maior acúmulo de matéria orgânica que pode contribuir para o aumento dos teores de carbono no solo (LOSS et al., 2010, p. 920), além de reter o carbono numa escala temporal muito maior (CONANT, PAUSTIAN, 2002, p. 132).

De modo geral, os teores de C seguiram um mesmo padrão no período do verão e inverno, o que pode ser explicado pela maior produção de biomassa no verão em solos mais profundos e bem drenados, resultando em uma maior quantidade de matéria orgânica acumulada no solo e consequente maior quantidade de carbono estocado (FARIA et al., 2010, p. 519).

CONCLUSÕES

O período do verão apresentou os maiores estoques de carbono concentrados na biomassa vegetal (parte aérea, serrapilheira e raízes). O solo apresenta baixos valores de estoque de carbono em área de vegetação campestre natural.

As maiores variações nos estoques de carbono no interior da APA do Ibirapuitã são verificadas para a parte aérea, serrapilheira e raízes, e menores variações para o solo.

A sazonalidade interfere no conteúdo de carbono armazenado na vegetação campestre natural. O teor de C no solo não foi influenciado pela sazonalidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e o projeto "Animal Change".

REFERÊNCIAS

- ALEGRE, J. C.; RICSE, A.; AREVALO, L.; BARBARAN, J.; PALM, C. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia peruana. Consorcio para el desarrollo sostenible de Ucayali. **Boletín Informativo**, Huelva, v.12, p. 8-9, 2000.
- BAYER C., MARTIN-NETO, L., MIELNICZUK, J., CERETTA, C. A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, n. 53, p.95-104, 2000.
- BOCHNER, J. K. et al. Matéria Orgânica e agregação de um planossolo sob diferentes coberturas florestais. **Cerne**, Universidade Federal de Lavras, v. 14, n. 1, p. 46-53, 2008.
- BOLDRINI, I.I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S; JACQUES, A.V.A. (Ed). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. 4, p. 63 - 77.
- BOMBELLI, A. et al. An outlook on the Sub-Saharan Africa carbon balance. **Biogeosciences**, Göttingen, v.6, p. 2193-2205, 2009.
- CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A. Produção de serrapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta Atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 131-138, 2009.
- CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. de A. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos Tabuleiros Costeiros da Paraíba: Solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.3, n.1, p.20-25, 2008.
- CAMARA, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, p.395-403, 1996.
- CONANT, R.T., PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E.T. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. **Ecological Applications**, Ithaca, v. 11, p. 343-355, 2001.

- FARIA, A. F. G. et al. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do rio Araguaia, estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p.517-524, 2010.
- HERINGER, I.; JACQUES, A. V. A. Acumulação de forragem e material morto em pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo em relação às queimadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v. 31, p.599-604, 2002.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Good Practice Guidance for Land-Use Change and Forestry**. Geneva: IPCC, 2003.
- KUNKEL, M. L. et al. A simplified approach for estimating soil carbon and nitrogen stocks in semi-arid complex terrain. **Geoderma**, Amsterdam, v. 165, p. 1–11, 2011.
- LOPES, J. F. B. et al. Deposição e decomposição de serrapilheira em área da Caatinga. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v.3, p.72–79, 2009.
- LOSS, A. et al. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 913-922, 2010.
- LUIZÃO, R.C.C.; COSTA, E.S.; LUIZÃO, F.J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 29, n. 1, p. 43-56, 1999.
- MACHADO, L.A.Z. **Manejo da pastagem nativa**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 158 p.
- MALHI, Y. et al. Regional variation of above-ground live biomass in old-growth Amazonian forests. **Global Change Biology**, Oxford, v.12. p. 1–32, 2006.
- MARKZ, E. et al. Conservation of soil organic carbon, biodiversity and the provision of other ecosystem services along climatic gradients in West Africa. **Biogeosciences**, Katlenburg-Lindau, v.6, p.1825–1838, 2009.
- MIRANDA, D. L. C. DE; SANQUETTA, C. R.; COSTA, L. G. DA S.; DALLA CORTE, A. P. Biomassa e Carbono em *Euterpe oleracea* Mart., na Ilha do Marajó – PA. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.19, p. 336-343, 2012.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização** - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília: MMA, 2007. (Série Biodiversidade, 31)
- OVERBECK, G. E. et al. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics**, v.9, n. 1, p. 101-116, 2007.
- PARUELO, J.M. et al. Carbon stocks and fluxes in rangelands of the Río de la Plata Basin. **Rangeland Ecology & Management**, Littleton, v. 63, n. 1, p. 94-108, 2010.
- PIAO, S. et al. Changes in biomass carbon stocks in China's grasslands between 1982 and 1999. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, v. 21, p.1-10, 2007.
- PILLAR, V.D; TORNQUIST, C.G; BAYER, C. Campos do sul do Brasil: estoques de carbono no solo, fluxos de gases de efeito estufa e algumas opções para mitigação. **Brazilian Journal Biology**, São Carlos, v. 72, n.3, p. 673-681, 2012.
- RAMANKUTTY, N. et. al. Challenges to estimating carbon emissions from tropical deforestation. **Global Change Biology**, Oxford, v. 13. p. 51–66, 2007.

ROSCOE, R. Rediscutindo o papel dos ecossistemas terrestres no sequestro de carbono. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 2. p. 209-223, 2003.

SALMAN, A.K.D.; SOARES, J.P.G.; CANESIN, R.C. **Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens**. Brasília: Embrapa, Circular Técnica 84, 2006.

SALTON, J.C. et al. Atributos físicos de um Argissolo sob pastagem natural após 18 anos sob diferentes níveis de ofertas de forragem. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 7, p. 107-118, 2008.

SILVA NETO, S.P. et al. Dependência espacial em levantamentos do estoque de carbono em áreas de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Acta Amazonica.**, Manaus, v. 42, n.4, p.547 – 556, 2012.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 185-206, 2008.

SILVEIRA, V.C.P. et al. Qualidade da pastagem nativa obtida por diferentes métodos de amostragem e em diferentes solos na APA do Ibirapuitã, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p.582-588, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10: 1-400, 2004.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2008. 222p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174 p.

XIE, Z. et al. Soil organic carbon stocks in China and changes from 1980s to 2000s. **Global Change Biology**, Oxford, v. 13, n. 9, p. 1987-2007, 2007.

Recebido em dezembro de 2014

Aceito em março de 2015

