

# 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



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**DOCUMENTOS 230**

**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**

Miguel Marques Gontijo Neto  
Emerson Borghi  
Álvaro Vilela de Resende  
Monica Matoso Campanha  
Thomaz Correa Castro da Costa  
Eduardo de Paula Simão  
Roberto Giolo de Almeida  
Fabiana Villa Alves  
Vanderley Porfírio-da-Silva

**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](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente  
*Sidney Netto Parentoni*

Secretário-Executivo  
*Elena Charlotte Landau*

Membros  
*Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria  
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone,  
Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda  
de Castro*

Revisão de texto  
*Antonio Claudio da Silva Barros*

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

Tratamento das ilustrações  
*Tânia Mara Assunção Barbosa*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Tânia Mara Assunção Barbosa*

Foto da capa  
*Miguel Marques Gontijo Neto*

**1ª edição**  
*Formato digital (2018)*

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Milho e Sorgo

---

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 / Miguel Marques Gontijo Neto ... [et al.]. – Sete Lagoas:  
Embrapa Milho e Sorgo, 2018.  
17 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 230).

1. Pecuária sustentável. 2. Validação. 3. Metano. 4. Sistema de produção. I.  
Gontijo Neto, Miguel Marques. II. Borghi, Emerson. III. Resende, Álvaro Vilela de.  
IV. Campanha, Mônica Matoso. V. Costa, Thomaz Correa Castro da. VI. Simão,  
Eduardo de Paula. VII. Almeida, Roberto Giolo de. VIII. Alves, Fabiana Villa. IX.  
Porfirio-da-Silva, Vanderley. X. Série.

CDD 636 (21. ed.)

## Autores

### **Miguel Marques Gontijo Neto**

Eng.-Agrôn., D. Sc., Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

### **Emerson Borghi**

Eng.-Agrôn., D. Sc., Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

### **Álvaro Vilela de Resende**

Eng.-Agrôn., D. Sc., Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

### **Mônica Matoso Campanha**

Eng.-Agrôn., D. Sc., Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

### **Thomaz Correa Castro da Costa**

Eng.-Florestal, D. Sc., Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

### **Eduardo de Paula Simão**

Eng.-Agrôn., M.Sc., Doutorando em Fitotecnia na UFV.

### **Roberto Giolo de Almeida**

Eng.-Agrôn., D.Sc., Pesquisador da Embrapa Gado de Corte.

### **Fabiana Vila Alves**

Zootecnista, D.Sc., Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte.

### **Valdemir Antônio Laura**

Eng.-Agrôn., D.Sc., Pesquisador da Embrapa Gado de Corte.

### **Vanderley Porfírio-da-Silva**

Eng.-Agrôn., D.Sc., Pesquisador da Embrapa Florestas.

## Apresentação

Os sistemas de produção agropecuários modernos devem se embasar na intensificação sustentável, buscando ganhos de produtividade, com uso eficiente dos insumos e dos recursos naturais disponíveis, mas também atendendo as demandas do mercado consumidor quanto aos aspectos sociais e ambientais do processo produtivo.

Os sistemas silvipastoris, com a introdução do componente arbóreo em pastagens, se apresentam como a alternativa de produção pecuária mais sustentável, especialmente quanto à conformidade ambiental, considerando que a captura de carbono para o crescimento das árvores pode compensar o metano entérico emitido pelo rebanho bovino.

Neste sentido, a presente publicação descreve um estudo de caso associado com a validação de protocolo a ser utilizado na implementação da marca-conceito Carne Carbono Neutro (CCN), desenvolvida pela Embrapa e por parceiros privados. Este conceito visa a agregação de valor à carne bovina, apresentando alto potencial de sucesso, com impacto na sustentabilidade e na promoção qualitativa da pecuária de corte brasileira.

*Antônio Álvaro Corsetti Purcino*  
Chefe-geral

## Sumário

Introdução e objetivo .....	06
Caracterização das áreas Silvistoril (IPF) e Pleno Sol (PS).....	06
Disponibilidade de forragem nas pastagens .....	08
Desempenho animal e estimativa de emissões de metano entérico .....	09
Incremento florestal e fixação de CO <sub>2</sub> .....	12
Mitigação de CO <sub>2</sub> eq. no sistema IPF.....	14
Conclusões .....	16
Equipe executora .....	16
Agradecimentos .....	17
Referências .....	17

## Introdução e objetivo

O uso de sistemas em Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) para produção agrícola e pecuária é realidade no Brasil. Entre suas vantagens estão a intensificação sustentável do uso da terra, a diversificação da produção, a conservação do solo, o melhor uso dos recursos naturais e dos insumos, a redução da pressão pela abertura de novas áreas (efeito poupa-terra), o bem-estar animal, o sequestro de carbono, a mitigação das emissões de gases, entre outras.

Dentre os relevantes benefícios auferidos por meio de implantação de sistemas integrados de produção, podemos destacar a possibilidade de neutralização de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) por meio do plantio de árvores. O princípio básico da neutralização de carbono é o de sequestro e fixação de carbono na biomassa das plantas, através do processo de fotossíntese e crescimento vegetal.

Com esse enfoque e na vanguarda do conhecimento e da sustentabilidade, a Embrapa idealizou a marca-conceito Carne Carbono Neutro (CCN), que visa atestar, por meio de um protocolo parametrizável e auditável, que a produção de carne bovina em sistemas de integração do tipo silvipastoril (pecuária-floresta, IPF) ou agrossilvipastoril (lavoura-pecuária-floresta, ILPF) proporciona a neutralização das emissões de metano entérico dos animais em pastejo e, também, conforto térmico para esses animais. Para tanto, se faz necessário validar o protocolo de produção de carne com neutralização das emissões de metano entérico que também incorpora diretrizes para o adequado manejo da pastagem e para produção de carne de qualidade (Protocolo CCN) (Alves et al., 2015), em propriedades comerciais em diferentes regiões do Brasil, representativas da pecuária bovina brasileira.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o potencial de neutralização das emissões de metano entérico de bovinos pela fixação de CO<sub>2</sub> no componente arbóreo de um sistema de Integração Pecuária-Floresta (IPF), por meio da aplicação do protocolo de produção de Carne Carbono Neutro (CCN), na Fazenda Lagoa dos Currais, município de Curvelo-MG.

