

Estocagem de Carbono em Sistemas Silvopastoris com Diferentes Arranjos e Materiais Genéticos

Bruno Leão Said Schettini^{1*} Laércio Antônio Gonçalves Jacovine¹ Carlos Moreira Miquelino Eleta Torres¹ Sílvio Nolasco de Oliveira Neto¹ Samuel José Silva Soares da Rocha¹ Eliana Boaventura Bernardes Moura Alves¹ Paulo Henrique Villanova¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Avenida Purdue, s/nº Campus Universitário Edif. Reinaldo de Jesus Araújo, CEP: 36570-000.

*Author for correspondence: bruno.schettini@ufv.com

Received: 12 May 2017 / Accepted: 15 October 2017 / Published: 31 December 2017

Resumo

Limitar as alterações climáticas tem sido tema de constantes reuniões internacionais, e os sistemas agroflorestais tem potencial relevante na mitigação das emissões de gases de efeito estufa. O objetivo do presente estudo foi comparar o uso de diferentes espaçamentos e clones de eucalipto na estocagem de carbono em quatro sistemas silvipastoris localizados no município de Porto Firme - MG. Três dos sistemas são compostos pelos clones denominados A, B e C do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, no espaçamento de 6 x 4 m. No quarto sistema também utilizou-se o clone A, porém no espaçamento 8 x 4 m. O clone C apresentou maior potencial para estocagem de carbono, com incremento médio anual em carbono (IMA_c) de 6,27 MgC ha⁻¹ ano⁻¹. Quando comparado o efeito do espaçamento, a estocagem de carbono foi superior no espaçamento de 8 x 4 m. Conclui-se que tanto o material genético quanto o arranjo espacial influenciam na estocagem de carbono e devem ser levados em consideração na implantação de florestas com a finalidade de contribuir para a minimização das mudanças climáticas.

Palavras-chaves: Densidade da Madeira; Espaçamento; Mudanças Climáticas

Abstract

Limiting climate change has been the theme of constant international meetings, and agroforestry systems have significant potential in mitigating greenhouse gas emissions. We aim with this study was to compare the use of different spacings and eucalyptus clones in carbon storage in four silvopastoral systems located in Firme Porto county - MG. Three systems are comprised by the clones named A, B and C of the hybrid *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, spaced 6 x 4 m. In the fourth system is also used to clone A, but in the spacing 8 x 4 m. Clone C showed greater potential for carbon storage, with an average annual increase in carbon (IMAC) of 6.27 MgC ha⁻¹ year⁻¹. When compared the effect of spacing carbon storage was higher in the spacing of 8 x 4 m. We conclude that both genetic material and the spatial arrangement influence carbon storage and that we owe take them into account in the implementation of forests in order to contribute to the mitigation of climate change.

Keywords: Wood Density; Spacing; Climate Change

Introdução

Limitar as alterações climáticas tem sido objetivo de negociações internacionais ao longo dos últimos anos (UNFCCC, 2011; Riahy et al. 2013). Em 1995, iniciaram as Conferências das Partes (Conference of the Parties – COP) (Neeff 2013), reuniões internacionais periódicas que têm como objetivo gerar políticas públicas que ajudem a minimizar as consequências das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (IPCC 2006).

Em 2009, na COP-15, realizada em Copenhague, Dinamarca, o Brasil assumiu o cumprimento voluntário de reduzir as emissões de GEE, até o ano de 2020, entre 36,1% e 38,9%, comparado aos níveis de 2005 (Elzen et al. 2011; Hof et al. 2013). Para auxiliar no cumprimento dessas metas, através da Lei nº 12.187 de dezembro de 2009 (BRASIL 2009), foi criada a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), que pelo Decreto 7.390 de dezembro de 2010, estabeleceu os planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas visando à consolidação de uma economia de baixo consumo de carbono (BRASIL 2010).

