

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ESTOCAGEM DE CARBONO NO COMPONENTE ARBÓREO EM SISTEMAS
SILVIPASTORIS COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E MATERIAS
GENÉTICOS

Viçosa
Minas Gerais - Brasil
2014

BRUNO LEÃO SAID SCHETTINI

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia Florestal da
Universidade Federal de Viçosa, como parte
das exigências do Curso de Graduação em
Engenharia Florestal.

Viçosa
Minas Gerais - Brasil
2014

BRUNO LEÃO SAID SCHETTINI

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Graduação em Engenharia Florestal.

Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Co-orientador 1: Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres.

Co-orientador 2: Eliana Boaventura Bernardes Moura Alves

Co-orientador 3: Daniel Brianezi

Laércio Antônio Gonçalves Jacovine

Sílvio Nolasco de Oliveira Neto

Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Cláudio e Cândida e a minha irmã Ana Cláudia por todo o apoio durante o curso de Engenharia Florestal.

Ao professor Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, pela orientação e conselhos durante toda a graduação.

Ao Departamento de Engenharia Florestal e a Universidade Federal de Viçosa por toda estrutura disponibilizada.

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de aprendizado.

Ao Grupo de Estudos em Economia Ambiental (GEEA) pelos ensinamentos.

Ao amigo Carlos Torres, por toda a ajuda, incentivo e amizade ao longo dos anos.

À Eliana Boaventura e ao Daniel Brianezi por todo apoio durante a realização desse trabalho.

Ao Vicente e ao Samuel que foram fundamentais para execução e elaboração do trabalho.

À FAPEMIG e ao CNPQ pelos financiamentos.

Aos companheiros de república Luís Filipe, Caio Raggi, Guilherme Lovattii, Artur Mascarenhas e Caio Eleto por toda amizade.

À minha namorada Juliana, por todo amor, amizade e companheirismo ao longo dos anos, sendo imprescindível para que tudo isso fosse concluído.

Aos amigos da Floresta 2009, e ao Boca Seca por todos os momentos.

BIOGRAFIA

Bruno Leão Said Schettini, filho de Cláudio Márcio Said Schettini e Cândida Muniz Leão Said Schettini, nasceu no dia 14 de maio de 1990, no município de Formiga, Minas Gerais.

Em dezembro de 2007, concluiu o ensino médio no colégio Cooperativa Educacional de Iguatama.

Em março de 2009, ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

EXTRATO

SCHETTINI, Bruno Leão Said. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2014. **Estocagem de carbono em sistemas silvipastoris com diferentes espaçamentos e materiais genéticos e suas contribuições para minimização das mudanças climáticas.** Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine. Co orientadores: Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres, Eliana Boaventura Bernardes Moura Alves, Daniel Brianezi.

A carência de estudos sobre o estoque de carbono em Sistemas Agroflorestais (SAFs) no Brasil e a geração de dados mais precisos que auxiliem no cumprimento das metas de reduções de emissões de Gases de Efeito Estufa estabelecidas pelo país motivaram a execução deste estudo. Assim o objetivo do trabalho foi estimar o estoque de carbono em 4 Sistemas Silvipastoris, com diferentes espaçamentos e materiais genéticos. O estudo foi conduzido em uma propriedade no município de Porto Firme, MG. Foram avaliados quatro sistemas silvipastoris, aos oito anos de idade, denominados de Sistema 1 (S1), Sistema 2 (S2), Sistema 3 (S3) e Sistema 4 (S4). O espaçamento utilizado para o componente florestal foi de 6x4 m nos sistemas S1, S2, S3 e 8x4 m no S4. Os clones utilizados em cada área foram denominados de clone A, para o S1 e S4, clone B para o S2 e clone C para o S3. Foi realizado inventário florestal do tipo censo, em que todas as árvores tiveram sua circunferência com casca a 1,30 metros de altura mensurados. Para altura, foram escolhidas árvores-amostra representativas de cada classe

