



Balanço de carbono em três sistemas silvipastoril no Sudeste do Brasil

Carbon balance in three silvopastoral systems in the southeast of Brazil

Samuel José Silva Soares da ROCHA [1](#); Bruno Leão Said SCHETTINI [2](#); Eliana Boaventura Bernardes Moura ALVES [3](#); Paulo Henrique VILLANOVA [4](#); Carlos Moreira Miquelino Eleto TORRES [5](#); Laércio Antônio Gonçalves JACOVINE [6](#); Sílvio Nolasco de Oliveira NETO [7](#); Daniel BRIANEZI [8](#)

Recibido: 24/03/2017 • Aprobado: 24/04/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Material e métodos](#)
- [3. Resultados e discussão](#)
- [4. Conclusões](#)
- [Agradecimentos](#)
- [Referências](#)

RESUMO:

Objetivou-se avaliar o balanço de carbono em três sistemas silvipastoris (SSP), com eucalipto e capim-braquiária, em Porto Firme, na Zona da Mata Mineira, Brasil. Para isso, foi estimada a estocagem de carbono no tronco com casca do componente arbóreo de três sistemas silvipastoris (SSP) com clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, empregando-se o método indireto para quantificação da biomassa. As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) foram oriundas da implantação e manejo dos componentes arbóreo, forrageiro e pecuário. Os sistemas apresentaram balanço de carbono positivo. O componente bovino foi o que apresentou maior emissão de CO_{2e} nos três sistemas, seguido do capim-braquiária e do eucalipto. No SSP 1, aos 60 meses, foi gerado um excedente de 19,38 t CO_{2e} ha⁻¹.ano⁻¹, no SSP 2 o excedente foi de 18,06 t CO_{2e} ha⁻¹.ano⁻¹ e para o terceiro sistema foi de 10,92 t CO_{2e} ha⁻¹.ano⁻¹. A partir da média obtida nos três sistemas, 16,12 tCO_{2e} ha⁻¹.ano⁻¹, gera-se um saldo aproximadamente quatro vezes maior que o proposto no plano ABC. Observou-se que o a base de cálculo apresentada subestima o potencial de mitigação desses sistemas na região avaliada e que este trabalho fornece informações para subsidiar políticas públicas dentro do Plano ABC.

Palavras-chave: Estoque de Carbono, Gases de Efeito Estufa, Plano ABC.

ABSTRACT:

The objective was to evaluate the carbon balance in three silvopastoral systems (SSP), with eucalyptus and brachiaria in Porto Firme, in Zona da Mata Mineira, Brazil. Forest biomass was estimated in the trunk with bark of the tree component of three silvopastoral systems (SSP) with clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, was used the indirect method for quantitation of forest biomass. Greenhouse Gas (GHG) emissions were derived from the implementation and management of arboreal and forage components and livestock. The systems had a positive carbon balance. Bovine component showed the largest emission of CO_{2e} in both systems, followed by brachiaria and eucalyptus. In SSP 1, at 60 months it was a surplus of 19.38 t CO_{2e} ha⁻¹ yr⁻¹. In SSP 2, at 96 months, the surplus was 18.06 t CO_{2e} ha⁻¹ yr⁻¹ and for the third system was 10.92 t CO_{2e} ha⁻¹ yr⁻¹. From the average obtained in the three systems, 16.12 tCO_{2e} ha⁻¹.year⁻¹ generates a balance approximately four times greater than that proposed in the Plano ABC. It was noted that the basis of calculation presented underestimates the mitigation potential of these systems in the assessed region and this work provides information to support public policies within the Plano ABC.

Keywords: Carbon Stock, Greenhouse Gases, Plano ABC.

1. Introdução

O Brasil assumiu, em 2009, um compromisso voluntário de reduzir suas emissões de Gases de Efeito

Estufa (GEE). Para isto, foi instituída a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009 (BRASIL, 2009), que apresenta o compromisso nacional de ações de mitigação das emissões de GEE. Assim, do total da meta de redução de GEE que o Brasil propôs, aproximadamente 90% são originários da agropecuária e da mudança no uso da terra, que representam 75% das emissões de GEE nacionais (MCTI, 2009; CARDOSO, 2012)

Dentre os planos propostos para reduzir as emissões de GEE brasileiras está o Plano para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), com objetivos de incentivar os produtores rurais a adotarem técnicas agrícolas de baixo impacto negativo sobre o meio ambiente, através de práticas que emitam menos GEE, tal como: a integração Lavoura-Pecuária-Floresta e Sistemas Agroflorestais (BRASIL, 2012).