## Caracterização das áreas Silvipastoril (IPF) e Pleno Sol (PS)

O trabalho foi conduzido na Fazenda Lagoa dos Currais, em Curvelo-MG, latitude de 18°45'23" S e longitude de 44°25'51" W, altitude de 672 m. O clima da região é do tipo Cwa com estação quente no verão e seca no inverno (Köppen, 1936 citado por 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 cerca de 88% da precipitação pluvial anual (Instituto Nacional de Meteorologia, 2018).

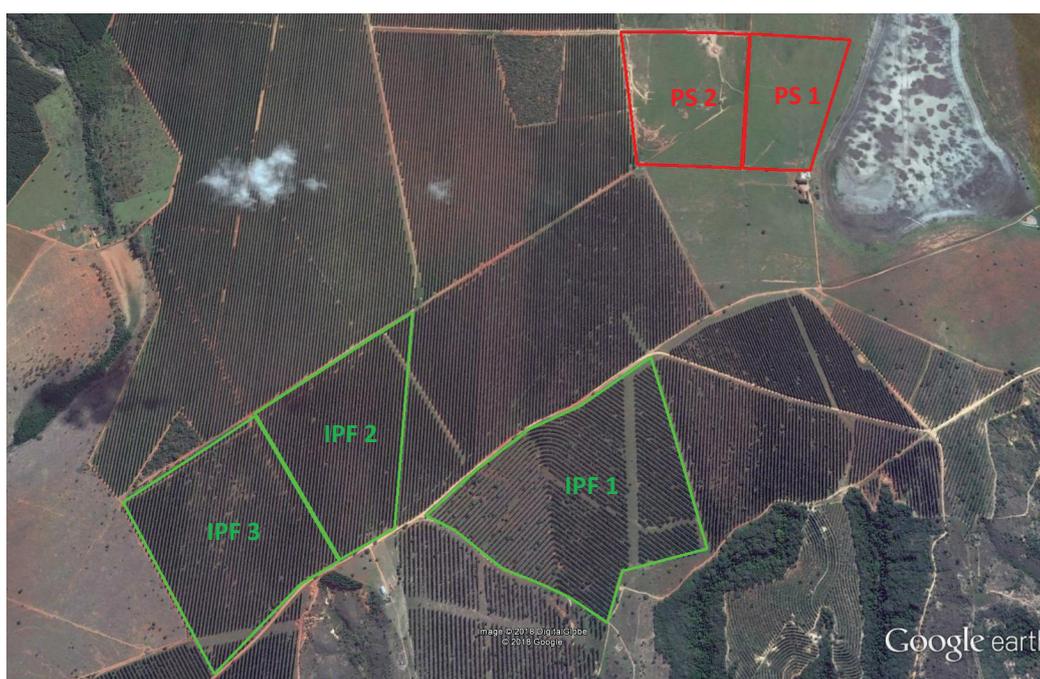
A ocorrência de chuvas na Fazenda Lagoa dos Currais, durante o período de avaliação do sistema IPF e validação do protocolo CCN, é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Precipitação pluvial média na Fazenda Lagoa dos Currais, no período de janeiro de 2017 a junho de 2018.

Mês	Precipitação Pluvial (mm)	Dias de chuva
Junho/2017	35	3
Julho/2017	-	-
Agosto/2017	-	-
Setembro/2017	-	-
Outubro/2017	46	4
Novembro/2017	227	11
Dezembro/2017	107	8
Janeiro/2018	147	9
Fevereiro/2018	284	11
Março/2018	107	5
Abril/2018	5	1
Mai/2018	10	1
Junho/2018	-	-
Total anual	968	53

### Área dos piquetes e arranjo espacial das árvores

Para as avaliações do sistema IPF, validando o sistema CCN, e do modelo regional com pastagem a pleno sol (PS) foram utilizados cinco piquetes. O sistema IPF utilizou três piquetes (linhas de eucalipto em pastagem de braquiária espaçados de 12 ou 15 m entre fileiras) com áreas de 45,67; 27,87 e 28,79 ha, totalizando 102,33 ha, enquanto para o sistema PS foram utilizados dois piquetes, com áreas de 21,36 e 28,76 ha, totalizando 50,12 ha (Figura 1).

**Figura 1.** Imagem de satélite da Fazenda Lagoa dos Currais, com destaque nas glebas com sistemas IPF, utilizadas na validação do protocolo Carne Carbono Neutro, e com pastagem a pleno sol (PS).

## Características do solo

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distroférico argiloso, com os atributos químicos (0-25 cm) especificados na Tabela 2. As condições gerais de fertilidade das áreas são representativas das fazendas de pecuária da região.

**Tabela 2.** Atributos químicos dos solos dos piquetes da Fazenda Lagoa dos Currais com sistemas IPF utilizados na validação do protocolo Carne Carbono Neutro (IPF) e pastagem a pleno sol (PS). Curvelo-MG.

Áreas	Prof. (cm)	pH <sub>água</sub>	M.O <sup>1</sup> . (dag kg <sup>-1</sup> )	P <sup>2</sup> -- (mg dm <sup>-3</sup> ) --	K	Ca	Mg	H+Al ----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----	SB	CTC <sup>3</sup> -----	V (%)
IPF 1	0 - 25	5,3	2,6	2,5	0,2	1,8	1,5	2,6	3,5	6,1	57
IPF 2	0 - 25	5,0	2,5	2,3	0,1	1,7	1,2	3,2	3,0	6,2	48
IPF 3	0 - 25	5,1	3,1	3,0	0,1	2,1	1,4	3,4	3,6	7,0	51
PS 1	0 - 25	4,5	3,5	3,0	0,2	0,9	0,5	4,1	1,6	5,7	28
PS 2	0 - 25	4,7	2,4	3,0	0,2	1,4	0,1	3,6	1,7	5,3	32

<sup>1</sup>MO = matéria orgânica, <sup>2</sup>P-Resina, <sup>3</sup>CTC: a pH 7.0.

As estimativas do estoque de carbono no solo das áreas avaliadas com os sistemas IPF e PS encontram-se dispostas na Tabela 3. A partir dessas informações foram estimadas as quantidades de CO<sub>2</sub> equivalente retidas no solo das áreas com os sistemas IPF e PS.

**Tabela 3.** Teores de Carbono Orgânico Total (COT), densidade aparente (Ds) na camada de 0-25 cm, espessura da camada avaliada, estimativa do estoque de carbono e estoque de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq) por hectare nos piquetes com integração Pecuária-Floresta (IPF) e pastagem a pleno sol (PS). Curvelo-MG.

Área	COT (g kg <sup>-1</sup> )	Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	Espessura (cm)	Estoque de C (Mg ha <sup>-1</sup> )	Est. de CO <sub>2</sub> eq* (Mg ha <sup>-1</sup> )
IPF 1	20,3	1,11	25,0	56,33	206,55
IPF 2	13,6	1,26	25,0	42,81	156,97
IPF 3	15,5	1,07	25,0	41,50	152,17
PS 1	14,7	1,16	25,0	42,78	156,85
PS 2	18,2	1,02	25,0	46,18	169,34

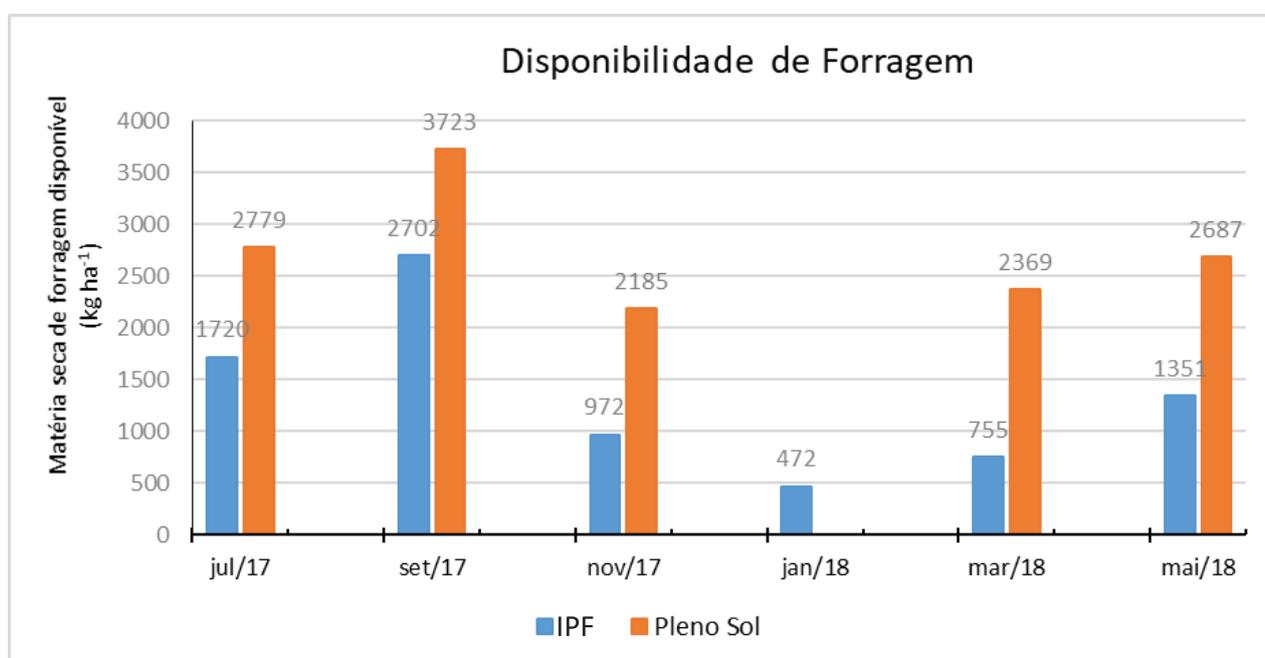
\* Estoque de C x 3,6667

## Disponibilidade de forragem nas pastagens

A Fazenda Lagoa dos Currais foi adquirida pelos atuais proprietários em 2011. As pastagens, inclusive as utilizadas neste estudo, são formadas predominantemente com capim braquiarião (*Urochloa brizantha* cv Marandú), apresentando níveis de degradação de moderado a forte.

Na Figura 2 encontram-se os valores de forragem disponível nos piquetes estabelecidos em sistema a pleno sol e pastagem consorciada com eucalipto (IPF), avaliados para validação do protocolo. Ressalta-se que os dados dos meses de julho/2017, setembro/2017, novembro/2017, janeiro/2018, março/2018 e maio/2018 referem-se às produtividades médias de matéria seca de forragem disponível na entrada dos animais nos piquetes. Por ocasião da definição das áreas para avaliação dos componentes vegetal e animal, foram separados três piquetes em IPF e dois piquetes a pleno sol. Para o cálculo da disponibilidade de forragem, utilizaram-se os valores obtidos de cada piquete e foi calculada a média para cada sistema.

Em todas as épocas avaliadas, a forragem disponível para os animais foi maior na pastagem a pleno sol. Comparativamente ao sistema com eucalipto (IPF), a forragem disponível a pleno sol foi superior em 38, 27, 56, 68 e 50%, respectivamente, nos meses de julho/2017, setembro/2017, novembro/2017, março/2018 e maio/2018. No mês de janeiro/2018, não foi possível a avaliação da disponibilidade de forragem no sistema de pastagem a pleno sol em decorrência do deslocamento dos animais antes da avaliação da forragem.



**Figura 2.** Matéria seca de forragem disponível no momento da entrada dos animais nos piquetes estabelecidos a pleno sol (PS) e no sistema de eucalipto consorciado com braquiária (IPF) para validação do protocolo CCN. Curvelo-MG. (Obs. Não houve avaliação do piquete a Pleno Sol em janeiro/18)

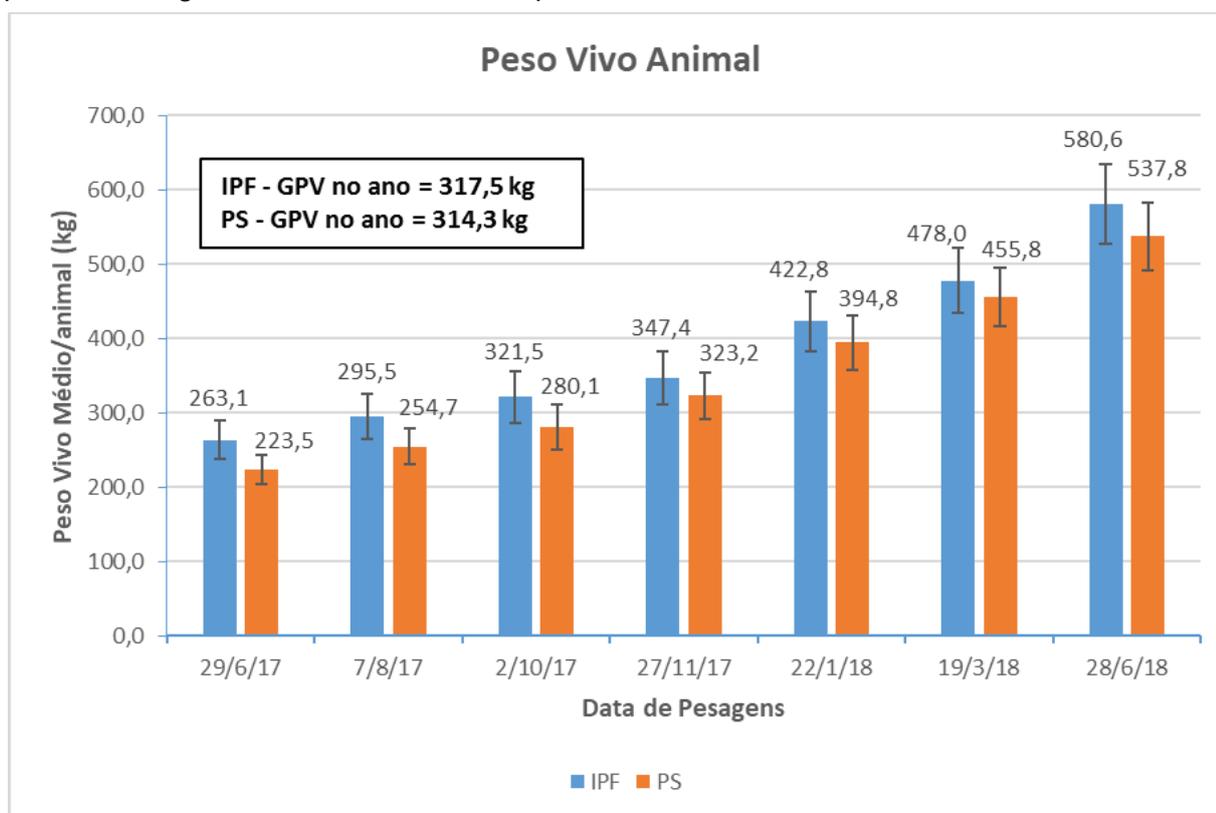
## Desempenho animal e estimativa de emissões de metano entérico

### Avaliações do desempenho animal

Para a validação do protocolo de produção de Carne Carbono Neutro (CCN), foram utilizados 81 bovinos machos da raça Guzerá, com idade inicial de 7 a 8 meses, distribuídos em dois sistemas de produção: sistema IPF/ CCN (54 animais) e sistema pastagem solteira/ PS (27 animais). Durante o período de avaliação, dois animais do lote CCN tiveram morte acidental, perfazendo 52 animais ao final do experimento.

As avaliações dos sistemas IPF e PS tiveram início em 29/06/2017 com a pesagem dos animais, após jejum de 12 horas, apartação dos lotes e entrada nos respectivos piquetes. O peso vivo médio inicial dos animais do sistema IPF foi de  $263,1 \pm 26,1$  kg, enquanto no sistema PS foi de  $223,5 \pm 19,9$  kg (Figura 3).

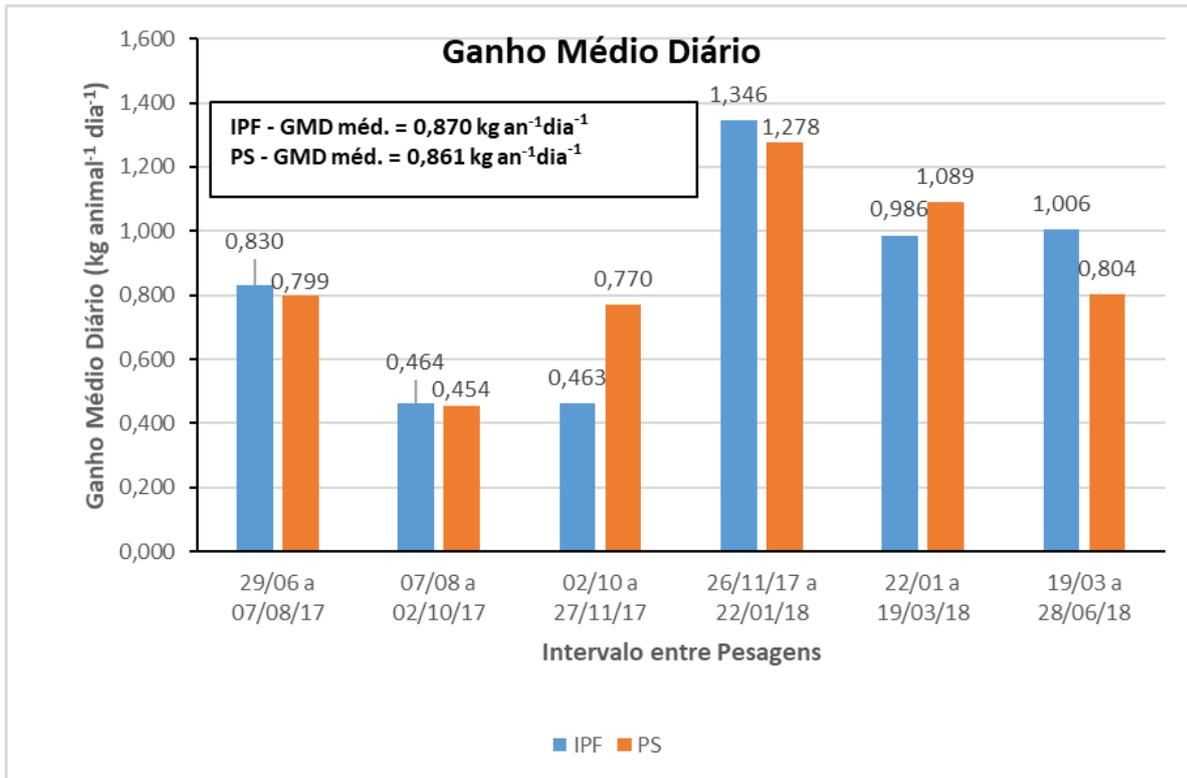
As pesagens dos animais foram realizadas em 7 ocasiões durante o ano. A evolução do peso vivo animal (PVA) no período avaliado está apresentada na Figura 3, sendo que os pesos médios dos animais ao final de um ano de monitoramento foram de  $580,6 \pm 53,2$  kg e  $537,8 \pm 45,4$  kg para os lotes IPF e PS, respectivamente. Portanto, houve ganho médio de peso vivo animal (GPV) de 317,5 kg para o lote IPF e de 314,3 kg para o lote PS no período. Cabe destacar que, durante todo o período de avaliação, os animais dos dois lotes receberam diariamente suplementação concentrada proteico-energética na base de 1,2% do peso vivo.



**Figura 3.** Evolução do peso vivo médio dos animais nos sistemas IPF e PS ao longo do período de avaliação.

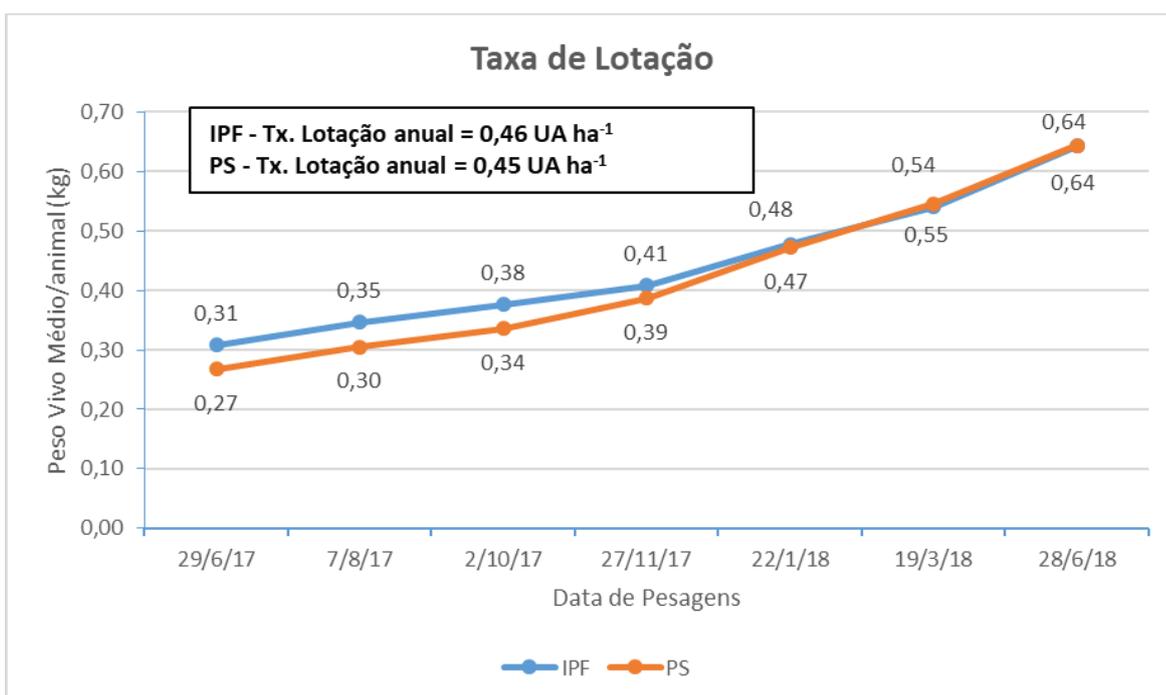
Os Ganhos de Peso Médio Diário (GMD) dos animais no período avaliado foram de 0,870 e 0,861 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para os sistemas IPF e PS, respectivamente (Figura 4). Verificaram-se diferenças no desempenho animal entre os intervalos de pesagem, com menores GMD no período da seca na região (entre 07/08 a 02/10/17) e maiores GMD no período de chuvas (entre 26/11/17 a 22/01/18) para ambos os sistemas.

Mesmo com a suplementação proteico-energética fornecida aos animais, as variações no GMD observadas no período do estudo foram afetadas pela variação na oferta e qualidade de forragem disponível nas pastagens. Neste sentido, a maior disponibilidade de forragem na pastagem PS em nov/17 (Figura 2) pode justificar o maior GMD dos animais nesse sistema, em relação ao IPF, nesta mesma época (Figura 4).



**Figura 4.** Ganho Médio Diário (GMD) de peso dos animais avaliados nos sistemas IPF e PS ao longo do período de monitoramento.

As taxas de lotação animal (TL) nas pastagens dos sistemas IPF e PS aumentaram no decorrer do tempo em função do ganho de peso dos animais (Figura 5). Considerando que uma unidade animal (UA) equivale a um bovino adulto com peso vivo de 450 kg, as TLs médias do período avaliado foram de 0,46 e 0,45 UA ha<sup>-1</sup> para os sistemas IPF e PS, sendo que essas partiram de 0,31 (IPF) e 0,27 (PS) UA ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e finalizaram o período de um ano com 0,64 UA ha<sup>-1</sup> em ambos os sistemas.



**Figura 5.** Evolução das Taxas de Lotação animal nos sistemas IPF e PS no decorrer do período de monitoramento.

## Emissões de metano entérico

As emissões de CO<sub>2</sub>eq oriundos do metano entérico dos animais foram estimadas considerando uma emissão de 66 kg de CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Embrapa, 2018; Alves et al., 2015) e o potencial de aquecimento do CH<sub>4</sub> igual a 28 vezes o potencial do CO<sub>2</sub> (Myhre et al., 2013). Assim, 1 UA emite 1,85 Mg CO<sub>2</sub>eq ano<sup>-1</sup>. Desta forma, com base na evolução das taxas de lotação durante o período avaliado, foram estimadas, para cada época de pesagem dos animais, a taxa diária de emissão de CO<sub>2</sub>eq por hectare para cada sistema de produção e também as emissões de CO<sub>2</sub>eq acumuladas no decorrer do período (Figura 6). As emissões acumuladas resultaram em 0,8494 e 0,8231 Mg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para os sistemas IPF e PS, respectivamente.

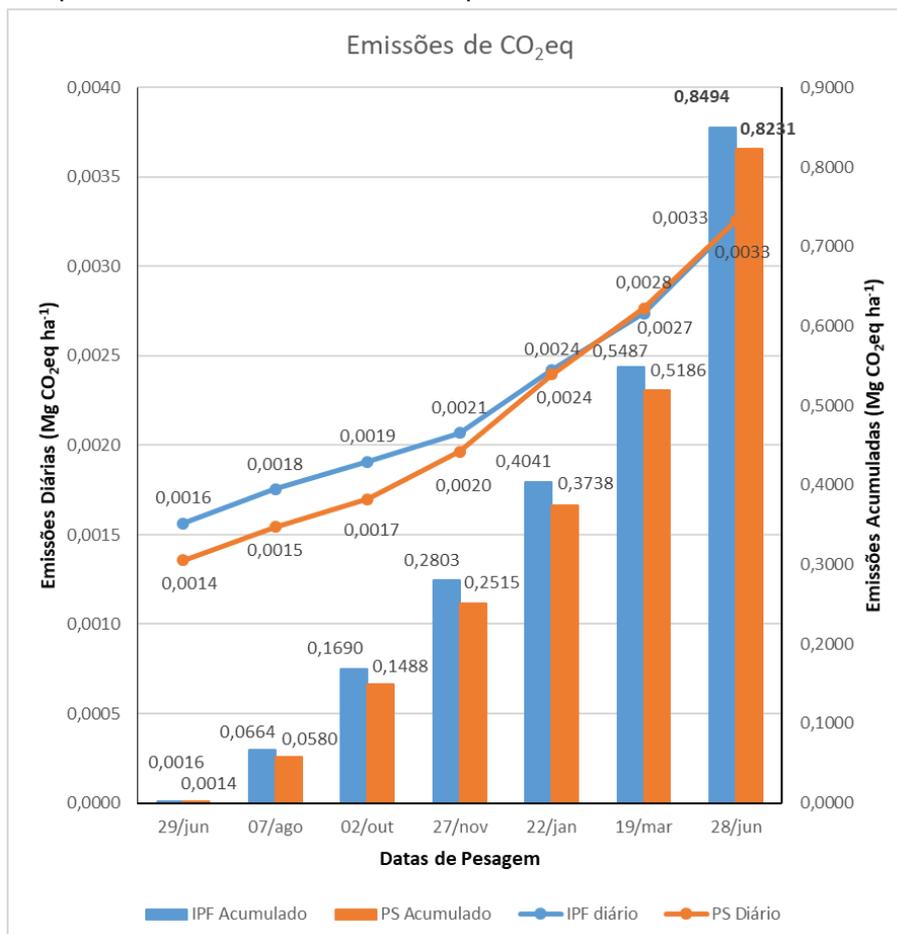


Figura 6. Emissões animais de CO<sub>2</sub>eq diárias e acumuladas nos sistemas IPF e PS, no período de avaliação.

## Incremento florestal e fixação de CO<sub>2</sub>

As linhas de eucalipto do sistema IPF foram implantados em dezembro de 2013, compondo uma área total de 97,5 ha já formada com pastagem de capim braquiária. No preparo da área, foi realizada a distribuição superficial de 2,0 toneladas de calcário mais 1,5 toneladas de gesso. Apenas nas linhas de plantio dos renques de eucalipto, a cada 15 ou 12 metros, foram realizadas a gradagem e a abertura dos sulcos de forma mecanizada. A adubação de plantio do eucalipto foi feita com 130 g por metro linear de NPK 10-28-10 + 0,3%B, 0,6% Cu e 0,8% Zn, no sulco de plantio mais 360 g por planta da mesma fórmula em covetas próximas às mudas 10 dias após o plantio. Foram realizadas 3 adubações de cobertura, com 360 g do NPK 20-00-15 + 1,4% B. O controle de plantas daninhas foi feito utilizando roçadeira antes do plantio e herbicida pré-emergente aos 20 dias após plantio. As árvores foram desramadas no primeiro e no segundo ano até o terço médio da altura da árvore. As pastagens começaram a ser utilizadas após o segundo ano de implantação. A área total foi avaliada

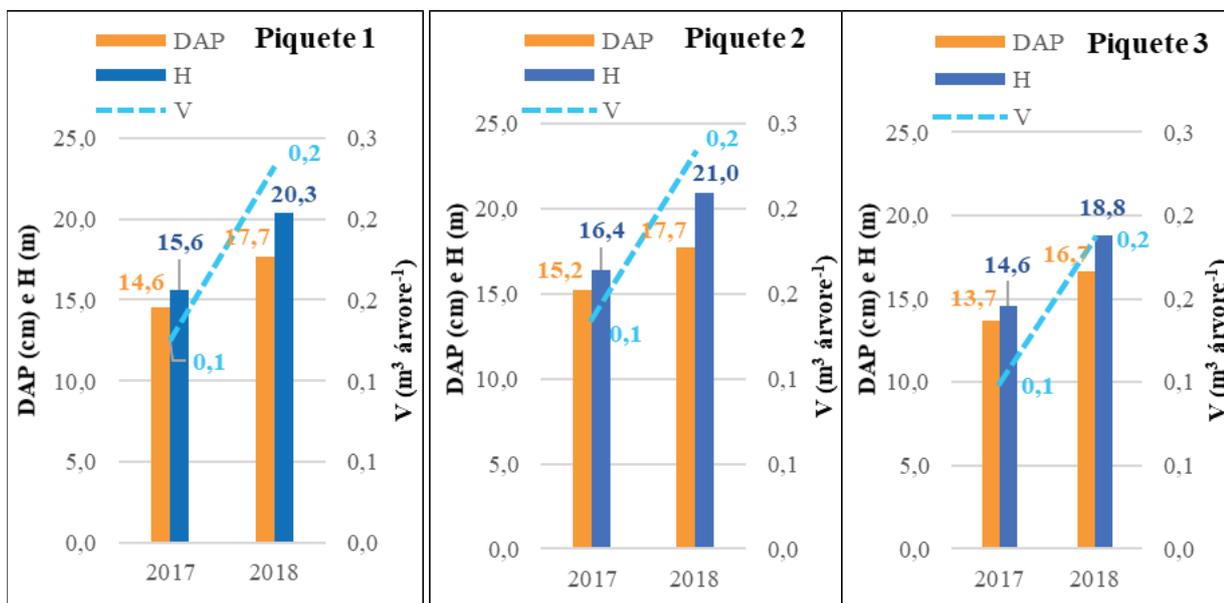
e dividida em três piquetes (Figura 1), onde foram implantadas linhas do cultivar de eucalipto I144. Na Área 1, com 40,8 ha, o espaçamento das árvores foi de 15 m entre linhas e 3 m entre plantas na linha (15 m x 3 m) e nas Áreas 2 e 3, com 27,9 e 28,8 ha, respectivamente, o espaçamento foi 12m x 3 m.

O crescimento das árvores foi avaliado aos 42 meses (junho de 2017) e aos 54 meses (junho de 2018), quando foram mensurados o diâmetro na altura do peito (DAP), medido com suta, e altura total (H), com hipsômetro eletrônico. Dentro de cada uma das áreas avaliadas foram demarcadas duas parcelas de 36 m de comprimento, incluindo duas fileiras de eucalipto.