diamétrica. Para a estimativa de altura das árvores do povoamento que não foram medidas, foi feita relação hipsométrica. Após a separação das árvores de acordo com seus diâmetros, foram selecionados três indivíduos de cada classe para realização da cubagem rigorosa. O método empregado foi o não destrutivo, utilizando o Pentaprisma, em conjunto com o Dendrometro Criterion. Foram mensurados os diâmetros com casca de cada indivíduo às alturas de 0 m, 0,30 m, 0,70 m, 1,30 m e, a partir dessa altura, a cada 1 metro até o diâmetro mínimo de 6,5 cm. Para a estimativa volumétrica de cada seção foi utilizado a fórmula de Smalian, a partir do diâmetro mínimo de 6,5 cm foi adotado o restante do tronco com um cone. De posse dos dados de DAP, altura total e volume das árvores selecionadas, foram ajustadas, para cada área, equações alométricas baseadas nos modelos de Schumacher e Hall e Spurr. O Sistema 3 foi o que obteve o maior estoque de carbono ($50,1 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$). Para os demais sistemas a estocagem de carbono foram próximas, sendo o Sistema 2 com segundo maior estoque de carbono ($43,0 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$). Assim como o estoque total de carbono, o IMAc (Incremento Médio Anual de Carbono) seguiu a mesma ordem, sendo o S1 com maior incremento, seguido por S2, S4, S1. Dos três clones testados, o clone C é o mais recomendado para plantios na região, levando em consideração o seu maior potencial de estocagem de carbono. Para o clone A, o espaçamento de $8 \times 4 \text{ m}$ é o mais recomendado, com a finalidade de estocagem de carbono. O clone é também o mais denso dentre os avaliados. Dessa pôde-se concluir que os SAF's possuem contribuição para a estocagem de carbono, devendo, com isso, serem incentivados pelo governo.

Sumário

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVO	3
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
3.1. – Localização e Caracterização da Área de Estudo	4
3.2. – Descrição dos Sistemas Silvopastoris	4
3.2.1 – Sistema 1 (S1).....	4
3.2.2 – Sistema 2 (S2)	5
3.2.3 – Sistema 3 (S3)	5
3.3 – Inventário Florestal.....	5
3.4 – Estimativa Volumétrica	6
3.5. – Determinação da Densidade Básica da Madeira	7
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4.1 – Escolha do modelo no Sistema 1	10
4.2 – Escolha do modelo no Sistema 2.....	11
4.3 – Escolha do modelo no Sistema 3.....	11
4.4 – Escolha do modelo no Sistema 4	12
4.5 – Estoque de carbono nos Sistemas.....	12
5 – CONCLUSÕES	16
6 - REFERÊNCIAS.....	17

1 - INTRODUÇÃO

O agravamento do efeito estufa é causado pelo aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido Nitroso (NH₄). Desde o final da década de 1980, o Painel Intergovernamental para a Mudança do Clima (IPCC) alertava sobre o problema das mudanças climáticas e aumentava a preocupação mundial acerca das consequências dessas alterações (IPCC, 2001).

Diante desse cenário, a partir do ano de 1995, iniciaram as Conferências das Partes (Conference of the Parties – COP), reuniões internacionais periódicas que têm como objetivo gerar políticas públicas que ajudem a minimizar as consequências das emissões de GEE (IPCC, 2006).

Durante as conferências realizadas ao longo dos anos, vários países foram assumindo compromissos em relação à diminuição de suas emissões, entre eles o Brasil. Na COP-15, realizada em Copenhague, Dinamarca, o país assumiu voluntariamente o compromisso de reduzir as emissões de GEE, até o ano de 2020, entre 36,1% e 38,9%, comparado aos níveis de 2005 (MMA, 2011).

Para auxiliar no cumprimento dessas metas de reduções, foi criada a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), que indica a criação de um decreto que estabelece 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 programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), com a finalidade de promover reduções nas emissões de GEE na agricultura, através 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), (MAPA, 2012).

Diante dessas tecnologias, entende-se que os SAFs tem importante papel em relação à remoção de GEE, além de outros benefícios econômicos, ambientais e sociais, como a produção de alimentos mais sustentáveis. Os SAF's 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, com o intuito de se obter benefícios ambientais e econômicos de suas interações. Dentre os tipos de sistemas agroflorestais, destaca-se os sistemas silvipastoris, onde são combinadas árvores, ou arbustos, com animais em uma mesma unidade de área (NAIR,1993).

Segundo Oelbermann (2004), os sistemas silvipastoris funcionam como potenciais sumidouros de carbono. O emprego da tecnologia ainda é recente no país, mas sabe-se que tanto a produção de madeira, quanto a estocagem de carbono são influenciados pelo espaçamento de plantio do componente arbóreo, além de outros fatores como material genético e densidade da madeira podem influenciar nesses resultados.

Portanto, a fim de contribuir com a obtenção de informações mais precisas na análise de cumprimento das metas de reduções de emissões de GEE, são necessários estudos relacionados à estocagem de carbono em SAFs e avaliar como a escolha do material genético, da densidade da madeira e do espaçamento do componente arbóreo podem influenciar a estocagem e a remoção de dióxido de carbono.

2 - OBJETIVO

Estimar o estoque de carbono no componente arbóreo em 4 Sistemas Silvopastoris, com diferentes espaçamentos e materiais genéticos de uma propriedade rural no município de Porto Firme, MG. Os objetivos específicos foram:

- Estimar o estoque de carbono de 3 clones do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (híbrido urograndis), utilizados no local;
- Avaliar o efeito do espaçamento de plantio do componente arbóreo na estocagem de carbono.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. – Localização e Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi conduzido em quatro Sistemas Silvipastoris implantados no ano de 2006, na Fazenda Quintão, localizada na zona rural do município de Porto Firme (20°41'12.42"S; 43° 0'34.46"O), MG. Os dados de campo foram coletados nos meses de junho e julho de 2014.

O clima na região de Porto Firme é do tipo Cwa, segundo o sistema de Köppen, ou seja, clima subtropical com inverno seco e verão quente e chuvoso. A temperatura média anual é de 21,1 °C e a precipitação anual de 1212 mm (BRASIL, 1992). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Cambissolo Distrófico (FERNANDES, 1996).

3.2. – Descrição dos Sistemas Silvipastoris

Na propriedade, quatro áreas foram destinadas para a implantação dos Sistemas Silvipastoris, conforme descritas a seguir:

3.2.1 – Sistema 1 (S1)

Na unidade denominada como S1, o plantio foi realizado em junho de 2006, em uma área de 1,70 ha. Utilizou-se o clone denominado Clone A, no espaçamento de 6 x 4 m.

3.2.2 – Sistema 2 (S2)

Na unidade denominada S2, o plantio foi realizado em Março de 2006, em uma área de 0,85 ha. Foi utilizado um híbrido denominado Clone B, no espaçamento de 6 x 4 m.

3.2.3 – Sistema 3 (S3)

No S3 , assim como no S2, o plantio foi realizado em Março de 2006, em uma área de 1,13 ha. O clone utilizado foi denominado de Clone C, também no espaçamento de 6 x 4 m.

3.2.4 - Sistema 4 (S4)

No sistema S4, o plantio também foi realizado em março de 2006, em uma área de 3,1 ha. O clone utilizado foi o mesmo do S1, só que no espaçamento de 8 x 4 m.

3.3 – Inventário Florestal

Nas quatro áreas foi realizado censo florestal, em que todas as árvores tiveram sua circunferência com casca a 1,30 metros de altura (CAP) mensurados, utilizando fita métrica. A partir dos dados de CAP's foi calculado o DAP e realizada a sua distribuição diamétrica.

Para altura, foram selecionadas árvores-amostra de cada classe diamétrica. Foram selecionadas 5 árvores por classe em cada um dos sistemas, para aquelas classes onde o número total de árvores fosse menor do que 5, todas foram mensuradas.

A altura foi estimada utilizando o Hipsômetro Digital Vertex IV.

Para a estimativa de altura das árvores do povoamento que não foram medidas, foi feita relação hipsométrica por meio da seguinte expressão:

$$Ht = \beta_0 + DAP * \beta_1 + \varepsilon$$

Em que:

Ht – Altura total do indivíduo (cm);

β_0 – Parâmetro do modelo;

DAP – Diâmetro a altura do peito (cm);

β_1 – Parâmetro do modelo;

ε – Erro aleatório.

3.4 – Estimativa Volumétrica

Após a separação das árvores de acordo com seus diâmetros, foram selecionados três indivíduos de cada classe para realização da cubagem rigorosa. O método empregado foi o não destrutivo, utilizando-se o aparelho Pentaprisma de Wheeler, que permite a obtenção dos valores diamétricos em diferentes alturas locais do tronco, em conjunto com o Dendrometro Digital Criterion RD1000, onde é possível obter o comprimento do tronco. Foram mensurados os diâmetros com casca de cada indivíduo às alturas de 0 m, 0,30 m, 0,70 m, 1,30 m e, a partir dessa altura, a cada 1 metro, até um diâmetro mínimo de 6,5 cm, que é o diâmetro mínimo medido pelo pentaprisma. O volume de cada seção foi determinado utilizando a fórmula de Smalian.

$$V_{cc} = \frac{AS_1 + AS_2}{2} * L$$

Em que:

V_{cc} – Volume com casca (m^3);

AS_1 – Área seccional da parte inferior do tronco (m^2);

AS_2 – Área seccional da parte superior do tronco (m^2);

L – Comprimento do tronco(m).

O volume da seção com diâmetro menor que 6,5 cm foi calculado considerando o restante da árvore como sendo um cone. Esse valor somado ao gerado pela fórmula de Smalian constituíram o volume total do indivíduo.

De posse dos dados de DAP, altura total e volume das árvores selecionadas, foram ajustadas, para cada área, equações alométricas baseadas nos modelos de Schumacher e Hall (1933) e Spurr (1952), que tem sido modelos mais utilizados e que representam da melhor maneira o volume. Para isso foi utilizado o software R (R Core Team 2013).

Modelo de Schumacher e Hall:

$$V_{cc} = \beta_0 * DAP^{\beta_1} * Ht^{\beta_2} + \varepsilon$$

Em que:

V_{cc} = Volume do fuste com casca;
 β_0, β_1 e β_2 = parâmetros do modelo;
DAP = diâmetro com casca medido a 1,30m do solo;
Ht = altura total das árvores-amostra;
 ε – Erro aleatório.

Modelo de Spurr:

$$V_{cc} = \beta_0 * (DAP^2 * Ht^{\beta_1}) + \varepsilon$$

Em que:

V_{cc} = Volume do fuste com casca;
 β_0 e β_1 = parâmetros do modelo;
DAP = diâmetro com casca medido a 1,30m do solo;
Ht = altura total das árvores-amostra;
 ε – Erro aleatório.

Para escolha do modelo a ser usado em cada Sistema foram analisadas a consistência biológica e a precisão dos modelos.

3.5. – Determinação da Densidade Básica da Madeira

Para determinação da densidade da madeira, foram retiradas amostras a 30 cm de altura, por meio de um trado que permitiu retirar um cilindro de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro e comprimento variado. Para cada área foram tradados 5 indivíduos escolhidos aleatoriamente.

As amostras foram condicionadas em sacos plásticos e no orifício gerado na árvore com a tradagem, foi borrifada “calda bordaleza” (solução fungicida de cal e sulfato de cobre), para evitar possíveis contaminações de patógenos.

O método utilizado para determinação da densidade seguiu a norma NBR 11941 (ABNT, 2003). Primeiramente foi feita a saturação das amostras. E elas foram deixadas em água até o preenchimento dos seus poros e sua completa submersão (cerca de 1 semana). Feito isso, foram imersas em recipiente com água e determinada a massa deslocada, através de uma balança digital (Figura 1).

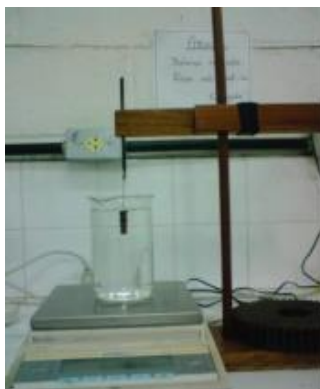


Figura 1: Imersão das amostras para cálculo de densidade básica. Fonte: Dados do autor.

Para determinação da massa seca (m_3), a amostra foi seca em estufa de circulação forçada de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até atingir peso constante.

O cálculo da densidade foi realizado de acordo com a equação:

$$Db = \frac{m_3}{m_2 - m_1}$$

Em que:

Db : Densidade básica da madeira, em g.cm^{-3} ;

m_3 = massa da amostra seca em estufa a $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$, em g;

m_2 = massa do recipiente com água e amostra imersa, em g;

m_1 = massa do recipiente com água, em g.

A partir da estimativa da densidade básica de cada um dos cinco indivíduos por área, calculou-se a média para cada clone.

3.6 – Estimativa Biomassa e Carbono

A biomassa presente em cada árvore foi obtida pela multiplicação do volume total com casca pela densidade básica do clone correspondente, conforme a seguinte equação:

$$B = d_i * V_i$$

Em que:

B = biomassa da madeira do indivíduo, em kg;

d_i = densidade básica do i ésimo indivíduo, em kg.m^{-3} ;

V_i = volume estimado com casca do i ésimo indivíduo, em m^3 .

Encontrada a biomassa de cada indivíduo, os valores foram somados obtendo-se assim a biomassa total de cada área.

O carbono estocado na biomassa foi estimado por meio da multiplicação dos valores de biomassa pelo fator 0,47, que é o recomendado para espécies arbóreas (IPCC, 2006).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Escolha do modelo no Sistema 1

No sistema denominado S1, para os dois modelos usados, as equações obtiveram valores de R^2 superiores a 89%, representando bem as características do povoamento. Os modelos são apresentados a seguir:

Schumacher

$$Vcc = 0,0005209 * (DAP^{3,0245}) * (Ht^{-0,8548})$$

$$R^2 = 96,20\%$$

Spurr

$$Vcc = 0,00004041 * ((DAP^2 * Ht)^{0,9566})$$

$$R^2 = 89,98\%$$

O modelo escolhido para cálculo de volume foi o de Spurr, pois apesar do de Schumacher possui um valor de R^2 maior, ele apresentou inconsistência no parâmetro β_2 , associado à altura total (Ht), em que encontrou-se um valor negativo. Os sinais negativos dos coeficientes associados a Ht indicam erro de estimação destes coeficientes, uma vez que essa variável sempre apresenta correlação positiva com o volume da madeira com casca (SOARES, 2011).

4.2 – Escolha do modelo no Sistema 2

Para o sistema S2, as equações também obtiveram bons ajustes, de acordo com os valores de R^2 , da mesma forma que no S1. Os modelos são apresentados a seguir:

Schumacher

$$V_{cc} = 0,0002549 * (DAP^{2,7054}) * (Ht^{-0,3456})$$

$$R^2 = 95,9\%$$

Spurr

$$V_{cc} = 0,0001427 * ((DAP^2 * Ht)^{0,8296})$$

$$R^2 = 92,9\%$$

No parâmetro β_2 também houve inconsistência. Em virtude desta inconsistência, o modelo utilizado para estimativa volumétrica dessa área foi o modelo de Spurr.

4.3 – Escolha do modelo no Sistema 3

No sistema S3, as equações obtiveram ajustes inferiores aos demais. Isso se deve às características do povoamento que apresentou alturas próximas para indivíduos de classes diamétricas distintas. As equações e os parâmetros são apresentados a seguir:

Schumacher

$$V_{cc} = 0,00002692 * (DAP^{-0,0057}) * (Ht^{2,7420})$$

$$R^2 = 85,8\%$$

Spurr

$$V_{cc} = 0,0007241 * ((DAP^2 * Ht)^{0,6499})$$

$$R^2 = 85,5\%$$

Em virtude da inconsistência gerada no parâmetro β_1 , a equação escolhida para estimativa volumétrica foi a gerada pelo modelo de Spurr.