A inclusão do componente arbóreo em pastagens auxilia na atenuação das emissões de CO₂, funcionam como sumidouros de carbono (TORRES et. al, 2014). Ao considerar que, nas propriedades rurais que se encontram as principais fontes emissoras de GEE no Brasil, oriundas prioritariamente de processos bióticos inerentes ao uso e ao manejo do solo e à fisiologia específica de animais de rebanho (fermentação entérica de bovinos ruminantes) (MCT 2010; CERRI et. al., 2016).

Um dos compromissos brasileiro, dentro do Plano ABC, é o aumento da área desses sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em 4 milhões de hectares, o que corresponderia a um potencial de mitigação de 18 a 22 milhões t CO₂ equivalente (BRASIL, 2012). Entretanto, não existe uma especificidade local em relação ao real potencial de mitigação desses sistemas, levando em consideração as peculiaridades climáticas, fisiográficas, edáficas e condições de manejo existentes, sendo as estimativas apresentadas pelo governo brasileiro de maneira generalizada.

Deste modo, a geração do balanço de GEE nesses sistemas é importante no contexto das mudanças climáticas e pode contribuir para o refinamento das estimativas em relação ao potencial de mitigação desses sistemas, auxiliando assim na promoção políticas públicas e ações dentro do Plano ABC.

2. Material e métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em propriedades localizadas na zona rural do município de Porto Firme, na região da Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. As coordenadas da região são 43° 01'W e 20° 69'S. O clima é do tipo Cwa, segundo o sistema de Köppen. O solo da região foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Cambissolo Distrófico (FERNANDES, 1996). Nas propriedades rurais foram implantados três sistemas silvipastoris, aos 60, 96 e 72 meses, denominados SSP 1, SSP2 e SSP 3 respectivamente. O componente arbóreo foi formado por clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e o componente forrageiro pela espécie *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária).

2.2. Determinação da biomassa e carbono florestal

A biomassa presente no tronco de cada árvore foi obtida pela multiplicação do volume do tronco com casca estimado pela densidade básica média da madeira dos clones nos três sistemas. Para obtenção do volume, cubaram-se as árvores-amostra pelo método não destrutivo, utilizando o aparelho Pentaprisma de Wheeler. O volume do tronco com casca foi obtido por meio da fórmula de Smalian. De posse dos dados de DAP, altura total e volume do tronco com casca das árvores-amostra, utilizando-se o software Statistica 12.0 (STATSOFT, INC, 2013), gerou-se equações a partir dos modelos propostos por Schumacher & Hall (1933) modificado para estimar o volume total de cada povoamento.

Para determinação da densidade básica da madeira foram coletadas amostras de madeira no Diâmetro à Altura do Peito (DAP) das árvores cubadas, com auxílio de um trado mecânico Haglöf®. O cálculo da determinação da densidade básica foi feito segundo a norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

O estoque de carbono fixado na biomassa do tronco com casca foi estimado por meio da multiplicação dos valores de biomassa obtidos pelo fator 0,47, já que a biomassa seca é formada, em média, por 47 % de carbono (IPCC, 2006). O incremento médio anual de carbono (IMAC) e o incremento médio anual de CO_{2e} (IMACO_{2e}) do tronco com casca do, foi obtido dividindo-se o estoque total de carbono e de CO_{2e} pela idade de cada sistema, respectivamente.

2.3. Inventário de Emissões de GEE

Sistemas Silvopastoris	Espaçamento	Idade (meses)	Volume(m ³ .ha ⁻¹)	Densidade básica (g.cm ⁻³)	Carbono (t ha ⁻¹)	IMAc (t ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	IMACO _{2e}
							(t ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
1	6 x 4	60	175,92	0,35 a	28,29	5,66	20,75
2	8 x 4	96	193,83	0,47 b	42,53	5,31	19,49
3	8 x 4	72	125,18	0,34 a	20,12	3,35	12,3
Média			164,98	0,38	30,31	4,77	15,51
Desvio-padrão			± 35,61	± 0,07	±11,34	±1,25	± 4,56

*Na coluna, médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Para os sistemas 2 e 3, ambos com espaçamento 8 x 4 m, a diferença entre os IMACs, ocorre pela densidade básica média da madeira dos clones de eucalipto, superior no SSP 2. O maior valor médio da densidade foi encontrado no sistema cujo eucalipto foi plantado em maior espaçamento e maior idade. Isto é semelhante ao encontrado por Torres (2015) trabalhando em sistemas agroflorestais, que obteve os maiores valores médios da densidade em plantios com maiores espaçamentos. De acordo com Browning (1963), a variação na densidade básica refere-se a diferenças na estrutura celular. Quando há menor competição entre plantas, os fotoassimilados podem ser direcionados à produção de fibras com maior espessura.

