



Arranjos espaciais sobre a produtividade e o potencial de prestação de serviços ambientais do eucalipto em sistemas integrados

André Dominghetti Ferreira¹

Roberto Giolo de Almeida¹

Manuel Claudio Motta Macedo^{1*}

Valdemir Antônio Laura^{1*}

Davi José Bungenstab¹

Alex Marcel Melotto²

Resumo

Os vários setores da economia nacional (energia, processos industriais, agropecuária, mudança no uso da terra e florestas, e tratamento de resíduos) têm sido monitorados quanto às emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Atualmente, no setor agropecuário, há uma demanda por estudos mais aprofundados tanto sobre métodos de diminuição da emissão das emissões de GEEs, quanto de aumento das remoções destes gases. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade e o potencial de prestação de serviços ambientais do componente arbóreo em dois arranjos espaciais. O experimento foi implantado na Embrapa Gado de Corte, no delineamento de blocos casualizados, com dois tratamentos (arranjo espacial com 357 árvores/ha e 227 árvores/ha em sistema integrado) e quatro repetições. Os sistemas integrados foram compostos por capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) em consórcio com eucalipto “urograndis” (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), clone H 13. O componente arbóreo foi avaliado aos 36 meses de idade, considerando as características altura, DAP, volume de madeira por planta, volume de madeira por hectare, quantidade de carbono fixada pelo componente arbóreo, equivalência em CO₂ eq. e a capacidade do componente florestal em neutralizar os GEEs emitidos pelos bovinos. Verificou-se que os arranjos espaciais utilizados não influenciam o desenvolvimento individual de árvores de eucalipto até os 36 meses após o plantio e que a densidade de árvores aumenta a produtividade de madeira e o potencial de prestação de serviços ambientais em sistemas pastoris.

Palavras chave: Componente arbóreo, Integração, Mitigação, Gases de efeito estufa.

Introdução

A crescente demanda por alimentos, fibras, madeira e biocombustíveis, associada à pressão da sociedade e da legislação ambiental vigente para preservação ambiental, têm exigido o desenvolvimento de tecnologias e de processos para a agricultura visando o uso eficiente das terras.

Com o propósito de solucionar os sérios problemas de degradação ambiental causados pelo manejo inadequado de pastagens, de diversificar as atividades e intensificar o uso da terra, reduzindo custos e aumentando a renda das propriedades rurais, foram desenvolvidos os sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). Nestes sistemas, estratégias de rotação pasto-lavoura na presença do componente arbóreo e, sob manejo adequado, promovem melhorias consistentes de ordem agrônômica, zootécnica, ambiental e socioeconômica.

Neste contexto, o Brasil apresenta elevado potencial de implantação de sistemas integrados de produção, principalmente nas áreas do Brasil-Central, onde há extensas áreas de pastagens com algum nível de degradação. Estes sistemas têm-se mostrado eficientes na melhoria da qualidade do solo, no controle de pragas e doenças, no controle de plantas invasoras, no aproveitamento de subprodutos dos diferentes cultivos, além de tornar o fluxo de caixa mais frequente, gerando novos empregos e dando maior sustentabilidade à produção agropecuária (Almeida et al., 2011).

¹ Pesquisador da Embrapa Gado de Corte. Email: andre@cnpqg.embrapa.br.

* Bolsista CNPq

² Doutorando da Universidade Federal da Grande Dourados

A adoção dos sistemas integrados, como a iLPF, é uma das alternativas para alcançar a sustentabilidade dos sistemas de produção, principalmente no que tange à redução de emissão de gases de efeito estufa (GEEs). Segundo Segnini et al. (2007), Primavesi (2007) e Oliveira et al. (2011), esse fato ocorre devido à elevada produção de massa de forragem das gramíneas tropicais com eficiência de uso dos fertilizantes nitrogenados e ao acúmulo de matéria orgânica no solo dos sistemas de pastagens recuperados e intensificados, e ainda à introdução do componente arbóreo, que possui elevado potencial de sequestro de carbono e de mitigação de GEEs, refletindo em maior eficiência de uso da terra e prestação de serviços ambientais.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade e o potencial de prestação de serviços ambientais do componente arbóreo em dois arranjos espaciais.