4.4 – Escolha do modelo no Sistema 4

Para o sistema S4, as equações obtiveram valores de R² próximos e não apresentaram inconsistências, conforme apresentado a seguir:

Schumacher

$$V_{cc} = 0,000001456 * (DAP^{0,5856}) * (Ht^{3,0630})$$

$$R^2 = 90,9\%$$

Spurr

$$V_{cc} = 0,00004847 * ((DAP^2 * Ht)^{0,9194})$$

$$R^2 = 90,4\%$$

Como as equações não apresentaram inconsistências, assim como nos outros Sistemas, foi escolhido o modelo de Spurr.

4.5 – Estoque de carbono nos Sistemas

Na Tabela 1 são apresentados os valores de crescimento e estoque de carbono dos sistemas avaliados. Em geral, os valores encontrados para os sistemas estudados apresentaram incremento em volume e em carbono ligeiramente menores que os encontrados em povoamentos com espaçamentos mais adensados. Paixão (2006), encontrou um IMAc de 7,95 ton.C.ha⁻¹, em povoamento de eucalipto, no espaçamento de 3x2 m, com a idade de 6 anos. Entretanto, ao se pensar na questão das mudanças climáticas e na manutenção do carbono por mais tempo na superfície terrestre, além do fornecimento de alimento e madeira na mesma área, entende-se que os SAF's são mais vantajosos.

O Sistema 3 foi o que obteve o maior estoque de carbono (50,1 tC.ha⁻¹). Isso se deve ao maior crescimento das árvores, sem comprometimento da densidade da madeira. Alzate (2005), por outro lado, encontro que, para determinado clone, foi observado que a quanto maior a altura do indivíduo, menor a sua densidade.

Tabela 1: Comparativo dos resultados de volume, IMA, densidade, biomassa e estoque de carbono, obtidos nos sistemas estudados.

Sistema	Espaçamento (m)	Clone	Volume (m ³ .ha ⁻¹)	IMA (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Densidade (g.cm ³ ⁻¹)	Biomassa (t.ha ⁻¹)	Carbono (t.ha ⁻¹)
1	6x4	A	186,51	23,31	0,4732	88,25	41,48
2	6x4	B	205,20	25,70	0,4445	91,40	43,00
3	6x4	C	229,50	28,70	0,4641	106,50	50,10
4	8x4	A	193,70	24,20	0,4669	90,50	42,50

Para os demais sistemas a estocagem de carbono foram próximas, sendo o Sistema 2 com segundo maior estoque de carbono (43,0 tC.ha⁻¹). Assim como o estoque total de carbono, o IMAc (Incremento Médio Anual de Carbono) seguiu a mesma ordem, sendo o S1 com maior incremento, seguido por S2, S4, S1.

Como citado anteriormente, a biomassa é dependente do volume de madeira e da densidade, fato esse que justifica a proximidade dos valores de estoque de Carbono dos Sistemas 2 e 4. Mesmo o S2 tendo produção de madeira superior, o clone deste sistema (clone B), é menos denso que o clone do S4 resultando em valores de carbono próximos.

O melhor espaçamento pode ser comparado somente para o clone A nos sistemas 1 e 4, sendo que o 8x4 m obteve maior estocagem de carbono que o espaçamento 6x4 m. Este resultado é o contrário do que se esperava, pois nos espaçamentos mais abertos, geralmente, tem-se um maior volume por indivíduo e menor por área, para a mesma idade e para as mesmas características do local. Ao se pensar na pastagem o espaçamento mais amplo é mais vantajoso, em função do menor sombreamento. Também deve-se considerar que os custos de implantação do sistema com espaçamento mais amplo é menor. Assim, para o local estudado e o clone, o espaçamento 8 x 4 m é o recomendado.

Em 3 sistemas estudados por Castro Neto (2013), também na região da Zona da Mata mineira, onde o componente arbóreo era Eucalipto, denominados EB 08, EB 09 com espaçamento de 8x3 m, e EBR 09 com espaçamento de 9x1 m, obtiveram IMAc de 3,13 tC.ha⁻¹.ano⁻¹, aos 44 meses, 3,27 tC.ha⁻¹.ano⁻¹, aos 32 meses, e 8,45 tC.ha⁻¹.ano⁻¹, aos 32 meses, respectivamente, para o componente florestal. Os dois primeiros sistemas

tiveram IMA inferior a todos os estudados nesse trabalho. Já o EBR obteve valor de estoque superior aos observados no presente estudo. Segundo o autor esse valor superior se deve ao fato de que no ano de implantação havia o consórcio com feijão. Neste caso, tanto a adubação quanto os restos culturais desse componente poderiam explicar esse maior incremento de carbono (Tabela 2).

Tabela 2: Incremento Médio Anual de Carbono (IMAc) do presente estudo, juntamente com outros estudos de diferentes sistemas, com idades e espaçamentos distintos.

Sistema	Espaçamento (m)	IMAc tC.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	Idade anos	Município/ Região	Autor
S1	6x4	5,18	8,00	Porto Firme /MG	Schettini (2014)
S2	6x4	5,37	8,00	Porto Firme /MG	Schettini (2014)
S3	6x4	6,26	8,00	Porto Firme /MG	Schettini (2014)
S4	8x4	5,31	8,00	Porto Firme /MG	Schettini (2014)
EB 08	8x3	3,13	3,75	Viçosa/MG	Castro Neto (2013)
EB 09	8x3	3,27	2,75	Viçosa/MG	Castro Neto (2013)
EBR 09	9x1	8,45	2,75	Viçosa/MG	Castro Neto (2013)
Eucalipto+Acácia	10x3	1,43	10,00	Zona da Mata	Muller (2009)
Eucalipto	3x1,5*	3,40	21,00	Alegrete/RS	Oliveira (2008)
Eucalipto	3x1,5*	3,81	21,00	Alegrete/RS	Oliveira (2008)
Eucalipto	10x4	7,33	11,00	Paracatu, MG	Tsukamoto Filho (2004)

*Foram utilizadas fileiras triplas com o espaçamento de 3x1,5 m, entre fileiras triplas deixou-se um corredor de 14 m.

Em outro sistema silvipastoril, constituído de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, também localizado na Zona da Mata mineira, observou-se estoque de carbono total de 14,29 tC. ha⁻¹, aos 10 anos de idade (MULLER, 2009). Desse total 11,17 tC.ha⁻¹ estavam estocados no eucalipto, resultando em um IMAc de 1,12 tC.ha⁻¹.ano⁻¹. Este valor é menor do que os do sistemas aqui avaliados. Considerando o Eucalipto e Acácia, o IMAc foi de 1,43 tC.ha⁻¹.ano⁻¹, que é um valor também inferior aos sistemas S1, S2, S3.

Tsukamoto Filho (2004), ao avaliar a estocagem de carbono em um sistema agrissilvipastoril com eucalipto no espaçamento de 10x4 m, no município de Paracatu, MG, observou um estoque de carbono no sistema foi de 80,68 tC .ha⁻¹, aos 11 anos, o que resulta em um IMA de 7,33 tC .ha⁻¹.ano⁻¹. Este valor é superior aos sistemas S1, S2, S3, S4.

Em sistemas silvipastoris utilizando *Eucalyptus grandis*, no município de Alegrete, RS, aos 21 anos, o estoque de carbono para o eucalipto, para densidade de 500 e 1.000 árvores por hectare, foi de 71,5 e 80,2 t C ha⁻¹

respectivamente, resultando nos IMA's de $3,40 \text{ tC.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e $3,81 \text{ tC.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (OLIVEIRA, 2008). Estes valores são inferiores a estocagem estimada para os sistemas do presente trabalho (Tabela 2).