Em relação à maior densidade da madeira na idade de 96 meses, Ribeiro & Zani Filho (1993) avaliando as densidades básicas de *E. grandis* e *E. dunnii*, entre as idades de 63 e 100 meses, observaram um aumento da densidade com a idade e verificaram também uma tendência de estabilização da densidade básica após uma certa idade da planta.

Os valores nos três SSPs também foram superiores aos observados por Müller (2009), que estudando o acúmulo de carbono em um sistema silvipastoril composto por faixas de pastagem intercaladas com *Eucalyptus grandis*, no espaçamento de 3x3 m dentro das faixas de árvores, aos 10 anos de idade, encontrou um valor de 1,17 tC ha⁻¹.ano⁻¹. Tsukamoto Filho et al. (2004), ao estudar a fixação de carbono em um sistema agrissilvipastoril com eucalipto, aos 11 anos, com espaçamento de 10 x 4 m, no município de Paracatu, MG, observaram massa de carbono na madeira correspondente a 5,17 t C ha⁻¹.ano⁻¹. Este valor é próximo ao encontrado para o SSP 1 e 2 do presente estudo.

3.2. Inventário de Emissões de GEE

Para a cultura do eucalipto, o SSP 2 apresentou uma maior emissão em relação aos demais (Tabela 2).

Tabela 2 - Emissão de CO_{2e} em t ha⁻¹, por ano de manejo, de sistemas silvipastoris
Table 2 - CO_{2e} emission in t ha⁻¹ per year of management, of silvopastoral systems

Sistema Silvopastoril	Componente	Ano / Emissão (t CO _{2e} .ha ⁻¹)												Emissão (t CO _{2e} .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total		
	Eucalipto	*	*	*	0,03	0,05	-	-	-	-	-	0,08	0,01	

1	Braquiária	*	*	*	0,95	-	-	-	-	-	0,95	0,19
	Bovino	*	*	*	-	-	1,45	1,45	1,45	1,45	5,8	1,16
Total		-	-	-	0,98	0,05	1,45	1,45	1,45	1,45	6,83	1,37
	Eucalipto	0,07	0,28	-	-	-	-	-	-	-	0,35	0,04
2	Braquiária	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,12
	Bovino	-	-	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	10,15	1,27
Total		1,02	0,28	1,45	11,45	1,43						
	Eucalipto	*	*	0,03	0,06	-	-	-	-	-	0,09	0,01
3	Braquiária	*	*	0,95	-	-	-	-	-	-	0,95	0,15
	Bovino	*	*	-	-	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	7,25	1,21
Total		-	-	0,98	0,06	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	8,29	1,38

*Ainda não havia ocorrido à implementação do sistema.

Isso ocorre, pois nesse sistema foi realizado um maior número de adubações de cobertura, que apresentam uma maior concentração de nitrogênio na formulação do fertilizante químico NPK. Já o plantio do capim-braquiária proporcionou a segunda maior emissão nos três sistemas, sendo responsável por 13,91%, 8,29% e 11,46% da emissão total, respectivamente. Tal fato ocorre, porque para a implementação do capim foi realizada a calagem, com aplicação em área total de 2 t.ha⁻¹, ao contrário da adubação nitrogenada, aplicada no fundo das covas ou sulcos de plantio do eucalipto, portanto em menores quantidades quando comparado ao calcário.

Em relação à pecuária, observa-se que o componente bovino foi o que representou a maior fonte de emissão de CO_{2e} nos três SSPs, correspondendo a 84,92 % das emissões oriundas do SSP 1, 88,65 % do SSP 2 e 87,45 % das emissões do SSP 3. Isso se deve ao fato da quantidade de gases gerados, além do elevado PAG do óxido nitroso e metano.

3.3. Balanço de Carbono

Os três sistemas apresentaram balanço de carbono positivo até as idades analisadas (Figura 1).