Entre os instrumentos da PNMC, foi criado o Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC), com a finalidade de promover reduções nas emissões de GEE na agricultura, por meio do incentivo à adoção de sistemas de produção sustentáveis com a expansão das seguintes tecnologias: recuperação de pastagens degradadas, sistema de plantio direto, fixação biológica de nitrogênio, florestas plantadas e Sistemas Agroflorestais (SAFs) (BRASIL 2011).

Dentre essas tecnologias, entende-se que os SAFs podem desempenhar função importante em relação a remoção de GEE (Oelbermann et al. 2004; Torres et al. 2014). Eles são definidos como sistemas de uso da terra que envolvem a utilização deliberada de árvores e outras plantas perenes lenhosas com cultivos agrícolas, pastagens e ou animais, visando benefícios ambientais e econômicos entre seus diferentes componentes. Dentre os tipos de sistemas agroflorestais, existem os Sistemas Silvopastoris (SSP), onde são combinadas árvores, ou arbustos, com pastagens e animais em uma mesma unidade de área (Kumar e Nair 2011).

Os SSP alteram o microclima local, devido a redução da incidência de radiação solar no solo, que cria condições adequadas para o aumento da taxa de mineralização dos nutrientes, que favorecem o desenvolvimento das árvores (Bernardino e Garcia 2009), e funcionam como potenciais sumidouros de carbono (Torres et al. 2014). Sabe-se que o espaçamento de plantio e o material genético influenciam a produção de madeira e o estoque de carbono (Ribaski 2009).

Assim, são necessários estudos relacionados ao estoque de carbono em SSP's, de forma a avaliar como o material genético e o espaçamento podem influenciar a estocagem de carbono. Logo, objetivou-se, com o presente estudo, comparar o efeito de diferentes materiais genéticos e espaçamentos na estocagem de carbono em quatro sistemas silvipastoris.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em uma propriedade rural com quatro sistemas silvipastoris, localizada na zona rural do município de Porto Firme (20°41'12.42"S; 43° 0'34.46"O), Minas Gerais. O componente arbóreo é composto por diferentes híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, e a forragem por *Brachiaria decumbens* (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos sistemas silvipastoris estudados

Sistema	Espaçamento (m)	Clone	Área (ha)
1	6X4	A	1,70
2	6X4	B	0,85
3	6X4	C	1,13
4	8X4	A	3,10

O clima na região é do tipo Cwa, segundo o sistema de Köppen, ou seja, subtropical com inverno seco e verão quente e chuvoso (Rolim et al. 2007). Nas regiões que ocorrem essa classe climática, é possível observar que as precipitações ocorrem, principalmente, entre os meses de outubro e março, com médias em torno de 110 mm por mês e o total do ano em torno de 1.373 mm. No mês de junho são observadas as menores temperaturas médias (16,6° C), e no mês de janeiro as temperaturas mais elevadas (23,5° C) (Sá Junior et al. 2012).

Todas as árvores tiveram sua circunferência com casca a 1,30 metros de altura (CAP) mensurados, aos 96 meses de idade, e, a partir dos dados, foi realizada a distribuição diamétrica para realizar a estimativa de altura. Foram escolhidas cinco árvores-amostra para cada classe de diâmetro, com amplitude de 5 cm, que tiveram suas alturas estimadas com o auxílio do hipsômetro Forest Vertex IV®. As demais alturas foram estimadas por meio de relação hipsométrica (Soares e Souza 2011).

Foram selecionadas três árvores em cada classe diamétrica para realização da cubagem. Foi empregado o método não destrutivo, utilizando o Pentaprisma de Wheeler, que permite a obtenção dos valores diamétricos em diferentes alturas do tronco, e do Dendrômetro Digital Criterion RD1000 para obtenção dos comprimentos de cada seção.

Os diâmetros com casca foram coletados ao nível do solo e nas seguintes alturas: 0,30 m, 0,70 m, 1,30 m e, a partir dessa altura, a cada 1 metro, até atingir o diâmetro mínimo de 6,5 cm, que é o limite do Pentaprisma. O volume de cada seção foi determinado utilizando-se a fórmula de Smalian (Campos e Leite 2013) e para diâmetros inferiores a 6,5 cm foi calculado considerando o restante da árvore como sendo um cone.