Como a madeira de eucalipto produzida em SAF's, geralmente é destinada para serraria, é necessário analisar a densidade da madeira, para verificar a sua adequabilidade. Ao analisar os valores da densidade da madeira produzida nos sistemas S1, S2, S3 e S4 verifica-se que os valores de densidade encontrados ainda estão abaixo do que é considerado ideal. Segundo Souza (1997), a densidade ideal para madeira para essa finalidade é de $0,70$ a $0,89 \text{ g.cm}^{-3}$. Como o povoamento ainda não atingiu a idade de corte para a serraria, que é a partir dos 10 anos, entende-se que esta densidade poderá ser alcançada.

5 – CONCLUSÕES

Existe diferença de estocagem de carbono para diferentes clones. Dos três clones testados, o C é o mais recomendado para plantios na região, levando-se em consideração o seu maior potencial de estocagem de carbono.

Existe diferença de estocagem de carbono para diferentes espaçamentos. Para o clone A, o espaçamento 8x4 m é o mais recomendado, com a finalidade de estocagem de carbono. O clone, também, possui a madeira mais densa dentre os avaliados.

Como diferentes clones e espaçamentos interfere m na estocagem de carbono, este é um item importante a ser considerado na implantação de sistemas silvipastoris, quando se pensa na minimização na sua contribuição para as mudanças climáticas.

6 – REFERÊNCIAS

ABC – AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/download.pdf>. Acesso em: 22 Nov.2014

ALZATE, A. B. S; FILHO, T. M.; PIEDADE, S. M. S. **Varição longitudinal da densidade básica da madeira de clones de Eucalyptus grandisHill ex Maiden, Eucalyptus grandisHill ex Maiden, Eucalyptus grandis E. salignaSm. e E. salignaSm. e E. saligna E. grandisx E. grandisx E. grandis urophylla.** SCIENTIA FORESTALIS . n. 68, p.87-95, ago. 2005

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 01 set. de 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas Climatológicas (1961-1990).** Brasília: 1992. 84 p.

CASTRO NETO, F. **Balanço de carbono em uma propriedade com diferentes sistemas agroflorestais localizada na zona da mata de Minas Gerais.** Viçosa, 55p. Trabalho Final de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Viçosa, 2013.

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.**Climate Change 2001: the scientific basis.**Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pub/un/ipccwg1s.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change.**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. 2006.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUARIA E ABASTECIMENTO. **Compromisso Voluntário do Brasil.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2011/11/o-compromisso-voluntario-do-brasil>>. Acesso em: 22 Nov. 2014.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.** Disponível em:

<<http://gvces.com.br/arquivos/177/EstimativasClima.pdf>>. Acesso em: 22 Nov. 2014.

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, dez. 2009. Edição Especial.

NAIR, P. K. R. **An Introduction to Agroforestry**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 499 p., 1993.

NAIR, P. K. R.; TONUCCI, R. G.; GARCIA, R.; NAIR, V. D. **Silvopasture and carbon sequestration with special reference to the Brazilian savanna (Cerrado)**. In: KUMAR, B.M.; NAIR, P.K.R. (Ed.). Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges. London: New York: Springer, 2011. p.145-162.

OELBERMANN, M.; VORONEY, R. P.; GORDON, A. M. **Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada**. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.104, p.359–377, 2004.

OLIVEIRA, E.B. de; RIBASKI, J.; ZANETTI, É.A.; PENTEADO JÚNIOR, J.F. **Produção, carbono e rentabilidade econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em sistemas silvipastoris no Sul do Brasil**. Pesquisa Florestal Brasileira, n.57, p.45-56, 2008.

PAIXÃO, F.A; SOARES, C. P. B; JACOVINE, L. A. G; SILVA, M. L; LEITE, H. G; SILVA, G. F. **Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto**. Revista Árvore vol.30 no.3 Maio/Junho 2006.

SOARES, C. P. B; MARTINS, F. B; JUNIOR, H. U, L; SILVA, G. F; FIGUEIREDO, L. T. M. **Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas**. Revista Árvore, v.35, n5, p.1039-1051, 2011.

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS. J. A. A. **Madeiras tropicais brasileiras**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Brasília, 1997.

TSUKAMOTO, F. A.; COUTO L, et al. (2004) **Fixação de carbono em um sistema agrissilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais**. Rev Agrossilvicultura 1:29–41.