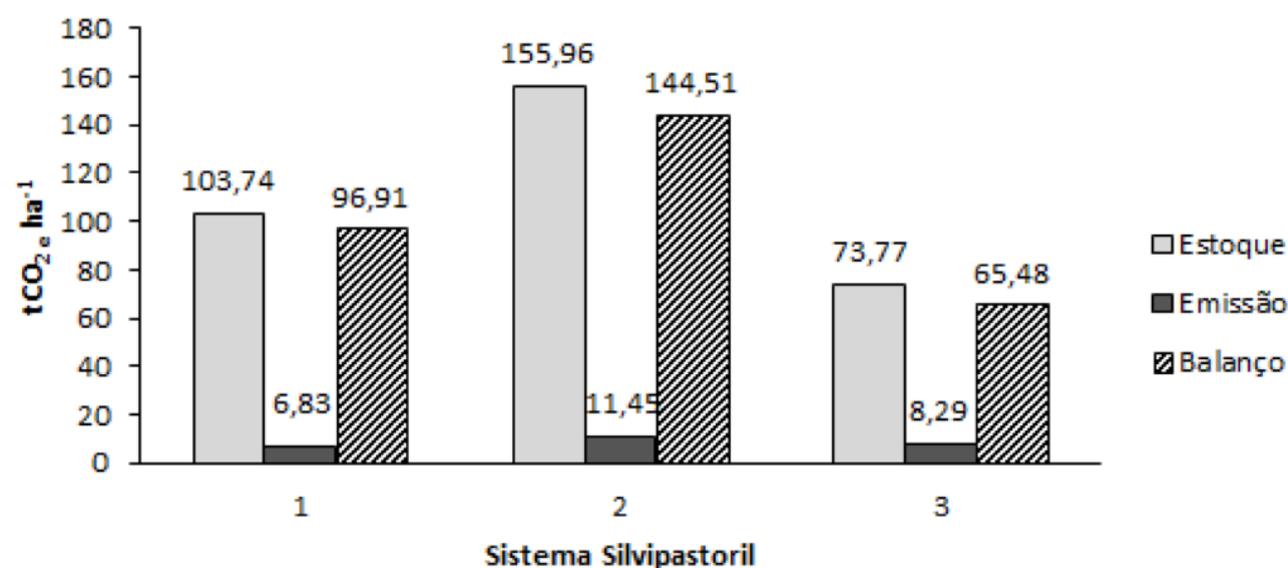


Figura 1 – Estoque, emissão e balanço de carbono total em sistemas silvopastoris com eucalipto e capim-braquiária em Porto Firme, MG.

Figure 1 – Stock, emission and total carbon balance in silvopastoral systems with eucalyptus and brachiaria in Porto Firme, MG

Analisando-se os valores, pode-se observar que são superiores aos encontrados por Torres (2015) em sistemas agroflorestais, aos 44 meses, com espaçamento 8 x 3 m, que obteve o balanço positivo de carbono em um sistema agrissilvipastoril com feijão de 42,76 tCO_{2e} ha⁻¹ e 36,22 tCO_{2e} ha⁻¹ para um sistema silvipastoril. Deste modo, o componente arbóreo presente nos três sistemas silvipastoris, desconsiderando o carbono estocado em galhos, folhas e abaixo do solo, neutraliza toda a emissão de GEE gerada pelas atividades de adubação nitrogenada, calagem e pecuária.

A emissão total dos três SSPs é compensada no período de um ano, visto que o IMACO_{2e} foi de 20,75 tCO_{2e} ha⁻¹.ano⁻¹, 19,49 tCO_{2e} ha⁻¹.ano⁻¹ e 12,30 tCO_{2e} ha⁻¹.ano⁻¹ para os sistemas 1, 2 e 3, respectivamente. Em contrapartida, as emissões totais de GEE nos mesmos foram de 6,83, 11,45 e 8,29 tCO_{2e} ha⁻¹, respectivamente.

Ao considerar os valores apresentados pelo Governo Federal no Plano ABC como base de cálculo para o potencial de mitigação de sistemas Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, um hectare teria um potencial de mitigação de 3,79 tCO_{2e}.ano⁻¹, valor inferior aos encontrados nesse trabalho para os três sistemas avaliados na região de Porto Firme, em Minas Gerais.

A partir da média obtida nos três sistemas, 16,12 tCO_{2e} ha⁻¹.ano⁻¹, gera-se um saldo aproximadamente quatro vezes maior que o proposto no Plano ABC. Considerando o presente estudo e a meta de ampliação da área desses sistemas em cerca de 4 milhões de hectares, a estimativa do potencial de mitigação seria de 64,48 milhões t CO₂ equivalente. Portanto, observa-se que o a base de cálculo apresentada subestima o potencial de mitigação desses sistemas na região avaliada.

4. Conclusões

Os sistemas silvipastoris estudados apresentam balanço anual de carbono positivo, com estoque médio de 16,12 tCO_{2e} ha⁻¹ ano⁻¹, contribuindo de forma efetiva para diminuir a concentração de GEE na atmosfera e para a mitigação das emissões geradas, conseqüentemente, para a atenuação das mudanças climáticas.