Material e métodos

O experimento foi implantado em área experimental da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, no sudoeste da região do Cerrado, em solo caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico. O padrão climático da região é descrito, segundo Köppen, como pertencente à faixa de transição entre Cfa e Aw tropical úmido. A precipitação média anual é de 1.560 mm, e o período considerado de seca compreende os meses de maio a setembro (30% da precipitação anual).

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com dois tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois arranjos espaciais: (1) implantação de mudas de eucalipto em linhas simples, com espaçamento de 14 metros entre linhas e dois metros entre plantas, resultando em um estande de 227 árvores de eucalipto por hectare, e (2) implantação de mudas de eucalipto em linhas simples, com espaçamento de 22 metros entre linhas e dois metros entre plantas, obtendo uma densidade de 357 árvores por hectare.

Os sistemas integrados foram compostos por capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) em consórcio com eucalipto “urograndis” (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), clone H 13. Antes da implantação dos sistemas, a área experimental apresentava pastagem de *Brachiaria* sp. com baixa capacidade produtiva e foi reformada em setembro-outubro de 2008, por meio de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), com preparo total do solo e semeadura de soja. As mudas de eucalipto foram transplantadas em janeiro de 2009 e o capim-piatã foi semeado sobre os restos culturais da soja, em abril de 2010.

Antes do início do pastejo, os pastos foram mantidos sob cortes para fenação, até que as árvores de eucalipto atingissem diâmetro à altura do peito (DAP) maior que 60 mm, para evitar possíveis danos pelos animais.

Foram avaliadas, aos 36 meses de idade, as características: altura das árvores, por meio de clinômetro; diâmetro na altura do peito (DAP), com o auxílio de paquímetro. Destes valores, foram calculados o volume por planta (utilizando o fator de forma igual a 0,5), utilizando-se a fórmula proposta por Porfírio-da-Silva et al. (2009), e o volume de madeira por hectare.

Para a determinação da quantidade de carbono foi utilizado o analisador NC (Sumika Chemicals Sumigraph NC 900), conforme metodologia empregada por Kanda et al. (2004). Para a transformação do C (t/ha) em CO₂eq. foi utilizado o fator de conversão de 3,67, e para determinar a capacidade do componente florestal em neutralizar os GEEs emitidos pelos bovinos, considerou-se que uma UA emite 1,88t CO₂ eq..

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de probabilidade de 5%, por meio do aplicativo estatístico Sisvar versão 5.3 (Ferreira, 2008).

Resultados e discussão

Verifica-se pela Tabela 1 que, aos 36 meses após o plantio, os arranjos espaciais utilizados não influenciaram no desempenho produtivo individual das árvores, considerando que não houve diferença significativa nas características de desempenho silvicultural. Em experimento com vários arranjos espaciais, Oliveira et al. (2009) verificaram que, aos 38 meses de idade, o DAP foi influenciado pela área útil por planta, sendo os maiores valores encontrados nos arranjos em que havia maior área útil por planta. Também, Bernardo (1995) cita que, de modo geral, o crescimento em diâmetro é uma característica altamente responsiva aos espaçamentos. Entretanto, quando se utiliza espaçamentos maiores, como os empregados no presente trabalho, espera-se detectar influência destes espaçamentos sobre o DAP após maior tempo de idade das plantas.

Para altura, Bernardo (1995) afirma que não há correlação direta, para a fase jovem de crescimento das árvores, entre altura e espaçamento, pois há casos em que ocorre aumento da altura em espaçamentos maiores e outros em que o resultado é o oposto. No presente trabalho, não detectou-se influência do espaçamento entre linhas sobre a característica altura, aos 36 meses após o plantio das mudas de eucalipto, sendo provavelmente em função dos elevados espaçamentos adotados.

A característica volume de madeira por planta é altamente influenciada pelas características altura e DAP, e como não foram verificadas diferenças para estas duas características, era de se esperar que não houvesse diferenças estatísticas para o volume de madeira por planta.

Tabela 1. Médias de diâmetro na altura do peito (DAP), altura, volume de madeira por árvore e volume de madeira por hectare para cada sistema, em Campo Grande, MS, 2012.

Sistema	DAP (cm)	Altura (m)	Vol./árvore (m ³)	Vol./hectare (m ³)
14m x 2m	16,50 a	18,56 a	0,20 a	70,42 a
22m x 2m	16,00 a	17,29 a	0,17 a	38,83 b
CV (%)	5,62	4,55	15,60	14,34

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Ao fazer a análise do volume de madeira por hectare, nota-se influência do número de árvores por unidade de área, em que para o arranjo mais adensado (14m x 2m) foi encontrado maior produtividade em volume de madeira quando comparado ao espaçamento menos adensado (22m x 2m). O presente trabalho corrobora com Botelho (1998) e Oliveira Neto et al. (2003), que afirmam que ocorre maior produção por unidade de área nos espaçamentos mais reduzidos em função do maior número de árvores.

Os benefícios proporcionados pelo componente florestal em sistema de iLPF têm sido demonstrados em vários estudos (Carvalho et al., 2001; Macedo, 2009). Todavia, são os impactos positivos sobre as variáveis microclimáticas e no sequestro de carbono que ampliam as possibilidades de uso em cenários de mudanças climáticas (Almeida et al., 2011).

As quantidades de carbono fixado pelo componente florestal, bem como sua equivalência em CO₂ e o potencial de neutralização da emissão de GEEs por bovinos (PNEB), aos 36 meses após o plantio do eucalipto, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Médias de carbono (C), de CO₂ eq. e do potencial de neutralização da emissão de GEEs por bovinos (PNEB), aos 36 meses após o plantio do eucalipto, para cada sistema, em Campo Grande, MS, 2012.

Sistema	C (t/ha)	CO ₂ eq. (t/ha)	PNEB (UA/ha) ¹
14m x 2m	20,09 a	72,32 a	38,47 a
22m x 2m	11,07 b	39,88 b	21,21 b
CV (%)	14,34	14,34	14,35

¹ UA = um bovino adulto (450 kg)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).



Observa-se pela Tabela 2 que quanto maior o número de árvores por unidade de área, maior é a fixação de carbono e, consequentemente, maior é a capacidade de mitigar os efeitos da emissão de GEEs pelos bovinos.

No arranjo espacial 14m x 2m (357 plantas/ha) houve a fixação de 20,09 t/ha/ano de C, que corresponde a 72,32 t/ha/ano de CO₂eq., sendo suficiente para neutralizar a emissão de gases de efeito estufa de 38,47 bovinos de corte/ha/ano, considerando a emissão anual média de um bovino de corte de 1,88 t CO₂eq./ano. Para o estande de 227 plantas/ha (22m x 2m), a fixação de C foi da ordem de 11,07 t/ha/ano, correspondendo a 39,88 t/ha/ano de CO₂eq., mitigando a emissão dos gases de efeito estufa de 21,21 bovinos de corte/ha/ano.

Neste contexto, como as lotações anuais em áreas de pastagem degradadas permanecem inferiores a 1,0 UA/ha, haverá um excedente de carbono fixado pelos sistemas integrados, corroborando Neves et al. (2004), que verificaram uma tendência de recuperação dos estoques de carbono original presentes em vegetações de cerrado natural. Considerando que sistemas pastoris bem manejados apresentam taxas de lotação anuais entre 1,5 a 2,5 UA/ha, e com base nos resultados obtidos neste trabalho, seriam necessárias de 14 a 27 árvores/ha para neutralizar as emissões de GEEs desses sistemas, indicando o elevado potencial produtivo e de prestação de serviços ambientais com a inclusão do componente arbóreo em sistemas pastoris.

