

---

## 4 COMPONENTE ARBÓREO NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

---

Vanderley Porfirio-da-Silva, Gilmar Paulinho Triches, Aline Yabusame Utima,  
Carlos Alberto Cavichiolo Franco e Silvano Kruchelski

### 4.1. Apresentação

A integração intencional de árvores com lavouras e, ou, pastagens com animais tem sido reconhecida como potencial forma de uso das terras para a obtenção de melhorias sociais, econômicas, produtivas e de sustentabilidade ambiental dos sistemas de produção. Esta integração de componentes configura um dos grandes tipos de SIPA, e contribui para um novo tipo de agricultura sustentável e intensificada com base em agricultura conservacionista.

Os sistemas de integração com o componente arbóreo são, fundamentalmente, sistemas agroflorestais e podem se desenvolver basicamente em três modalidades: integração pecuária-floresta (IPF) ou silvipastoril que integra os componentes pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio; integração lavoura-floresta (ILF) ou silviagrícola que integra os componentes florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou agrossilvipastoril que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área.

Os resultados com a utilização do componente arbóreo em sistemas de integração, já obtidos em trabalhos de instituições de pesquisa e extensão rural, bem como em áreas de produtores rurais, quando manejados de forma adequada apontam para as seguintes perspectivas: i) aumento na taxa de lotação das pastagens em comparação aos sistemas de pecuária convencional; ii) promoção do controle da erosão; iii) menor frequência de reformas em pastagens; iv) melhor condição para o desempenho animal (reprodução e produção) por meio do aumento do conforto e proteção dos animais e das pastagens; v) eliminação de investimento na construção de sombra artificial aos animais, sobretudo para o gado de leite; vi) maior oferta de forragem com valor nutritivo superior em função da melhoria da fertilidade do solo; vii) produção de madeira para serraria e laminação (Porfirio-da-Silva et al., 2010).

A espécie arbórea adequada para sistemas arborizados deve estar adaptada ao solo e ao clima local, e apresentar crescimento inicial rápido para facilitar o estabelecimento; copa reduzida ou pouco densa e fuste longo, o que diminui o sombreamento na cultura consorciada; viabilidade

econômica, oferecendo produtos com alto potencial de comercialização; e baixo ou nenhum potencial invasivo, para evitar a propagação excessiva.



Figura 4.1. Integração dos elementos pecuários e florestais, e seus produtos, no sistema de produção na Fazenda Experimental Canguiri da UFPR, Pinhais-PR. Fotos: Gilmar P. Triches

#### **4.2. Definição da espécie arbórea e do arranjo espacial**

Dentre as diferentes espécies florestais plantadas no país, as de eucalipto, devido ao seu rápido crescimento, produtividade, ampla diversidade de espécies, grande capacidade de

adaptação e por ter aplicação para diferentes finalidades tem sido extensivamente utilizada. Atualmente, o eucalipto ocupa aproximadamente 5,7 milhões de hectares plantados (73% da área total de plantios florestais no Brasil) (IBÁ, 2018).

Além do uso energético, a demanda de madeira de eucaliptos, para diferentes finalidades de uso, tem contribuído também para o desenvolvimento das comunidades rurais, uma vez que o seu cultivo permite aos agricultores a diversificação da produção e da renda na propriedade, seja por meio de plantios puros (Santarosa et al., 2014; Santos, 2014) ou, por meio de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (Porfírio-da-Silva, 2006; Balbino et al., 2011). Entre os outros usos para a madeira de eucalipto citam-se: produção de madeira serrada, painéis, laminação, aglomerados (MDF, OSB, HDF), na construção civil, na produção de postes, dormentes e madeira para fabricação de papel e celulose.

Mais de 85% do total da área plantada de eucaliptos no Brasil estão em regiões de clima sem a ocorrência frequente de geadas. Nas regiões brasileiras onde frequentemente ocorrem geadas, as opções de espécies comerciais de eucalipto são reduzidas. Atualmente são recomendados materiais como *E. dunnii* e *E. benthamii*, sendo o *E. benthamii* mais tolerante ao frio (Paludzyszyn Filho et al., 2006).

Na implantação do experimento do NITA, o diagnóstico do ambiente indicou que as condições edafoclimáticas da área eram de ocorrência de geadas e existência de solos degradados (compactados e decapitados). Foi feito então, a opção por uma espécie arbórea que pudesse crescer e produzir satisfatoriamente sob tais condições e, ainda, proporcionasse a oportunidade de desenvolver novos conhecimentos sobre a espécie arbórea em sistemas de produção integrados para a região subtropical brasileira.

O *Eucalyptus benthamii* é uma espécie tolerante ao frio que atende uma das principais limitações da área/região que é a ocorrência de geadas. A madeira, por sua vez, tem boa aptidão para fins energéticos (Paludzyszyn Filho & Santos, 2013), com densidade mediana de 470 kg/m<sup>3</sup> tem potencial para movelaria, mas a espécie ainda é carente de melhoramento genético para identificar genótipos indicados para serraria (Silva, 2008, Paludzyszyn Filho & Santos, 2011) e, também, de pesquisas sobre o crescimento da espécie em solos com diferentes níveis de compactação (Bernardi, 2010), sob diferentes espaçamentos (Benim et al., 2014), e na determinação da proporção de biomassa em função da idade e ajuste de modelos de biomassa e crescimento (Silva et al., 2004), entre outros.

Estes são aspectos que motivaram a escolha da espécie arbórea para o experimento em laboratório a céu aberto do NITA. Portanto, desde a implantação, novas informações e

conhecimentos estão sendo desenvolvidos sobre o *E. benthamii* e sua participação nos SIPA para a região subtropical.

A adoção do sistema de integração com o componente arbóreo pode ser facilitado pela adequada distribuição espacial das árvores no terreno, para conservação do solo e da água, favorecimento do trânsito de máquinas e observância de aspectos comportamentais dos animais. Para tanto, o arranjo espacial mais simples e eficaz é o de aleias (ou renques), em que as árvores são plantadas em faixas (linhas simples ou múltiplas) com espaçamentos amplos. Quando se deseja privilegiar a produção de madeira para biomassa, podem-se utilizar espaçamentos menores entre as aleias ou maior número de linhas em cada aleia (maior número de árvores por hectare). Para privilegiar a atividade agrícola ou pecuária, podem-se utilizar espaçamentos maiores entre as aleias com menor número de linhas (Porfírio-da-Silva, 2006).

As árvores do experimento foram plantadas em linha simples, com espaçamento de 14 m entre linhas (plantadas em curvas de nível) e de 2 m entre plantas (densidade de 357 árvores por hectare), com os seguintes objetivos:

- Permitir o trânsito de implementos agrícolas com a largura de 12 metros;
- Determinar o deslocamento de máquinas e implementos de modo transversal ao sentido pendente do terreno, o que evita a formação de sulcos de erosão;
- Minimizar a formação de trilhas feitas pelo caminhamento do gado no sentido pendente do terreno, o que evita a formação de sulcos de erosão;
- Obter em menor tempo o efeito quebra-ventos e de proteção contra intempéries climáticas para o gado e cultivos, do que quando plantadas em espaçamentos maiores;
- Obtenção de madeira para diferentes usos em diferentes idades do sistema de produção; nos primeiros anos madeira fina para uso como lenha, carvão, palanque de cerca, postes/estacas para construção civil e, no terço final da rotação alcançar densidade de aproximadamente 150 árvores de toras para serraria por hectare;
- Selecionar árvores-matrizes superiores para a produção de sementes e clones.

No plantio das mudas foi feita subsolagem na linha a uma profundidade de aproximadamente 40 cm e colocados na cova 250 ml de solução hidrogel Hidroplan-EB®/HyB, 200 g da formulação 08-20-20 NPK que também continha 1% de cálcio (Ca) e 3% de enxofre (S) aplicados em duas covetas laterais (a 15 cm de distância da muda e a 15 cm de profundidade).