As informações geradas são importantes para subsidiar políticas públicas dentro de planos de agricultura de baixa emissão de Carbono. Com a adoção e avaliação de fatores locais é possível um reajuste em programas governamentais e um melhor refinamento dos dados para base de cálculo dos potenciais mitigatórios desses sistemas.

Agradecimentos

A Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Floresta, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941: Madeira – Determinação da densidade básica**. 2003. 6 p.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.064: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa**. Rio de Janeiro, RJ, 20p., 2007.
- BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (Lei Ordinária). Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 dez. 2009. Seção Extra, p. 109, Coluna 2. 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura : plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**, Brasília : MAPA/ACS, 2012. 173 p.
- BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: Interscience (Wiley), 1963. 689p.
- CERRI, C. C.; MOREIRA, C. S.; ALVES, P. A.; RAUCCI, G. S.; CASTIGIONI, B. A.; MELLO, F. F. C.; CERRI, D. G. P.; CERRI, C. E. P. Assessing the carbon footprint of beef cattle in Brazil: a case study with 22 farms in the State of Mato Grosso. **Journal of Cleaner Production**. V. 112, p. 2593-2600, 2016. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.072> >. Acesso em: 20 mai. 2016. doi:

FERNANDES, M.M. **Caracterização de Solos e Uso Atual Empregando Aerofotos Não-Convencionais nas Sub-Bacias Marengo, Palmital e Silibar –Rio Turvo Sujo, MG.** 1996. 98 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) –Universidade Federal de Viçosa , Viçosa- MG, 1996.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Agriculture, forestry and other land use.** Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.v.4.

JIAO, H.; YAN, T.; WILLS, D. A.; CARSON, A. F.; MCDOWELL, D. A. Development of prediction models for quantification of total methane emission from enteric fermentation of young Holstein cattle at various ages. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** V. 183, p. 160-166, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.11.004>>. Acesso em: 20 mai. 2016. doi: [10.1016/j.agee.2013.11.004](http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.11.004).

LESSA, A. C. R. **Emissão de óxido nitroso e volatilização de amônia de urina e fezes bovinas em pastagens.** 2011. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. **Status de ratificação do protocolo de Kyoto.** Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4457.html>>. Acesso em: 10 Jan. 2015.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Segunda Comunicação Inicial do Brasil - Parte II: Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal.** Capítulo 3: Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa por Setor161p., 2010. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em 28 abril de 2015.

MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, C. R T.; PACIULLO, D. S.C.; ALVES, F.F.; **Estimativa de Acúmulo de Biomassa e Carbono em Sistema Agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira.** Pesquisa Florestal Brasileira, n.60, p. 11-17, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4336/2009.pfb.60.11> >. Acesso em: 08 jun. 2015. doi: 10.4336/2009.pfb.60.11.

RIBEIRO, F. A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de Eucalyptus spp. **IPEF**, n. 46, p. 76-85, 1993.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. D. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal Agricultural Research**, v.47, n.9, p.719-734, 1933.

StatSoft, Inc. (2013). *STATISTICA* for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2300 East 14th Street, Tulsa, OK, 74104-4442, (918) 749-1119, fax: (918) 749-2217, e-mail: info@statsoft.com, Web: <http://www.statsoft.com>.

TORRES, C. M. M. E. **Balanco de Carbono em dois sistemas agroflorestais em Viçosa, MG. 2015.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 83 p.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, G. A. L.; OLIVEIRA NETO, N. S.; BRIANEZI, D.; ALVES, M. B. B. E. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.34, p. 1-10, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4336/2014.pfb.34.79.633> >. Acesso em: 08 jun. 2015. doi: 10.4336/2014.pfb.34.79.633.

TSUKAMOTO FILHO, A. DE A.; COUTO, L.; NEVES, J. C. L.; PASSOS, C. A. M.; SILVA, M. L. DA. Fixação de carbono em um sistema agrissilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. **Agrossilvicultura**, Viçosa, MG, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2004.

1. Pós-Graduando em Ciência Florestal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG – samueljoserocha@gmail.com

2. Pós-Graduando em Ciência Florestal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

3. Pós-Graduando em Ciência Florestal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

4. Pós-Graduando em Ciência Florestal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

5. Professor Departamento de Engenharia Florestal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

6. Professor Departamento de Engenharia Florestal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

7. Professor Departamento de Engenharia Florestal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

8. Professor – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas, Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental - Belo Horizonte, MG.

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados