

CIRCULAR TÉCNICA

275

Sete Lagoas, MG
Outubro, 2021

Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta como estratégia para neutralização da emissão de metano entérico de bovinos na região do Cerrado de Minas Gerais

Mônica Matoso Campanha
Thomaz Correa e Castro da Costa
Miguel Marques Gontijo Neto
Álvaro Vilela de Resende
Emerson Borghi
Samuel Campos Abreu



Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta como estratégia para neutralização da emissão de metano entérico de bovinos na região do Cerrado de Minas Gerais¹

Introdução

O sequestro de carbono é um serviço ambiental importante e valorizado para propriedades rurais, principalmente aquelas que trabalham com produção pecuária. O setor agropecuário nacional, em 2019, foi apontado como o segundo setor que mais emite gases de efeito estufa (GEE), e dentro deste, 28% das emissões diretas estão ligadas ao rebanho bovino (Albuquerque et al., 2020).

Para fortalecer a sustentabilidade da agropecuária brasileira, além da rentabilidade econômica, a adoção de tecnologias que garantam o melhor desempenho produtivo e adequabilidade técnica é muito importante, também, para um bom desempenho ambiental (Manzatto et al., 2019). A produção de bovinos no País, principalmente a pecuária de corte, embora tenha aumentado a eficiência produtiva ao longo dos anos, apresenta modelo de produção extensivo, predominantemente. Esse modo de produção adotado ainda é responsável por impactos ambientais negativos, como a emissão de GEE (Batista et al., 2020). Explorar a pecuária de corte brasileira, por meio da intensificação da produção, pode tornar o setor agropecuário mais sustentável e competitivo nos mercados (Manzatto et al., 2019; Souza et al., 2020).

¹ Mônica Matoso Campanha, Engenheira-Agrônoma, Doutora em Fitotecnia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Thomaz Correa e Castro da Costa, Engenheiro Florestal, Doutor em Sensoriamento Remoto ligado a Ciência Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Miguel Marques Gontijo Neto, Engenheiro-Agrônomo, Doutor em Zootecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Álvaro Vilela de Resende, Engenheiro Agrônomo, Doutor em em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Emerson Borghi, Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Samuel Campos Abreu, Engenheiro-Agrônomo, Especialista em Proteção de Plantas, Analista da Embrapa Milho e Sorgo.

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) são alternativas de intensificação do uso da terra como importante estratégia de aumento da produção agropecuária de forma sustentável. Os sistemas ILPF foram também reconhecidos como tecnologia de baixa emissão de carbono, estabelecida pelo Plano ABC - o Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Esse plano foi criado pelo governo brasileiro para o setor agropecuário, para cumprir os compromissos assumidos em conferências internacionais de redução da emissão de GEE (Brasil, 2020).

Diferentes regiões do País têm adotado os sistemas ILPF (Gontijo Neto et al., 2014; Franchini et al., 2015; Silva et al., 2021) e desfrutado de diversos benefícios, dentre eles o sequestro de carbono pelo componente florestal, reduzindo a emissão de CO₂ para atmosfera, ajudando a mitigar os efeitos das mudanças climáticas (Kichel et al., 2014; Franchini et al., 2015; Torres et al., 2017; Gontijo Neto et al., 2018; Manzatto et al., 2020). A neutralização de carbono ocorre quando a fixação de carbono na biomassa das plantas, através do processo de fotossíntese e crescimento vegetal, denominado sequestro de carbono, é maior do que o carbono emitido pelos animais no sistema.

O estado de Minas Gerais possui grande potencial para exploração florestal, com condições de solo e clima propícias ao cultivo de espécies florestais, grãos, pecuária de leite e de corte (Gontijo Neto et al., 2014). Nesse sentido, a pesquisa em ILPF nessa região pode viabilizar a recomendação de sistemas que possuem a capacidade de neutralização das emissões de metano pelos bovinos manejados nessa integração, garantindo um ganho ambiental para o produtor e para a sociedade. Além disso, o tempo e o manejo de um sistema ILPF podem possibilitar ao produtor ingressar em Sistema de Certificação de sua produção, atribuindo valor agregado ao seu produto, como a certificação Carne Carbono Neutro (CCN) da Embrapa (Alves et al., 2015). A certificação CCN atesta que os bovinos que deram origem à carne tiveram suas emissões de metano entérico compensadas durante o processo de produção pelo crescimento das árvores no sistema (Alves et al., 2015).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o potencial de neutralização das emissões de metano entérico de bovinos em pasto, pela fixação de CO₂ no componente arbóreo de diferentes modelos para

recuperação de pastagens degradadas no Cerrado de Minas Gerais, com diferentes níveis de investimento tecnológico em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

Aspectos presentes neste trabalho estão, também, relacionados ao alcance de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), voltados à segurança alimentar, ao desenvolvimento econômico e social com meios de produção agropecuária sustentável, ao enfrentamento das mudanças climáticas e à mitigação de processos que levam à degradação dos ambientes rurais. Assim, o presente trabalho pretende contribuir para o atendimento dos ODS 2. “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável”; ODS 12. “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”; e ODS 13. “Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos” (Indicadores..., 2021).

Ambiente de produção

O trabalho foi conduzido na Unidade de Referência Tecnológica (URT) da Fazenda Lagoa dos Currais, latitude 19°00'29,31" S e longitude de 44°17'18,89" O; altitude de 775 m, no município de Curvelo-MG. O clima da região é do tipo Cwa, com estação quente no verão e seca no inverno (Alvares et al., 2014). A precipitação pluvial média anual é de 1.042 mm, e a temperatura média anual é de 22,6 °C (Instituto Nacional de Meteorologia, 2018). A sazonalidade pluvial da região é caracterizada por apresentar três meses do ano secos (junho, julho e agosto). Os meses de maior precipitação pluvial são de outubro a março, quando ocorre por volta de 88% da precipitação pluvial anual (Instituto Nacional de Meteorologia, 2018).

Os sistemas ILPF foram implantados em uma área total de 44 hectares, onde anteriormente havia pastagem em elevado grau de degradação com capim braquiária (*Urochloa decumbens* cv Basilisk). Os renques de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* cv AEC I144) foram plantados em setembro de 2017, no espaçamento de 20 m x 4 m entre linhas e plantas, respectivamente, formando um estande inicial de 125 árvores por hectare. A área foi dividida em quatro piquetes de aproximadamente 11 hectares, onde em cada piquete foi trabalhado o sistema ILPF, com diferentes níveis de investimento tecnológico,

para reforma de pastos degradados. Os sistemas de ILPF foram planejados para um ciclo florestal de 12 anos. Essa data focal marca o período final em que o empréstimo financeiro para estabelecimento do sistema ILPF deverá ser quitado.

O nível de investimento (NI) mínimo foi equivalente ao padrão regional, no qual se aplicam somente calcário, gesso, fosfato e nitrogênio em doses moderadas na renovação de pastagens. Os demais níveis seguiram uma utilização crescente de doses desses insumos, além de potássio e micronutrientes, até alcançar condições que viabilizassem maior intensificação do sistema, com a introdução de sorgo forrageiro (cultivar BRS 658) como componente agrícola no primeiro ano (safra 2017/2018) (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Quantidades de corretivos e fertilizantes aplicadas ao longo das etapas de estabelecimento e manutenção de sistema ILPF com diferentes níveis de investimento tecnológico (NI), até os 30 meses, na URT Lagoa dos Currais.

Etapas	Corretivos, Fertilizantes e Operações	Níveis de Investimento				Data
		NI 1	NI 2	NI 3	NI 4	
		Marandu/Eucalipto Padrão Regional	Marandu/Eucalipto Sistema Melhorado	Sorgo/Mar./Euc. Sistema Intensificado	Sorgo/Mar./Euc. Produção Potencial	
Construção da fertilidade	Calcário dolomítico PRNT 95% (t/ha)	1,1 (V=32%)	1,9 (V=43%)	2,6 (V=53%)	3,8 (V=70%)	Set/2017
	Gesso agrícola (t/ha)	1,1	1,1	1,1	2,0	Set/2017
	P a lanço (kg/ha de NPK 10-50-00 / P ₂ O ₅)	81/40	170/85	170/85	170/85	Out/2017
	K a lanço (kg/ha de cloreto de potássio / K ₂ O)	-	-	80/48	131/79	Out/2017
	Micronutrientes a lanço (kg/ha de FTE BR12)	-	-	-	51	Out/2017
Cultivo de sorgo	P sulco sorgo (kg/ha de NPK 10-50-00 / P ₂ O ₅)	-	-	112/56	138/69	Nov/2017
	N junto ao P lanço + sulco (kg/ha de N)	8+0	17+0	17+11	17+14	Nov/2017
	N em cobertura (kg/ha de ureia / N)	-	87/40	140/64	140/64	Dez/2017
	P após silagem (kg/ha NPK 09-50-00 / P ₂ O ₅)	-	-	-	96/48	Abr/2018
	N junto ao P após silagem (kg/ha de N)	-	-	-	9	Abr/2018
Após corte silagem	N após silagem (kg/ha de ureia / N)	-	-	-	50/30	Abr/2018
	K após silagem (kg/ha cloreto de potássio / K ₂ O)	-	-	98/45	98/45	Abr/2018
	N em cobertura (kg/ha de ureia / N)	95/43	95/43	-	-	Dez/2018
	N em cobertura (kg/ha de ureia / N)	-	-	113/51	113/51	Fev/2019
	N em cobertura (kg/ha de ureia / N)	-	-	-	113/51	Fev/2019
Adubagens de manutenção da pastagem	N em cobertura (kg/ha de ureia / N)	-	100/45	100/45	100/45	Dez/2019
	NPK em cobertura (kg/ha de NPK 10-10-10)	-	-	95	164	Jan/2020
	N em cobertura (kg/ha de ureia / N)	-	-	-	100/45	Fev/2020

Fonte: Resende et al. (2020).

Tabela 2. Quantidades totais de corretivos e nutrientes aplicadas conforme o nível de investimento tecnológico (NI) em sistema ILPF, no período de 09/2017 a 03/2020 (30 meses), Curvelo-MG.

Corretivos e Nutrientes	Níveis de Investimento			
	NI 1	NI 2	NI 3	NI 4
	Marandu/Eucalipto Padrão Regional	Marandu/Eucalipto Sistema Melhorado	Sorgo/Mar./Euc. Sistema Intensificado	Sorgo/Mar./Euc. Produção Potencial
Calcário dolomítico (t/ha)	1,1	1,9	2,6	3,8
Gesso agrícola (t/ha)	1,1	1,1	1,1	2,0
Nitrogênio (kg/ha de N)	51	145	242	357
Fósforo (kg/ha de P ₂ O ₅)	40	85	150	218
Potássio (kg/ha de K ₂ O)	-	-	57	125
Micronutrientes (kg/ha de FTE BR12)	-	-	-	51

Fonte: Resende et al. (2020).

O eucalipto recebeu adubação adicional específica, padronizada para os quatro piquetes, envolvendo distribuição de fertilizante na abertura dos sulcos e em covetas próximas às mudas, além de aplicações em cobertura e em pulverizações foliares. As atividades de plantio, adubação e tratos culturais executadas no eucalipto podem ser consultadas em Campanha et al. (2020). O histórico da área e da composição dos níveis de intensificação e as adubações de manutenção da pastagem podem ser acessados em Resende et al. (2020).

A partir do segundo ano, os piquetes permaneceram com braquiária e eucalipto, e foi introduzido o componente animal nos sistemas. Assim, em 11/12/2018, iniciou-se o período de pastejo, com a distribuição do primeiro lote de novilhas Guzerá nos piquetes, onde foram mantidas até o dia 10/10/19. No segundo ano/ciclo de pastejo, um novo lote de novilhas foi colocado nos piquetes em 20/12/19, sendo pesadas em 26/05/2020 para apuração dos dados de produção animal que compõem a presente análise. As Figuras 1 e 2 mostram o sistema na época das águas e na época seca.

Foto: Miguel Marques Gontijo Neto.



Figura 1. Sistema ILPF em janeiro de 2019, na URT Lagoas dos Currais.

Foto: Miguel Marques Gontijo Neto.



Figura 2. Sistema ILPF em outubro de 2019, na URT Lagoas dos Currais.

Avaliação do crescimento das árvores e projeção para o horizonte de 12 anos

O crescimento das árvores foi avaliado aos 11, 18, 23 e 35 meses após o plantio, em 48 árvores de cada tratamento (quatro amostras aleatórias constituídas de 12 árvores). Foram medidos o diâmetro à altura do peito (DAP), com utilização de suta, e a altura das árvores (H), aos 11 e 18 meses com vara graduada e, aos 23 e 35 meses, com hipsômetro eletrônico. Para o cálculo do volume por planta (m^3 árvore⁻¹) e por hectare (m^3 ha⁻¹), foi ajustada a equação do modelo de Schumacher e Hall (1933), usando dados de clones de eucalipto de regiões de Minas Gerais disponíveis em Oliveira et al. (2009), com a seguinte estatística apresentada na Tabela 3.

$$V (m^3 \text{ árvore}^{-1}) = \text{EXP} (-10,1891 + 1,9424 * \text{LN}(\text{DAP}) + 1,0299 * \text{LN}(\text{Ht})), R^2 = 97,77\% \dots\dots\dots (\text{Eq. 1})$$

Tabela 3. Coeficientes da Equação 1 e estatísticas de erro.

	Coeficientes (B)	Erro Padrão	t (21)	p-level
Intercept	-10.1891	0.133864	-76.1148	0.000000
LN(DAP)	1.9424	0.096595	20.1087	0.000000
LN(H)	1.0299	0.123474	8.3411	0.000000

A análise de variância utilizada para testar a hipótese de igualdade de médias entre os quatro tratamentos teve como base o seguinte modelo estatístico (Eq 2):

$$y_{ijk} = \mu + t_i + a_{(j(i))} + e_{(k(i,j))} \dots\dots\dots (\text{Eq 2})$$

em que μ é a média geral; t_i é o efeito do i -ésimo nível de investimento ($i=1,2,3,4$); $a_{(j(i))}$ é o efeito da j -ésima amostra ($j=1,2,3$) dentro de nível de investimento; e $e_{(k(i,j))}$ é o efeito da k -ésima árvore ($k=1,2,\dots,12$) dentro do nível de investimento, considerado como erro experimental. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Com os dados de DAP e altura, foram projetadas as distribuições de diâmetro para a idade de 12 anos (2030), como data prevista para o corte da madeira, de acordo com o planejamento do produtor. Foi feita a projeção de volume produzido e o rendimento de madeira deste sistema, considerando o diâmetro mínimo de 18 cm para obtenção das peças. A implementação da projeção foi

realizada por meio do software ArvoreFutura (Costa et al., 2021), e a obtenção das peças foi feita pelo software CalcMadeira (Costa et al., 2021).

Em um segundo momento, avaliou-se o potencial de neutralização do metano dos animais pelo carbono sequestrado pelas árvores, seguindo o protocolo para certificação Carne Carbono Neutro (Alves et al., 2015), utilizando o software SisILPF (Oliveira et al., 2018). Para a certificação no CCN, assume-se que apenas 25% do volume de madeira apto para serraria (diâmetro na ponta mais fina acima de 18 cm) deve ser utilizado no cálculo da neutralização de GEEs. Essa premissa garante maior tempo de imobilização do carbono, pois a madeira produzida no sistema ILPF deve ser destinada para produtos de maior valor agregado, como madeira serrada ou roliça, que têm uso em produtos de maior vida útil.

Crescimento e projeções de produção de madeira e fixação de CO₂ das árvores nos sistemas ILPF.

O eucalipto apresentou mesma tendência de crescimento nos diferentes níveis de intensificação (NI), com ligeira superioridade dos valores de altura e DAP para o Nível 4 de intensificação (NI 4). Houve um arranque mais expressivo nas variáveis de diâmetro e altura, a partir dos 23 meses.

Com 23 meses após o plantio, os DAPs variaram entre 9,0 cm (NI 1) e 10,1 cm (NI 4) (Figura 3), e a altura estava entre 7,3 m (NI 1) e 8,0 m (NI 4) (Figura 4), atingindo um volume por árvore entre 0,02 (NI 1, NI 2 e NI 3) e 0,03 m³ (NI 4). Aos 35 meses, o volume por árvore atingiu 0,09 m³ para NI 1, NI 2 e NI 3 e 0,10 m³ para NI 4 (Figura 5). Com maior volume por árvore, os volumes por hectare aumentaram de 2,65 e 3,62 m³, aos 23 meses para NI 1 e NI 4, respectivamente, para alcançar, aos 35 meses, 11,25 e 12,96 m³ para NI 1 e NI 4, respectivamente (Figura 6).



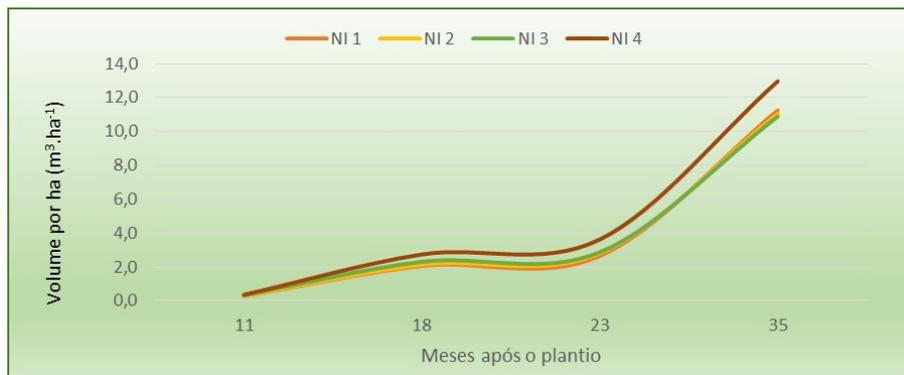
Figuras 3. Evolução do DAP (cm) em função da idade do eucalipto, sob níveis crescentes de investimento tecnológico em sistema ILPF na URT Lagoa dos Currais.



Figuras 4. Evolução da altura (m) das árvores em função da idade do eucalipto, sob níveis crescentes de investimento tecnológico em sistema ILPF na URT Lagoa dos Currais.



Figuras 5. Evolução do volume de madeira por árvore ($\text{m}^3 \text{árvore}^{-1}$) em função da idade do eucalipto, sob níveis crescentes de investimento tecnológico em sistema ILPF na URT Lagoa dos Currais.



Figuras 6. Evolução do volume de madeira por hectare ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) em função da idade do eucalipto, sob níveis crescentes de investimento tecnológico em sistema ILPF na URT Lagoa dos Currais.

A produtividade do eucalipto em ILPF pode ser bastante variável em áreas de Cerrado, pois fatores como disponibilidade de nutrientes e quantidade de chuvas afetam sobremaneira o crescimento das plantas, influenciada também pela densidade das árvores. Foram encontrados, por outros autores, resultados de diâmetro e altura menores (Campanha et al., 2017), e volumes maiores (Oliveira et al., 2015) e menores (Müller et al., 2009; Gontijo Neto et al., 2018; Pezzopane et al., 2020) que aqueles obtidos neste experimento. No caso desta área, houve ainda um ataque de psilídeos (insetos da família Psyllidae) aos 18 meses de idade (julho de 2019), que causou visível redução da área foliar das árvores de eucalipto, o que provavelmente influenciou o seu crescimento. Em dezembro de 2019, na avaliação dos 23 meses de idade, já era possível observar uma recuperação das plantas, com crescimento de folhas novas no ápice, embora ainda pudesse ser visto o dano causado pela praga.

A avaliação dos parâmetros de crescimento mostra que, aos 35 meses de idade, não houve diferença estatística entre eles, nos diferentes níveis de investimento (Figura 7). Com específica adubação de plantio, de cobertura e foliar, feita uniformemente para todas as plantas de eucalipto nos quatro piquetes, o diferente manejo da fertilidade do solo realizado nestas áreas não foi estatisticamente efetivo em proporcionar diferença de crescimento para as árvores do sistema, até os 35 meses após o plantio.

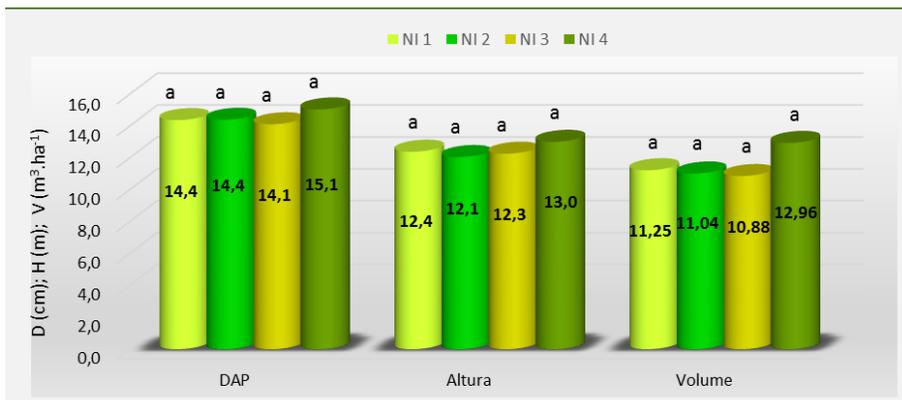


Figura 7. Médias de DAP (D, cm), altura (H, m) e volume das (V , $m^3 \text{ ha}^{-1}$) das árvores de eucalipto aos 35 meses de idade, em sistema ILPF sob níveis crescentes de investimento tecnológico (NI 1 a NI 4) na URT Lagoa dos Currais. Para cada variável, os valores seguidos de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Mesmo sem diferença estatística, o aumento do volume produzido por hectare para o NI 4, cerca de 1,71 m³ em relação ao imediatamente inferior, já garante, a este nível de investimento, maior captura de carbono da atmosfera, proporcionada por esta parte de crescimento arbóreo acima das árvores do NI 1, NI 2 e NI 3. É esperado que as diferenças na produção de madeira entre os níveis de intensificação se acentuem, refletindo em maior produção no piquete com maior nível de aporte de corretivos e fertilizantes, conforme a estimativa de volume projetado para 12 anos de idade (Figura 8).

Estimativas elaboradas pelo software ArvoreFutura mostram que as árvores de eucalipto presentes no NI 4 irão produzir o maior volume por hectare, com 155 m³ por hectare, seguido do NI 2, com 126 m³ por hectare (Figura 8). Provavelmente, o bom desempenho nos primeiros anos de crescimento se refletirá no rendimento de madeira no futuro. Entretanto, para validar as projeções e confirmar diferenças reais de produção, é necessário o monitoramento do crescimento e da produção por meio do inventário florestal contínuo até os 144 meses, pois dados na fase juvenil, como agora, não são os mais indicados para a metodologia utilizada.

As taxas de crescimento e os fatores ambientais, como a variação da disponibilidade de água, a presença de doenças e a adição de nutrientes, interferem no crescimento e irão afetar o desenvolvimento das árvores ao longo de todo o ciclo até o corte. Se tal projeção se confirmar, teremos, com o mesmo número de árvores, um maior potencial de sequestro de carbono no NI 4, em função do seu melhor desenvolvimento, conforme pode ser visto no próximo tópico.

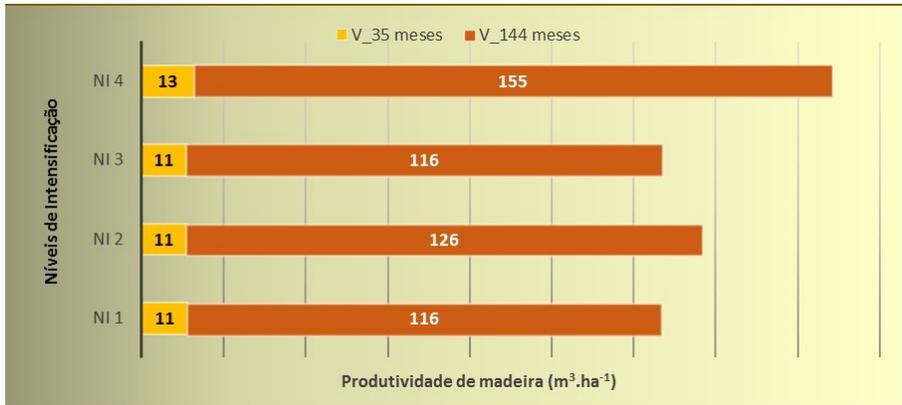


Figura 8. Produção estimada de madeira de eucalipto ($m^3 ha^{-1}$) aos 35 meses (avaliada) e aos 144 meses (projetada), em sistema ILPF sob níveis crescentes (NI 1 a NI 4) de investimento tecnológico na URT Lagoa dos Currais.

A quantidade de CO_2 eq (CO_2 equivalente) sequestrado por estas árvores foi avaliada ao 35º mês de seu crescimento. Para estimar o carbono (C) estocado na biomassa (fuste) do eucalipto, considerou-se uma densidade básica média da madeira de $0,35 Mg m^{-3}$ e um teor de carbono de 49% (Oliveira et al., 2018). Uma tonelada de C equivale a 3,6667 toneladas de CO_2 eq. As estimativas da biomassa do fuste foram obtidas pela multiplicação do volume pela densidade, e este resultado foi multiplicado pelo teor de carbono (Eq 1).

$$Mg CO_2 eq \text{ fixado} = \text{Volume} \times (\text{Dens. Básica: } 0,35) \times (\%C: 0,49) \times (CO_2: 3,66) \dots \dots \dots (\text{Eq. 1}).$$

Com a estimativa do volume de madeira a ser produzido em 12 anos (144 meses de idade, Figura 8), tomando como base os dados de crescimento do eucalipto no ILPF até os 35 meses de idade, pode-se verificar que o potencial de neutralização do carbono nos sistemas ILPF variou entre $3,27 UA ha^{-1} ano^{-1}$, no NI 1, e $4,39 UA ha^{-1} ano^{-1}$ no nível de investimento 4, aumentando o potencial de neutralizar emissões de mais de uma Unidade Animal no NI 4 (Tabela 4).

Tabela 4. Volume de madeira, CO₂ eq fixado nas árvores, emissões de CO₂ eq dos animais em pastejo e potencial de neutralização de carbono pelo sistema ILPF, sob níveis crescentes de investimento tecnológico (NI 1 a NI 4) na URT Lagoa dos Currais.

NIs	Volume aos 35 meses (m ³ ha ⁻¹)	Volume estimado 12 anos ^a (m ³ ha ⁻¹)	CO ₂ eq fixado ha ⁻¹ aos 12 anos (Mg ha ⁻¹)	CO ₂ eq fixado ha ⁻¹ ano ⁻¹ (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Potencial de neutralização ^b (UA ha ⁻¹ ano ⁻¹)
NI 1	11,25	115,6	72,56	6,047	3,27
NI 2	11,04	125,6	78,84	6,570	3,55
NI 3	10,88	116,1	72,87	6,073	3,28
NI 4	12,96	155,4	97,53	8,128	4,39

^a Volumes estimados pelo software *ÁrvoreFutura*; ^b Considerando a emissão de 1,85 t de CO₂ eq por Unidade Animal (UA = 450 kg) por ano (365 dias).

Para as estimativas de potencial de neutralização de emissões de GEE, considerando as premissas para atendimento ao protocolo Carne Carbono Neutro (CCN), onde é considerado apenas o carbono fixado em 25% do volume de madeira dos fustes que apresentam diâmetro acima de 18 cm, o volume de madeira com estas características foi estimado utilizando o aplicativo SisILPF (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativas de volume total e anual de madeira aos 12 anos, com diâmetro acima de 18 cm, quantidade de carbono fixado e potencial de neutralização de emissões entéricas de bovinos, em função dos níveis de intensificação tecnológica (NI), nos sistemas ILPF na URT Fazenda Lagoa dos Currais.

NIs	Volume de madeira aos 12 anos (Ø >18 cm) ^a (m ³ ha ⁻¹)	Volume de madeira útil p/ CCN aos 12 anos ^b (m ³ ha ⁻¹)	CO ₂ eq fixado ha ⁻¹ no volume útil CCN aos 12 anos ^c (Mg ha ⁻¹)	CO ₂ eq fixado ha ⁻¹ ano ⁻¹ (Mg ha ⁻¹)	Potencial de neutralização ^d (UA ha ⁻¹)
NI 1	86,7	21,67	13,60	1,133	0,61
NI 2	86,8	21,65	13,59	1,133	0,61
NI 3	85,7	21,43	13,45	1,121	0,61
NI 4	90,3	22,58	14,17	1,181	0,64

^a Volumes estimados pelo software SisILPF; ^b 25% do volume anual apto para ser serrado; ^c Mg CO₂ eq fixado = Volume x(Dens. Básica: 0,35)x(%C: 0,49)x(CO₂: 3,66); ^d Considerando a emissão de 1,85 t de CO₂ eq por Unidade Animal (UA = 450 kg) por ano (365 dias).

Desempenho animal e emissões entéricas

Para estimativa da produção animal e das emissões de metano entérico pelos animais nas áreas implantadas com os sistemas ILPF, durante os dois ciclos de pastejo, foram utilizadas novilhas Guzerá, com peso médio inicial de 250 kg e idade entre sete e nove meses de idade. Os animais receberam suplementação mineral *ad libitum* no período das águas e suplementação proteico-energética balanceada para o consumo diário de 0,1% do Peso Vivo no período da seca. Foi utilizado o método de pastejo contínuo com ajustes de carga periódicos em função da disponibilidade de forragem nos piquetes e do crescimento das novilhas no período. No caso dos níveis de investimento NI 1 e NI 2 no primeiro ciclo (2018/2019), foi utilizado o pastejo alternado entre os dois piquetes, a fim de permitir a recuperação da oferta de forragem em determinados períodos.

Assim, com base no número e no peso médio dos animais no decorrer de cada período de pastejo foram calculadas as cargas animal (CA), em Unidade Animal por hectare (UA/ha), para cada um dos quatro sistemas.

As emissões de CO₂ eq oriundas do metano entérico dos animais em pastejo foram estimadas considerando uma emissão de 66 kg de CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹ (Embrapa, 2018; Alves et al., 2015) e o potencial de aquecimento do CH₄ igual a 28 vezes o potencial do CO₂ (Myhre et al., 2013), com 1 UA emitindo 1,85 Mg CO₂ eq ano⁻¹. Assim, as estimativas das emissões de metano entérico (Mg de CO₂ eq.), considerando que 1 UA emite 1,85 Mg de CO₂ eq. ano⁻¹ (365 dias), foram calculadas com base na carga animal média e nos dias de ocupação dos piquetes no decorrer do ano para cada ciclo de pastejo (Tabelas 6).

Tabela 6. Carga animal (CA), dias de pastejo e estimativas de emissões entéricas por bovinos, em dois ciclos de pastejo, em função dos níveis de intensificação tecnológica (NI), nos sistemas ILPF na URT Fazenda Lagoa dos Currais.

1º Ciclo de pastejo: 11/12/2018 a 10/10/2019				
Nível de Intensificação	Nº de animais	Nº Dias de pastejo	CA média (UA ha ⁻¹)	Emissões de CO ₂ eq.* (Mg ha ⁻¹)
NI1-Tradiciona	20	146	1,37	1,014
NI2-Melhorado	20	156	1,31	1,036
NI3-Intensificado	20 a 35	281	1,50	2,136
NI4-Potencial	20 a 45	281	1,61	2,293
2º Ciclo de pastejo: 20/12/2019 a 06/10/2020				
NI1-Tradiciona	10-15	291	0,76	1,121
NI2-Melhorado	10-18	291	0,79	1,165
NI3-Intensificado	10-25	291	1,09	1,608
NI4-Potencial	10-27	299	1,17	1,773

^a considerando a emissão de 1,85 t de CO₂eq. por Unidade Animal (UA = 450 kg) por ano (365 dias).

Balanco de GEEs nos sistemas ILPF

Para avaliar a capacidade das árvores dos sistemas ILPF em neutralizar o carbono emitido por bovinos adultos, foram estimadas as quantidades anuais de CO₂ eq (CO₂ equivalente) sequestrado por estas árvores aos 12 anos de idade e, posteriormente, subtraídas as emissões de metano entérico dos animais em pastejo. O balanço de neutralização de GEE pelo fuste das árvores nos sistemas ILPF será realizado considerando o volume total de madeira do fuste e o volume de madeira útil para serraria segundo o protocolo CCN para os dois ciclos/anos de pastejo (Tabela 7).

Os dados mostram que as árvores de eucalipto, na densidade utilizada nos sistemas ILPF (125 árvores ha⁻¹), capturaram carbono suficiente para neutralizar a emissão de carbono do componente animal e ainda proporcionar uma sobra, que poderia ser utilizada para neutralizar outras emissões oriundas do sistema, como aquelas derivadas do uso de fertilizantes nitrogenados, excretas dos bovinos, como um potencial aumento do número de unidades animais “neutralizáveis”, ou até mesmo outras emissões da fazenda como um todo

Tabela 7. Balanço de neutralização de GEE pelo fuste das árvores nos sistemas ILPF, considerando o volume total de madeira do fuste e o volume de madeira útil para serraria segundo o protocolo CCN para os dois ciclos/anos de pastejo na URT Lagoa dos Currais.

1º Ciclo de pastejo					
NIs	Emissões de CO ₂ eq por bovinos (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Volume total do Fuste		Volume útil CCN	
		CO ₂ eq fixado (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Δ CO ₂ eq (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	CO ₂ eq fixado (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Δ CO ₂ eq (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
NI 1	1,014	6,047	+ 5,033	1,133	+ 0,119
NI 2	1,036	6,570	+ 4,534	1,133	+ 0,097
NI 3	2,136	6,073	+ 3,937	1,121	- 1,015
NI 4	2,293	8,128	+ 5,835	1,181	- 1,112
2º Ciclo de pastejo					
NI 1	1,121	6,047	+ 4,926	1,133	+ 0,012
NI 2	1,165	6,570	+ 5,405	1,133	- 0,032
NI 3	1,608	6,073	+ 4,465	1,121	- 0,487
NI 4	1,773	8,128	+ 6,355	1,181	- 0,592

Utilizando os dados de emissão de metano entérico dos animais que utilizaram o pasto no período de até 35 meses (Tabela 3), verifica-se um saldo positivo de carbono sequestrado no ILPF aos 12 anos, em todos os níveis de investimento, quando utilizado o carbono fixado no volume total do fuste das árvores. Entretanto, quando considerada a fixação de C pelo fuste seguindo as premissas definidas pelo protocolo CCN, apenas nos níveis de investimento tecnológicos mais baixos (NI 1 e NI 2) o balanço dos GEEs foi positivo ou neutro, indicando que para atingir a neutralização total em sistemas mais intensificados seria necessária a inserção de mais árvores por hectare no sistema. A neutralização da emissão de metano com utilização de eucalipto

em ILPF também foi observada em outros estudos (Campanha et al., 2017; Ferreira et al., 2020; Silva et al., 2021).

Destaca-se que as árvores do ILPF ainda são jovens, mas a expectativa é que a diferença entre os sistemas permaneça com novas estimativas feitas no futuro.

Considerações finais

As estimativas de produtividade do componente arbóreo aos 12 anos de idade mostram que o sistema ILPF implantado na região do Cerrado, com arranjo espacial com densidade de 125 árvores de eucalipto por hectare, em fileiras simples no espaçamento 20 x 4 m, é capaz de sequestrar carbono no fuste das árvores suficiente para permitir a neutralização do metano entérico produzido pelos animais em pastejo, com o potencial de neutralização médio de 3,6 UA $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, em 12 anos. Assim, a utilização de sistemas silvipastoris, com renques de eucalipto em pastagens, pode ser recomendada visando a neutralização das emissões de metano entérico por bovinos em pastejo no Cerrado, além de apresentar benefícios ambientais, contribuindo para o conforto animal, a diversificação da produção e o aumento de renda na atividade rural.

Com mesma densidade de árvores nos sistemas ILPF avaliados com diferentes tecnologias de manejo da fertilidade do solo, há a expectativa de maior produção aos 12 anos nos tratamentos com maior nível de investimento, o que se refletiu em maiores capacidades de correção e adubação do solo. A melhoria do potencial produtivo se daria nos diferentes componentes do sistema: pastagem, grãos e eucalipto. E maior produção do eucalipto se refletirá em maior sequestro de carbono da atmosfera e maior potencial de neutralização da emissão de metano dos bovinos, como pode ser vista a diferença entre NI 1, com potencial de neutralização de 3,27 UA $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, em 12 anos, e 4,39 UA por $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, em NI 4.

A intensificação de sistemas pecuários com componente florestal, em ILPF, aumenta ainda as perspectivas de incentivos por serviços ambientais e por produtos certificados, como a Carne Carbono Neutro. No presente trabalho, considerando as premissas do protocolo CCN, a densidade de árvores utili-

zada nos sistemas ILPF pode ser recomendada apenas para sistemas menos intensivos de manejo das pastagens. Para sistemas mais intensificados, uma das alternativas seria aumentar-se a densidade de árvores por hectare.

Informações adicionais sobre programa de certificação Carne Carbono Neutro podem ser obtidas no link: <http://ranimal.cnabrazil.org.br/>

Agradecimentos

Aos sócios proprietários da Fazenda Lagoa dos Currais, Gustavo Pitangui de Salvo, Antônio Pitangui de Salvo, Joaquim Martino Ferreira e Alberto Francisco Gonçalves de Freitas, pela cessão de área, disponibilização dos animais para compor o sistema ILPF e implantação da URT, com apoio irrestrito aos trabalhos lá realizados. Aos funcionários da Fazenda Lagoa dos Currais, pelo auxílio na condução da URT. À Associação Rede ILPF, pelo fomento ao projeto “Conversão de pastagem degradada em ambientes de produção intensiva (ILPF) na região central de MG”, e à Embrapa, pelo suporte financeiro e operacional vinculados ao projeto SEG 20.18.03.015.00 – “Estratégia ILPF para inovação agropecuária na região do Cerrado Mineiro e áreas limítrofes”.

Referências

- ALBUQUERQUE, I.; ALENCAR, A.; ANGELO, C.; AZEVEDO, T.; BARCELLOS, F.; COLUNA, I.; COSTA JÚNIOR, C.; CREMER, M.; PIATTO, M.; POTENZA, R.; QUINTANA, G.; SHIMBO, J.; TSAI, D.; ZIMBRES, B. **SEEG 8 - Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. [S.l.]: Observatório do Clima, 2020. 40 p. Disponível em: https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2020/12/OC_RelatorioSEEG2020_final.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A. **Carne carbono neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos**. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2015. 32 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 210).

BATISTA, E. L. S.; SOARES FILHO, B. S.; RAJÃO, R. G.; BARBOSA, F. A.; NUNES, F. S. M.; DAVIS, J. L.; COSTA, W. L. S.; OLIVEIRA, A. R.; MACHADO, L. A.; RODRIGUES, H. O.; LEITÃO, R. F. M.; FIGUEIRA, D. S.; DIAS, F.; RIBEIRO, F.; ASSIS, D. C. A. **Cenários para intensificação da bovinocultura de corte brasileira**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2020. 65 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Plano ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, A. V. de; SIMÃO, E. de P.; BORGHI, E.; OLIVEIRA, A. C. de; KÁLITA, L. **Intensificação agropecuária no Cerrado: crescimento do eucalipto em ILPF sob diferentes níveis de investimento tecnológico**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 28 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 266).

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; GONTIJO NETO, M. M. **Crescimento, estoque de carbono e agregação de valor em árvores de eucalipto em um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no cerrado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017. 24 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 157).

COSTA, T. C. e C. da; CAMPANHA, M. M.; FRANÇA, L. F. M. CalcMadeira: sistema para estimativa de peças de madeira roliça e serrada. In: OLIVEIRA, E. B.; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: 40 anos de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 885-906.

EMBRAPA. **Rede Pecus**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2018. Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/redepecus>. Acesso em: 10 ago. 2021.

FERREIRA, A. D.; LAURA, V. A.; ARAÚJO, A. R. de; ALMEIDA, R. G. de; MACEDO, M. C. M.; BUNGENSTAB, D. J.; NASCIMENTO, L. S. do. Potencial de serviços ambientais com uso de eucalipto em sistemas de produção integrados. In: SOTTA, E. D.; SAMPAIO, F. G.; COSTA, M. de S. N. (org.). **Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: SENAR, 2020. p. 116.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; SICHIERI, F. Integração lavoura-pecuária-floresta como estratégia para aumentar a produtividade e prover serviços ambientais no noroeste do Paraná. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 266-270.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; SIMÃO, E. de P.; ALMEIDA, R. G. de; ALVES, F. V.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. **Mitigação de gases de efeito estufa em sistema de Integração Pecuária-Floresta e potencial de produção de Carne Carbono Neutro**: Fazenda Lagoa dos Currais, Curvelo-MG. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 230).

GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, E. A. dos; SIMÃO, E. de P.; CAMPANHA, M. M. Sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Minas Gerais. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 2, p. 183-191, 2014.

INDICADORES brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>. Acesso em: 16 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos climatológicos (1931-1960 e 1961-1990)**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.in-met.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>. Acesso em: 9 set. 2018.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): experiências no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014.

MANZATTO, C. V.; ARAÚJO, L. S. de; ASSAD, E. D.; SAMPAIO, F. G.; SOTTA, E. D.; VICENTE, L. E.; PEREIRA, S. E. M.; LOEBMANN, D. G. dos S. W.; VICENTE, A. K. **Mitigação das emissões de gases de efeitos estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC**: estimativas parciais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. 35 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 122).

MANZATTO, C. V.; SKORUPA, L. A.; ARAÚJO, L. S. de; VICENTE, L. E.; ASSAD, E. D. Estimativas de redução de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas ILPF no Brasil. In: SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 400-424.

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**, v. 60, p. 11-17, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4336/2009.pfb.60.11>.

MYHRE, G.; SHINDELL, D.; BRÉON, F. M.; COLLINS, W.; FUGLESTVEDT, J.; HUANG, J.; KOCH, D.; LAMARQUE, J. F.; LEE, D.; MENDOZA, B.; NAKAJIMA, T.; ROBOCK, A.; STEPHENS, G.; TAKEMURA, T.; ZHANG, H. Anthropogenic and natural radiative forcing. In: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (ed.). **Climate Change 2013**: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. p. 659-740. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

OLIVEIRA, E. B. de; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; RIBASKI, J. SisILPF: software para simulação do crescimento, produção, metano e manejo do componente florestal em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018, Ribeirão Preto. **Anais**. Brasília, DF: Embrapa; Colombo: Embrapa Florestas, 2018. p. 127-133.

OLIVEIRA, F. L. R.; CABACINHA, C. D.; SANTOS, L. D. T.; BARROSO, D. G.; SANTOS JÚNIOR, A.; BRANT, M. C.; SAMPAIO, R. A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 227-233, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201521021489>.

OLIVEIRA, M. L. R.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R.; CAMPOS, J. C. C. SOARES, C. P. B.; SANTANA, R. C. Estimação do volume de árvores de clones de eucalipto pelo método da similaridade de perfis. R. **Árvore**, v. 33, n. 1, p. 133-141, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000100014>.

PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; BERNARDI, A. C. de C.; MULLER, M. D.; OLIVEIRA, P. P. A. Biomassa e estoque de carbono em árvores de eucalipto em sistemas integrados de produção pecuária. In: SOTTA, E. D.; SAMPAIO, F. G.; COSTA, M. de S. N. (org.). **Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: SENAR, 2020. p. 112-113.

RESENDE, A. V. de; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; SIMÃO, E. de P.; GIEHL, J.; ABREU, S. C.; HURTADO, S. M. C.; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; MARRIEL, I. E.; VASCONCELLOS, J. H.; SANTANA, D. P.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M. **Intensificação agropecuária no Cerrado**: construção da fertilidade do solo como base para aumento do potencial produtivo e convivência com a seca. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 56 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 265).

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

SILVA, A. R.; RODRIGUES FILHO, J. A.; CARVALHO, E. J. M.; SANTIAGO, A. V.; VELOSO, C. A. C.; MARTINEZ, G. B. Estoque de carbono e mitigação de metano produzido por bovinos em sistema integração pecuária-floresta (IPF) com eucalipto no Sudeste Paraense. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 39997-40016, Apr. 2021.

SOUZA, M. N.; OLIVEIRA, P. P. A.; BERNDT, A.; SOTTA, E. D.; CRESPOLINI, M.; MARZALL, K.; SAMPAIO, F. G. Avaliação dos fatores de emissão e remoção de grandes ruminantes e a sua integração com a política agropecuária do Brasil. In: SOTTA, E. D.; SAMPAIO, F. G.; COSTA, M. de S. N. (org.). **Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: SENAR, 2020. p. 40-47.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; FRAISSE, C. W.; SOARES, C. P. B.; CASTRO NETO, F.; FERREIRA, L. R.; ZANUNCIO, J. C.; LEMES, P. G. Greenhouse gas emissions and carbon sequestration by agroforestry systems in southeastern Brazil. **Scientific Reports**, v. 7, 16738, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16821-4>.

Literatura Recomendada

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; SICHIERI, F. R.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Yield of soybean, pasture and wood in integrated crop-livestock-forest system in Northwestern Paraná state, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5, p. 1006-1013, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500016>.



Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
Publicação digital (2021)

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e
Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Álvaro Vilela de Resende

CGPE 017019