De posse dos dados dendrométricos foram ajustadas equações alométricas baseadas no modelo de Spurr (1952) para cada sistema. Para isso, foi utilizado o software R (R Core Team 2013).

Para determinação da densidade da madeira, foram retiradas amostras com auxílio de um trado mecânico Haglöf®, em cinco indivíduos escolhidos aleatoriamente para cada sistema. O método utilizado para determinação da densidade seguiu a norma NBR 11941 (ABNT 2003). A densidade da madeira em cada um dos sistemas foi comparada pelo Teste de Tukey a nível de significância de 95%.

A biomassa presente no fuste de cada árvore foi obtida pela multiplicação do volume total com casca pela densidade básica do clone correspondente. O carbono estocado foi estimado por meio da multiplicação desses valores pelo fator 0,47 (IPCC 2006).

Resultados e Discussão

Características dos sistemas

A distribuição diamétrica nos sistemas estudados foi similar, com a maioria das árvores presentes nos centros de classes de 22,5 e 27,5 cm (Figura 1).

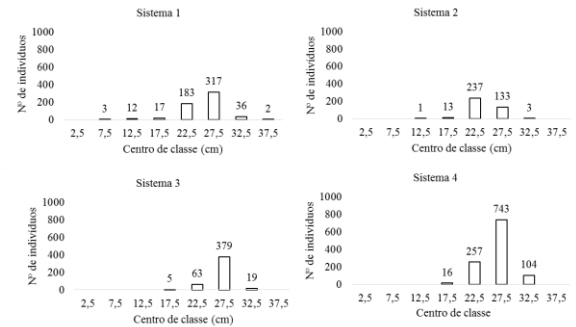


Figura 1. Número de indivíduos nos centros de classe de cada um dos sistemas estudados.

O comportamento dos indivíduos em cada um dos sistemas segue a distribuição normal, que é o esperado para plantios homogêneos clonais (Oliveira Castro et al. 2016). Em resultado similar ao do presente estudo, Oliveira Neto et al. (2010), ao avaliar a distribuição diamétrica de um povoamento de eucalipto, aos 32 meses de idade, em diferentes arranjos constatou que, em espaçamentos mais amplos, há maior número de indivíduos pertencentes às maiores classes de diâmetro.

Efeito do espaçamento na densidade e estocagem de carbono

Não houve diferença estatística da densidade básica da madeira, quando comparada pelo Teste de Tukey, para o clone A nos dois espaçamentos (Tabela 2). Esse resultado indica que a densidade básica da madeira não afetou a estocagem de carbono.

Tabela 2. Comparativo dos resultados obtidos nos sistemas 1 e 4 que possuem o mesmo material genético, porém, em espaçamentos distintos

Sistema	Espaçamento (m)	Clone	Volume (m³ ha⁻¹)	IMA (m³ ha⁻¹ ano⁻¹)	Densidade (g cm⁻³)	Biomassa (Mg ha⁻¹)	Carbono (Mg ha⁻¹)	IMA _c (Mg ha⁻¹ ano⁻¹)
1	6x4	A	186,51	23,31	0,4732 a	88,25	41,48	5,18
4	8x4	A	193,70	24,20	0,4669 a	90,50	42,50	5,31

Em que: IMA = Incremento médio anual, IMA_c = Incremento médio anual em carbono. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey de significância de 95%.

Sereguetti et al. (2015), com o objetivo de avaliar o efeito do espaçamento na densidade básica e no volume de madeira de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*, avaliaram nove arranjos diferentes de plantio com a área útil de cada planta variando entre 2 a 8 m², na idade de 12 meses. Os autores identificaram que o espaçamento também não influenciou a densidade da madeira.

O estoque de carbono no sistema 4 foi superior ao do sistema 1. A explicação pode estar relacionada ao espaçamento, pois para a idade de oito anos, acredita-se que no espaçamento mais adensado (6x4 m), a competição entre as árvores já esteja acontecendo, o que prejudica o incremento em carbono. A volumetria no espaçamento mais amplo foi superior tal característica propicia maior crescimento em diâmetro e volume individual das árvores (Campos e Leite 2013).

Com o passar dos anos, a diferença entre os dois sistemas poderá ser maior pois o espaçamento mais amplo, ao longo

dos anos, propicia maior potencial de crescimento às plantas do que arranjos menores onde haverá maior competição por recursos de crescimento, podendo ocorrer inclusive a morte de árvores dominadas (Santos 2011).

Efeito do material genético na estocagem de carbono

Não houve diferença significativa da densidade básica da madeira, quando comparada pelo Teste de Tukey, para os diferentes materiais genéticos (Tabela 3). Isso indica que a densidade básica da madeira também não afetou a estocagem de carbono. Rocha (2011) também não encontrou diferença significativa ao avaliar o efeito de cinco arranjos espaçamentos para eucalipto aos 48, 61 e 77 meses de idade.

O sistema 3, com material genético C, foi o que apresentou maior potencial para estocagem de carbono. Em nível de povoamento, o sistema 3 apresentou estoque de carbono 11% superior ao sistema 2 e 18,5% maior que o sistema 1 (Tabela 3).

Tabela 3. Comparativo dos resultados obtidos nos sistemas 1, 2 e 3 que possuem o mesmo arranjo espacial, porém, com materiais genéticos distintos

Sistema	Espaçamento (m)	Clon	Volume (m ³ ha ⁻¹)	IM A (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Densidade (g cm ³)	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Carb. (Mg ha ⁻¹)	IMA _c (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
1	6x4	A	186,51	23,31	0,4732	88,25	41,48	5,18
2	6x4	B	205,20	25,70	0,4445	91,40	43,00	5,37
3	6x4	C	229,50	28,70	0,4641	106,50	50,10	6,26

Em que: IMA = Incremento médio anual, IMA_c = Incremento médio anual em carbono. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

A diferença de volume é explicada pela distribuição diamétrica de cada um dos sistemas. Nos sistemas 1 e 2 foram observadas árvores nos centros de classe inferiores (7,5 e 12,5 cm). No sistema 3, não foram encontradas árvores nessas classes inferiores e 85,4% dos indivíduos pertenciam aos centros de classe de 27,5 e 32,5 cm.

Em três sistemas estudados por Castro Neto (2013), também na região da Zona da Mata Mineira, onde o componente arbóreo era um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, obteve IMA_c de 3,13 MgC ha⁻¹ ano⁻¹, aos 44 meses, 3,27 MgC ha⁻¹ ano⁻¹, aos 32 meses, e 8,45 MgC ha⁻¹ ano⁻¹, aos 32 meses, respectivamente, para o componente florestal. Os dois primeiros sistemas tiveram IMA_c inferior a todos os estudados nesse trabalho. No sistema 3, em virtude de, no ano de implantação haver o consórcio do eucalipto com feijão, o IMA_c foi superior ao dos sistemas estudados. De acordo com Wendling et al. (2011), esse estoque de carbono superior poder ser justificado pela adubação e restos culturais do feijão.

Em outro sistema silvipastoril, constituído de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, também localizado na Zona da Mata Mineira, o estoque de carbono total foi de 14,29 MgC ha⁻¹, aos 10 anos de idade (Muller et al., 2009). Desse total, 11,17 MgC ha⁻¹ estavam estocados no eucalipto, resultando em um IMA_c de 1,12 MgC ha⁻¹ ano⁻¹. O IMA_c do eucalipto e da acácia foi de 1,43 MgC ha⁻¹ ano⁻¹, que é um valor inferior aos sistemas estudados.

Tsukamoto Filho (2004), ao avaliar a estocagem de carbono em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, no município de Paracatu, MG, observou um estoque de carbono

no sistema de 80,68 MgC ha⁻¹, aos 11 anos. Desse total, 63,55 MgC ha⁻¹ estavam na biomassa acima do solo (tronco, galhos e folhas), o que resultou em um IMA_c de 5,77 MgC ha⁻¹ ano⁻¹, que é um valor próximo aos encontrados nos sistemas avaliados nesse estudo.