Para uma referência do desenvolvimento do *Eucalyptus benthamii* em monocultivo, em área contígua à dos sistemas integrados (Figura 4.1), foram plantadas parcelas no espaçamento 3 m x 2 m. No entanto, o desenvolvimento das árvores nessas parcelas não pode ser utilizado para

comparação com o desenvolvimento das árvores no sistema integrado, uma vez que estas recebem tratamentos desiguais e as inferências sobre o desempenho não serão válidas.

Para auxiliar na localização de ninhos de formigas cortadeiras e sua destruição, foram distribuídos pedaços de laranja a cada 10 metros, em todo o perímetro do experimento. Os pedaços de laranja funcionaram como iscas e facilitaram a localização dos ninhos que foram destruídos mecanicamente uma vez que o local está dentro de uma Área de Proteção Ambiental, e não é permitido o uso de produtos químicos como os inseticidas e herbicidas.

Por ser uma APA, todo o controle de plantas daninhas foi feito de forma manual com o coroamento das árvores com enxada, o arranquio de plantas que se enrolavam nas mudas (como a corda de viola), e de forma motorizada com roçadeira costal nos espaços entre o coroamento das árvores e roçadeira tratorizada nos espaços entre as linhas de árvores. Foram necessários o replantio de aproximadamente 20% das árvores do experimento. A principal causa de mortalidade das mudas foi a matocompetição.



**Figura 4.2.** Plantio *E. benthamii* na Fazenda Experimental Canguiri da UFPR, Pinhais-PR, outubro de 2013. A: linha de plantio acompanhando curva de nível do terreno; B: aspecto colocação solução hidrogel na cova; C: mudas prontas para o transplante); D: aspecto geral da operação de plantio em monocultivo. Fotos: Gilmar P. Triches.



**Figura 4.3.** Vista aspecto da roçada com roçadeira costal para controle da matocompetição com as árvores, abril 2014. Fotos: Gilmar P. Triches.

### **4.3. Manejo das árvores**

O sistema de manejo adotado é o de alto-fuste<sup>1</sup>, caracterizado por desbastes e com trato cultural de desrama. Todo o residual de desramas e de desbastes é mantido sobre a linha de plantio. No desbaste é recomendado que o corte do tronco da árvore seja feito o mais rente possível do solo, e seus resíduos mantidos sobre os tocos para auxiliar na supressão de possíveis brotações.

As práticas silviculturais como a desrama e o desbaste são fundamentais para o adequado funcionamento e rendimento do sistema integrado com árvores.

A desrama ou poda é a prática silvicultural que consiste na eliminação de galhos mortos ou vivos das árvores. É necessário fazer a desrama para regular o sombreamento excessivo que prejudica o crescimento da pastagem e das lavouras, e produzir madeira de qualidade (sem nós).

Na primeira desrama as árvores tiveram seus galhos retirados até a metade de suas respectivas alturas, foi executada quando mais de 60% das árvores alcançaram 6 cm de diâmetro no tronco medido na altura de 1,30 m do solo (o chamado DAP - diâmetro à altura do peito), o que ocorreu aos 21 meses de idade. Segundo Porfírio-da-Silva *et al.*, (2012), este é o DAP no qual as árvores suportam, sem quebrar, a carga do corpo de um bovino adulto (Figura 4.4). Três meses após a desrama, o gado foi introduzido nos sistemas de PF e LPF.

---

<sup>1</sup> Alto-fuste é o sistema no qual a regeneração das árvores do povoamento é obtida por meio de sementeira, semeadura e/ou plantio de mudas.



Pesquisa conduzida pelo pesquisador Vanderley Porfirio da Silva (EMBRAPA Florestas e membro do NITA/UFPR) realizado no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR)



Figura 4.4. Post da Aliança SIPA indicando o diâmetro mínimo das árvores para a entrada de animais. Material divulgação da Aliança SIPA.



Figura 4.5. Imagens 1ª desrama (julho de 2015). A: a execução da desrama com serrote de poda bem rente ao caule; B: aspecto geral das árvores após 1ª desrama; Fazenda Experimental Canguiri da UFPR, Pinhais-PR. Fotos: Gilmar P. Triches.



**Figura 4.6. Bovinos no primeiro pastejo, após a primeira desrama em outubro de 2015. Fazenda Experimental Canguiri da UFPR, Pinhais-PR. Fotos: Gilmar P. Triches**

A segunda desrama foi efetuada aos 33 meses de idade e conduzida até 6 metros de altura no tronco das árvores. Nas condições operacionais do NITA, acima dessa altura a operação fica inviável de ser feito com o operador no solo, conduzir a desrama a maiores alturas implica em disponibilidade de equipamentos e mão de obra treinada para trabalho em altura<sup>2</sup> o que eleva custos e, uma vez que cerca de 70% do volume do tronco de uma árvore de eucalipto está no primeiro terço de sua altura, a desrama conduzida até 6 metros alcança o objetivo de proporcionar madeira livre de nós nas toras de maior volume.

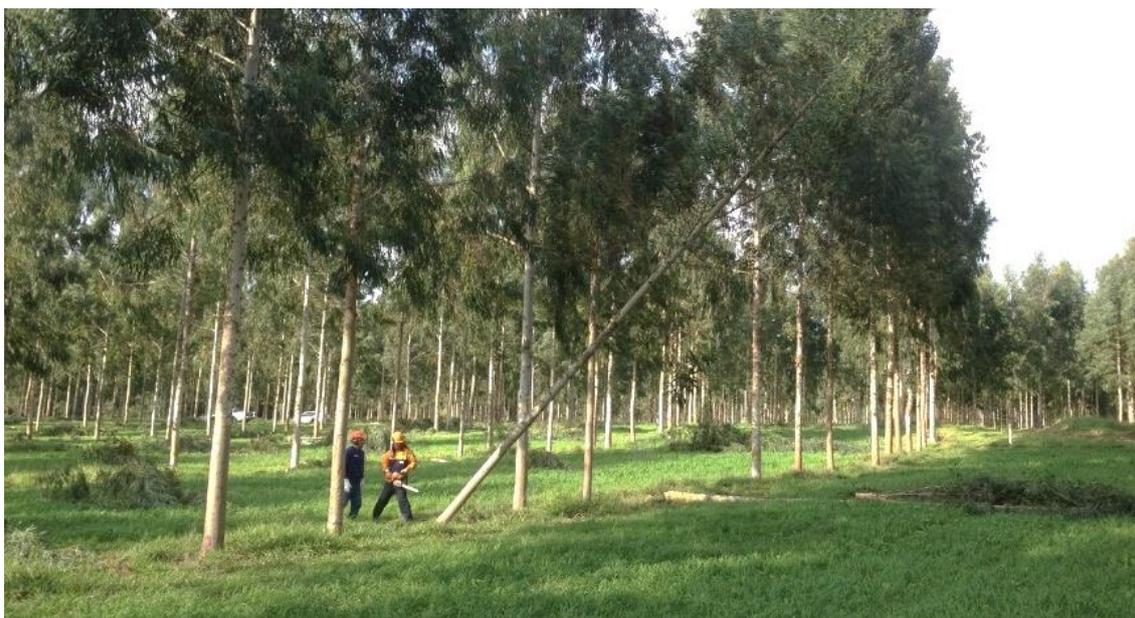


**Figura 4.7. A segunda desrama realizada até a altura de 6 metros. Fazenda Experimental Canguiri da UFPR, Pinhais-PR, junho de 2017. Fotos: Gilmar P. Triches**

---

<sup>2</sup> É chamado de trabalho em altura qualquer atividade profissional que for executada acima de 2 metros do chão e que promova o risco de queda. [http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493C0\\_139068E6387578E/NR-35%20%28Trabalho%20em%20Altura%29.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493C0_139068E6387578E/NR-35%20%28Trabalho%20em%20Altura%29.pdf).

No NITA, mesmo após a segunda desrama, o “fechamento” das copas das árvores já ocorria aos 40-41 meses de idade. Portanto, para regular o sombreamento excessivo para a pastagem e lavouras, e evitar a competição entre as árvores, o primeiro desbaste foi realizado aos 44 meses de idade quando as árvores apresentavam DAP próximo de 18 cm, e mais de 15 metros de altura média. O desbaste, além de ser uma prática silvicultural que também regula o sombreamento excessivo que prejudica o crescimento da pastagem e das lavouras, é também uma operação de colheita de produto das árvores.