Deve-se salientar que outras espécies também apresentam potencial de acúmulo de carbono quando implantadas em sistemas integrados. Em trabalho com *Pinus elliotti* em sistema silvipastoril, Gutmanis (2004) obteve produtividade média anual das árvores de 6,0 t/ha de biomassa seca para uma densidade de 200 árvores/ha, gerando uma estimativa de estoque de 2,7 t/ha/ano de carbono, e para a densidade de 400 árvores/ha, a estimativa de estoque foi de 4,8 t/ha/ano de carbono.

Conclusões

- 1- Os arranjos espaciais utilizados não influenciam o desenvolvimento individual de árvores de eucalipto até os 36 meses após o plantio.
- 2- A densidade de árvores aumenta a produtividade de madeira e o potencial de prestação de serviços ambientais em sistemas pastoris.

Referências

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE BREEDING, 3, 2011, Bonito. 2011. Recuperação de pastagens degradadas e impactos da pecuária na emissão de gases de efeito estufa ALMEIDA, R.G. de; OLIVEIRA, P.P.A.; MACEDO, M.C.M.; PEZZOPANE, J.R.M. Bonito – Brasil: Embrapa Gado de Corte. p. 384-400. 1 CD-ROM.

BERNARDO, A.L. 1995. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais. Lavras – Brasil, Universidade Federal de Lavras, 102 p.

BOTELHO, S.A. 1998. Espaçamento. In: SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal.** Lavras: UFLA; FAEPE, p. 381-405.

CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.). 2001. **Sistemas agroflorestais pecuários:** opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora – Brasil: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO. 414 p.



FERREIRA, D.F. 2008. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-418.

GUTMANIS, D. 2004. **Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Rio Claro – Brasil. Universidade Estadual Paulista. 142 p.

KANDA, K.; MIRANDA, C.H.B.; TAKAHASHI, M.; MACEDO, M.C.M. 2004. Nitrogen dynamics in agro-pastoral system of Brazil. **JIRCAS Working Report**, Tsukuba, Japan, n. 36, p. 19-23.

MACEDO, M. C. M. 2009. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p.133-146. (supl. especial).

NEVES, C. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. 2004. Estoque de carbono em sistemas agrossilvipastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 1038-1046.

OLIVEIRA NETO, S.N. de; REIS, G.G. dos; REIS, M. das G.F.; NEVES, J.C.L. 2003. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 15-23.

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 2, 2011, Foz do Iguaçu. 2011. Emissão de gases nas atividades pecuárias. OLIVEIRA, P. P. A.; PEDROSO, A. F.; ALMEIDA, R. G.; FURLAN, S.; BARIONI, L. G.; BERNDT, A.; OLIVEIRA, P. A.; HIGARASHI, M.; MORAES, S.; MARTORANO, L.; PEREIRA, L. G. R.; VISOLI, M.; FASIABEM, M. C. R.; FERNANDES, A. H. B. M. Concórdia – Brasil: Embrapa Suínos e Aves, p. 69-76, v. 1.

OLIVEIRA, T.K. de; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M. 2009. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 01-09.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M.J.S.; NICODEMO, M.L.F.; DERETI, R.M. 2009. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo – Brasil: Embrapa Florestas. 48 p.

PRIMAVESI, O. 2007. **A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global**. São Carlos – Brasil: Embrapa Pecuária Sudeste. 42 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 72).

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. 2007. Potencial de seqüestro de carbono em área de pastagem de *Brachiaria decumbens*. SEGNINI, A.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W. T. L.; PRIMAVESI, O.; MARTIN-NETO, L. Porto Alegre – Brasil. SBCE. não paginado. 1 CD-ROM.