Em sistemas silvipastoris utilizando *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, no município de Alegrete, RS, aos 21 anos, o estoque de carbono, para densidade inicial de 500, 1.000 e 1.111 árvores por hectare de cada espécie, foi de 134,6, 150,8 e 182,9 MgC ha⁻¹, respectivamente, resultando nos IMA_c de 6,40, 7,18 e 8,70 MgC ha⁻¹ ano⁻¹ (De Oliveira 2010). Esses valores são superiores aos encontrados no presente estudo, o que pode ser justificado pela maior idade e também pela realização de desbastes (dois para o Pinus e quatro para o eucalipto). De acordo com Monte et al. (2009), os desbastes favorecem o crescimento das árvores remanescente no povoamento e aumento no estoque de carbono.

Gutmanis (2004) avaliou duas densidades populacionais de *Pinus elliottii* (200 e 400 árv ha⁻¹) em sistema silvipastoril, aos 30 anos de idade, e observou um estoque de carbono de 89,58 t C ha⁻¹ para as árvores (66,01 MgC ha⁻¹ acima do solo e 23,57 MgC ha⁻¹ abaixo do solo), e um IMA_c de 2,20 MgC ha⁻¹ ano⁻¹ para biomassa acima do solo. Esses valores são inferiores aos encontrados nos sistemas 1, 2, 3 e 4, o que pode ser explicado em função da competição entre plantas e posterior estagnação de crescimento.

Os estoques de carbono dos sistemas estudados são similares entre si e também com os estudos encontrados na literatura, porém o material genético e o arranjo espacial devem ser levados em consideração, pois têm influência sobre o estoque final de carbono do componente arbóreo.

Conclusão

A estocagem de carbono não é afetada pela densidade da madeira, nos arranjos espaciais de plantio avaliados.

Os estoques de carbono dos sistemas estudados são similares entre si. Porém, pode-se dizer que o arranjo espacial e o material genético influenciam a estocagem de carbono. Isto indica que estes parâmetros devem ser levados em consideração na implantação de florestas que visem, entre outros fins, contribuir para a minimização das mudanças climáticas.

Referências

- ABNT, NBR. 1600 (2004) Associação Brasileira de normas Técnicas. *Responsabilidade social-sistema de gestão-requisitos*.
- Bernardino FS, Garcia R (2009) Sistemas Silvipastoris. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 60(1): 77:87. DOI: 10.4336/2009.pfb.60.77.
- Brasil (2011) *Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura -Versão Preliminar*, 75 p.
- Brasil (2010) *Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 dez.*
- Brasil. *Decreto nº 7.390 de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.* Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-

- 2010/2010/Decreto/D7390.htm>. Acesso em: 10 de maio de 2013.
- Campos JCC, Leite HG (2006) *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 4ª edição. Viçosa: Editora UFV, 605p.
- Castro Neto F (2013). *Balanço de carbono em uma propriedade com diferentes sistemas agroflorestais localizada na zona da mata de Minas Gerais*. Trabalho Final de Curso (Graduação), Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, 55p.
- Castro RVO, Araújo RAA, Leite HG, Castro AFNM, Silva A, Pereira RS, Leal FA (2016) Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Eucalyptus* em nível de distribuição diamétrica utilizando índice de local. *Revista Árvore*, 40(1): 1-11. DOI: dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000100012.
- Den Elzen MG, Hof AF, Beltran AM, Grassi G, Roelfsema M, Van Ruijven B, Vliet JV, Van Vuuren DP (2011) The Copenhagen Accord: abatement costs and carbon prices resulting from the submissions. *Environmental Science & Policy*, 14(1): 28-39. DOI: doi.org/10.1016/j.envsci.2010.10.010
- Gutmanis, D (2004). *Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris*. Tese - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, 142 f.
- Hof AF, Elzen MGJ, Roelfsema M (2013) The effect of updated pledges and business-as-usual projections, and new agreed rules on expected global greenhouse gas emissions in 2020. *Environmental Science & Policy*, 33(1): 308-319. DOI: doi.org/10.1016/j.envsci.2013.06.007
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H.S., Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Leite HG, Nogueira GS, Moreira AM (2006) Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. *Revista Árvore*, 30(4): 603-612.
- MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2010) *Segunda Comunicação Inicial do Brasil - Parte II: Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal*, 102 p.
- Monte MA, Reis MDGF, Reis GG, Leite HG, Cacau FV, Alves FDF (2009) Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste. *Revista Árvore*, 33(5):777-787.
- Müller MD, Fernandes EN, Castro CRT, Paciullo DSC, Alves FF (2009) Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 60(60): 11-17. DOI:10.4336/2009.pfb.60.11
- Kumar BM, Nair PKR (2011) *Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems*. Springer, Gainesville, 326 p.
- Neeff T (2013) How many will attend Paris? UNFCCC COP participation patterns 1995–2015. *Environmental Science & Policy*, 31(1): 157-159. DOI: doi.org/10.1016/j.envsci.2013.04.001
- Oelbermann M, Voroney RP, Gordon AM (2004) Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(3): 359-377. DOI: doi.org/10.1016/j.agee.2004.04.001
- De Oliveira EB, Ribaski J, Zanetti EA, Junior JFP (2008) Produção, Carbono e Rentabilidade Econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em Sistemas Silvipastoris no Sul do Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 57(1): 45-56.
- Oliveira Neto SN, Reis GG, Reis MGF, Leite HG, Neves JCL (2010) Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de Cerrado de Minas Gerais. *Revista Floresta*, 40(4): 755-762. DOI: dx.doi.org/10.5380/ufv.v40i4.20327
- Riahi K, Kriegler E, Johnson N, Bertram C, Elzen M, Eom J, Schaefler M, Edmonds J, Isaac M, Krey V, Longden T (2015) Locked into Copenhagen pledges—implications of short-term emission targets for the cost and feasibility of long-term climate goals. *Technological Forecasting and Social Change*, 90(1): 8-23. DOI: doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.016
- Torres CMME, Jacovine LAG, Oliveira Neto SN, Brianezi D, Alves EBBM (2014) Sistemas Agroflorestais no Brasil: Uma abordagem sobre a estocagem de carbono. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 34, n. 79, p. 235-244, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.79.633
- Rocha, MFV (2011). *Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de Eucalyptus grandis x Eucalyptus camaldulensis para energia*. Dissertação - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 86 f.
- Rolim GS, Camargo MBP, Lania DGR, Moraes JFL (2007) Climatic classification of Köppen and Thornthwaite systems and their applicability in the determination of agroclimatic zoning for the State of São Paulo, Brazil. *Bragantia* 4(1):711–720.
- Sá Junior A, Carvalho LG, Da Silva FF, Alves MC (2012) Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 108(1): 1-7. DOI: 10.1007/s00704-011-0507-8
- Santos MDD (2011). *Efeito do espaçamento de plantio na biomassa do fuste de um clone híbrido interespecífico de Eucalyptus grandis e Eucalyptus urophylla*. Dissertação - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 140 f.
- Sereghetti GC, Lanças KP, Sartori MS, Rezende MA, Soler RR (2015) Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. *Energia na Agricultura*, 30(3): 257-262. DOI: dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2015v30n3p257-262
- Soares CPB, Paula Neto FP, Souza AL (2011) *Dendrometria e Inventário florestal*. 2ª Edição. Viçosa: Editora UFV, 272 p.
- Tsukamoto Filho AA, Couto L, Neves JCL, Passos CAM, Silva ML (2004) Fixação de carbono em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. *Revista Agrossilvicultura*, 1(1): 29-41.

UNFCCC (2011) *Decision 1/CP.17* in: Report of the Conference of the Parties on its Seventeenth Session, United Nations Framework Convention on Climate Change.

Wendling B, Jucksch I, Mendonça ES, Vinhal-Freitas IC (2011) Mudanças no carbono e nitrogênio em diferentes compartimentos da matéria orgânica sob sistema agrossilvipastoril. *Ciência Florestal*, 21(4): 641-653.