**Figura 4.8. Desbaste aos 44 meses de idade quando as árvores apresentavam DAP médio próximo de 18 cm. Fazenda Experimental Canguiri da UFPR, Pinhais-PR, junho de 2017. Foto: Emiliano Santarosa.**

Por meio de inventário florestal realizado anualmente foram determinados diâmetros médios das árvores de área seccional média (DAP médio) em cada um dos sistemas de integração (LF, LPF e PF). O inventário é realizado pela amostragem sistemática de 10% dos indivíduos existentes em cada tratamento, ou seja, para cada 10 árvores uma tem o DAP e a altura total medidas, estes dados são utilizados para calcular as estimativas de crescimento e produção das árvores em cada sistema, e também utilizada para indicar quais árvores seriam retiradas do sistema. Realizado em junho de 2017, a intensidade de desbaste variou de 44% a 49%. Todas as árvores cujo DAP estivesse abaixo do DAP médio foram retiradas (colhidas).

A rebrota de tocos foi eliminada, pois está fora dos objetivos da experiência conduzida no NITA. Além do que, a condução da rebrota em meio aos sistemas com gado requereria a vedação dos piquetes ou o isolamento dos rebrotes para que não fossem quebrados pelos animais; ainda,

a condução da rebrota aumentaria o sombreamento e a competição para as pastagens e/ou lavouras.

#### 4.4. Resultados parciais

Aos 43 meses, os sistemas arborizados acumulavam, em média, 32 m<sup>3</sup> de madeira por hectare, cerca 15 m<sup>3</sup>/ha de madeira fina (diâmetros entre 13 e 22 cm no DAP) foram colhidos no desbaste, ficando um remanescente de aproximadamente 17 m<sup>3</sup>/ha, ilustrado na Figura 9 na idade de 44 meses.

Aos 56 meses de idade, a produtividade é similar em todos os sistemas, com média de 38 m<sup>3</sup>/ha, o que corresponde a uma taxa média de crescimento de 10,4 m<sup>3</sup>/ha/ano, podendo ser considerada alta para a densidade arbórea existente nos sistemas. Em média os sistemas têm 143 ± 7 árvores por hectare, com valor médio de DAP de 25,9 ± 0,73 cm e volume médio de 0,3406 ± 0,03 m<sup>3</sup> por árvore.

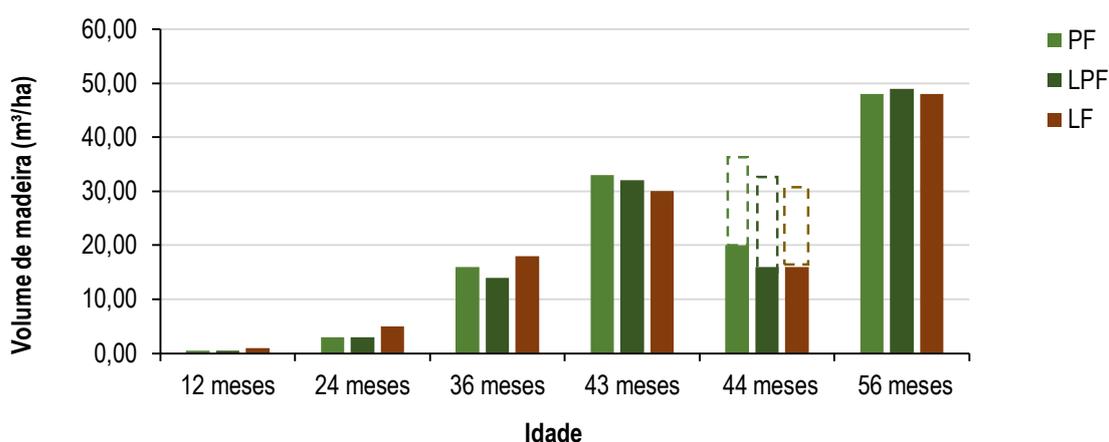


Figura 4.9. Produtividade de madeira nos sistemas integrados com árvores. O segmento pontilhado de colunas na idade 44 meses corresponde ao volume retirado pelo desbaste. Fazenda Experimental Canguiiri da UFPR, Pinhais-PR, julho de 2018.

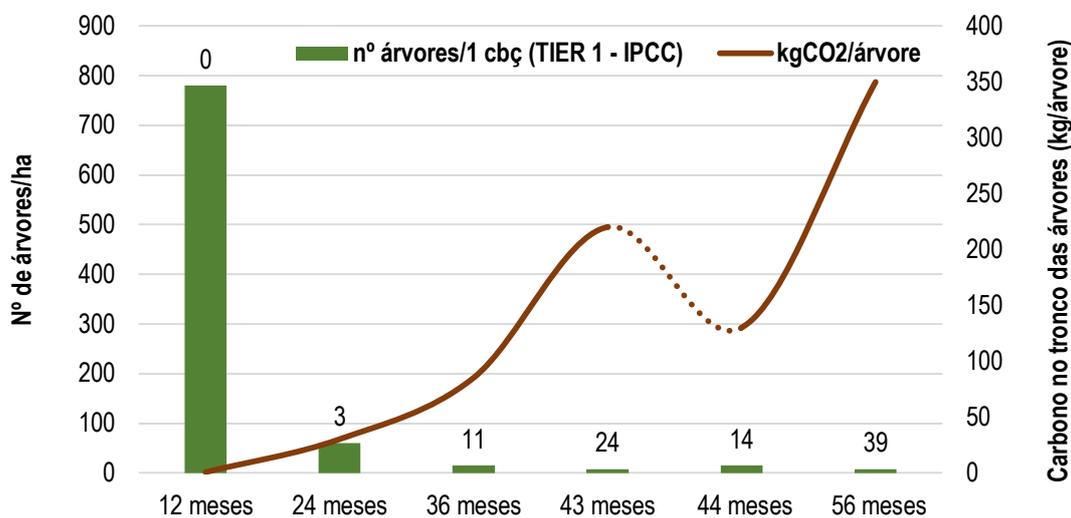
A quantidade de carbono equivalente fixado nas árvores (Figura 4.10) foi estimada conforme a equação:  $tCO_2 = v * D * C * cC$  (Oliveira *et al.* 2011)

onde:  $tCO_2$  = toneladas de Carbono equivalente fixado na madeira do tronco das árvores;  $v$  = volume estimado do tronco;  $D$  = densidade básica madeira;  $C$  = teor carbono na madeira;  $cC$  = fator conversão C/CO<sub>2</sub>

Com base no fator de emissão de metano (CH<sub>4</sub>) entérico, parametrizado pelo IPCC (2006)<sup>3</sup> para bovinos de corte (56 kg/animal/ano), foi estimada a mitigação, realizada pelas

<sup>3</sup> [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_10\\_Ch10\\_Livestock.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf)

árvores, dessas emissões (**Figura 4.10**). Além do número de árvores que seriam necessárias para a mitigação da emissão do CH<sub>4</sub>, também se observa na figura 4.10 a quantidade estimada de carbono fixado na madeira do tronco das árvores, sem considerar raízes, galhos, folhas e ramos existentes nas árvores.



Números acima das colunas indicam o nº de UAs que teriam suas emissões de metano entérico mitigadas em cada hectare de pastagem arborizada nas diferentes idades das árvores.

**Figura 4.10. Neutralização da emissão de metano entérico pelas árvores nos sistemas PF e LPF na Fazenda Experimental Canguiri/UPFR. O segmento pontilhado de corresponde à quantidade de Carbono “perdido” pelo desbaste. Fazenda Experimental Canguiri/UPFR, Pinhais-PR, julho de 2018.**

Aos 56 meses de idade, em média, cada árvore de ambos os sistemas PF e LPF, contabiliza 0,35 tCO<sub>2</sub> (toneladas de carbono equivalente), sendo necessários 4 árvores para mitigar a emissão de um animal, portanto cada hectare de sistema integrado com árvores tem potencial para mitigar a emissão de CH<sub>4</sub> de 39 animais de 450 kg de peso vivo (UA), o que seria uma carga animal muito alta e improvável de ocorrer, dessa forma é possível afirmar que todo o rebanho criado no NITA tem sua emissão de CH<sub>4</sub> entérico neutralizada pela presença das árvores nos sistemas arborizados. Por exemplo, no ciclo de 2017/18, os sistemas PF e LPF estiveram ocupados com carga animal de 1,7 UA/ha e 1,4 UA/ha, contabilizando emissão de 2,2 t CO<sub>2</sub>/ha e 1,9 t CO<sub>2</sub>/ha, contra o acumulado médio anual nas árvores de 11,5 t CO<sub>2</sub>/ha e 10,9 t CO<sub>2</sub>/ha respectivamente.

## 4.5. Considerações finais

Os resultados apresentados neste Boletim correspondem ao período de 56 meses de idade das árvores, e as avaliações continuarão sendo realizadas no experimento, pelo menos até que o primeiro ciclo do componente arbóreo seja encerrado, o que deverá ocorrer por ocasião da colheita total das árvores remanescentes. A área será desbastada (colheita intermediária de árvores) ao menos mais uma vez, gerando novos dados e informações para o manejo do componente arbóreo em sistemas de integração com lavouras e/ou pastagens com gado.

Os sistemas arborizados, além da produção de grãos e de carne, acumularam até agora mais de 38 m<sup>3</sup> de madeira por hectare em árvores com volume médio individual de 0,34 m<sup>3</sup>. Aos 56 meses de idade, cada árvore é responsável por 350 kg CO<sub>2</sub> equivalente retirado da atmosfera.

Futuramente, quando as árvores remanescentes forem colhidas, para o beneficiamento em madeira serrada e/ou madeira roliça tratada, deverá ser determinado a quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente que será fixado nas peças de madeira que seguirão para produtos de maior durabilidade e, portanto, que irão manter o carbono fixado por maior tempo.

## 4.6. Referências

- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. (Ed.). Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130p.
- BENIM, C. C.; WIONZEK, F. B.; WATZLAWICK, L. F. Initial assessments on the plantation of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage deployed in different spacing. Applied Research e Agrotecnology v7 n1 jan/apr. 2014.
- BERNARDI, C. A. Avaliação de diferentes sistemas de preparo do solo no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus benthamii* Maiden at Cambage na região de Guarapuava, PR. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais, Área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais). 46f. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati, PR. 2010.
- OLIVEIRA, E. B.; NAKAJIMA, N. Y.; CHANG, M.; HALISKI, M. Determinação da quantidade de madeira, carbono e renda da plantação florestal. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2011. 37 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 220).
- PALUDZYSZYN FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T. Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas Colombo: Embrapa Florestas, 2011.
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos. Escolha de cultivares de eucalipto em função do ambiente e do uso. Colombo: Embrapa Florestas, 2013. 11 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 316).
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos; FERREIRA, C. A. Eucaliptos indicados para plantio no estado do Paraná. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 45 p. (Documentos, 129). 2006.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril para a produção de carne. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2006, Piracicaba. As pastagens e o meio ambiente: anais. Piracicaba: FEALQ, p. 297-327. 2006.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. Arborização de Pastagens com Espécies Florestais Madeiras: implantação e manejo. Colombo, Embrapa Florestas, 2010, 48 p.
- SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. dos R. (Ed.). Transferência de tecnologia florestal. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 138 p.
- SANTOS, P. E. T. dos (Ed.). Cultivo de eucalipto (4ª Edição). Colombo: Embrapa Florestas, 2014. (Embrapa Florestas. Sistemas de Produção).
- SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; CORRÊA, R. S.; BELLOTE, A. F. J.; TUSSOLINI, E. L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 49, p. 83-95, jul./dez. 2004.
- SILVA, L. D. Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). 275f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.