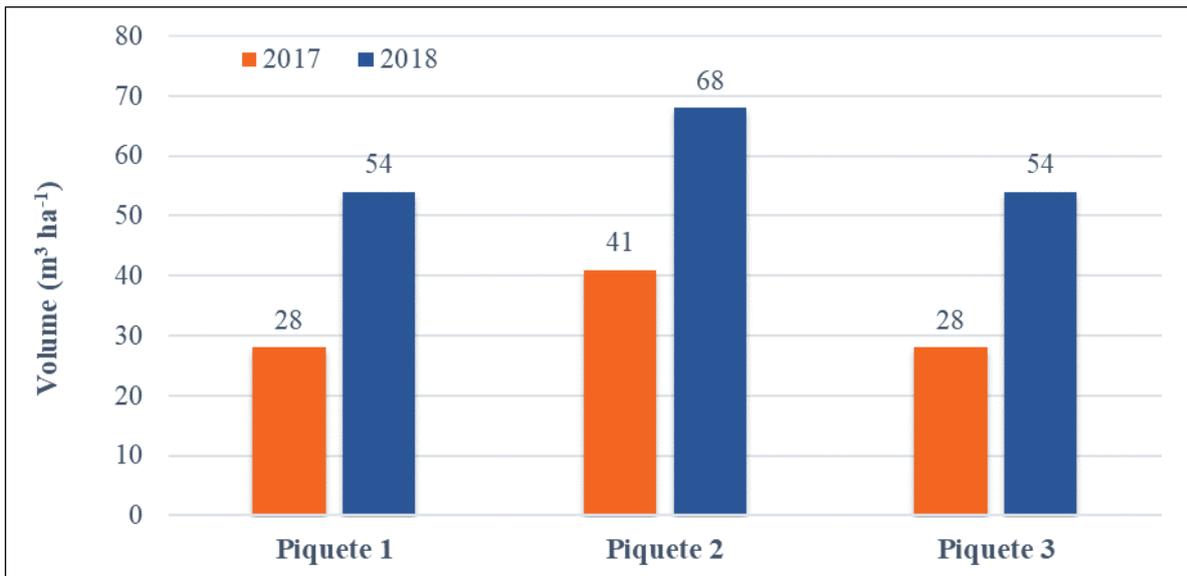
Para o cálculo do volume de madeira por planta ( $\text{m}^3 \text{árvore}^{-1}$ ) e por hectare ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), foi ajustada uma equação do modelo de Schumacher e Hall (1933), conforme Campanha et al. (2017). O crescimento foi calculado pelo incremento corrente anual (ICA) ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), correspondente ao aumento do volume no período de um ano, entre as medições de 2017 e 2018.

No intervalo de um ano avaliado, o diâmetro na altura do peito (DAP) médio das árvores dos três piquetes apresentou incremento de 2,72 cm, variando entre 14,42 cm, em 2017, e 17,14 cm na medição de 2018 (Figura 7). Da mesma forma, a altura (H) média das árvores era de 15,56 m em 2017 e variou para 20,06 m em 2018, com um incremento médio de 4,5 m (Figura 7).

Os incrementos observados na altura e DAP das árvores resultaram em um ICA médio nas três áreas de  $26,6 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ , com um estoque de madeira inicial (2017) de  $32,3 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  e final (2018) de  $58,6 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  (Figura 8).



**Figura 7.** Volume (V), altura total (H) e diâmetro na altura do peito (D) médios por árvore de eucalipto, aos 42 e 54 meses de idade, nos piquetes IPF em sistema de Integração Pecuária-Floresta (IPF). Curvelo-MG.



**Figura 8.** Volume de madeira por hectare das árvores de eucalipto, aos 42 e 54 meses de idade, nos piquetes IPF em sistema de Integração Pecuária-Floresta (IPF). Curvelo-MG.

## Mitigação de CO<sub>2</sub> eq. no sistema IPF

Para estimar o carbono (C) estocado na biomassa (fuste) do eucalipto, considerou-se uma densidade básica média da madeira de 0,35 Mg m<sup>-3</sup> e um teor médio de 49% de carbono (Oliveira et al., 2018), assim, 1 m<sup>3</sup> de madeira tem 0,17 Mg de C. Considerando que 1,0 tonelada de C equivale a 3,6667 toneladas de CO<sub>2</sub>eq, pode-se estimar uma fixação de 0,62 Mg de CO<sub>2</sub>eq por m<sup>3</sup> de madeira.

Assim, com base na fixação de CO<sub>2</sub>eq pelo componente florestal do sistema IPF e na emissão entérica de CO<sub>2</sub>eq dos animais que utilizaram a pastagem no período avaliado (29/06/2017 a 28/06/2018), foi estimada a capacidade de neutralização do metano emitido pelos bovinos e determinado o saldo CO<sub>2</sub>eq fixado no fuste das árvores no sistema IPF (Tabela 4).

Pode-se observar que a quantidade de carbono sequestrado no fuste das árvores de eucalipto em um hectare seria suficiente para neutralizar a emissão de de CH<sub>4</sub> de 8,8 UA ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Isso aconteceu em função do grande crescimento das árvores durante o período avaliado, correspondente a 26,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> entre junho de 2017 e junho de 2018.

Considerando todo o período de crescimento das árvores, o carbono sequestrado no fuste das árvores nos 58,7 m<sup>3</sup> médios de madeira por hectare existente em junho de 2018 poderia neutralizar a emissão anual de metano entérico de 19,7 UA de bovinos adultos, que no período de 4,5 anos (idade do IPF) seria capaz de neutralizar as emissões de cerca de 4,3 UA ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valor muito acima da Taxa de Lotação média (0,46 UA ha<sup>-1</sup>) utilizada na fazenda.

Cabe destacar que, para garantia do estoque de carbono os produtos do componente arbóreo, as árvores devem ser manejadas de forma que parte da madeira produzida no sistema seja destinada para produtos de maior valor agregado, como madeira serrada ou roliça, que têm uso em produtos de maior vida útil e, portanto, com maior tempo de imobilização do carbono, como móveis ou materiais para construção civil (Alves et al., 2010).

Neste sentido, para a validação do protocolo 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. Para a estimativa do estoque de madeira apta para serraria foi utilizado o aplicativo SIS ILPF-Eucalipto (Oliveira et al., 2018), que, com base nos dados

inventariados nas árvores dos piquetes em 2018, o aplicativo estima o estoque de madeira apta para serraria (diâmetro mínimo de 18 cm) aos dez anos da floresta (Tabela 5). Nesta simulação não foi prevista a realização de desbastes intermediários de árvores que poderiam alterar o estoque de madeira ao final do ciclo de produção.

**Tabela 4.** Estande atual, volume e incremento corrente de madeira, quantidade de CO<sub>2</sub>eq fixado por m<sup>3</sup> de madeira e por hectare, e balanço entre emissão e fixação de CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> no período avaliado.

Área	Estande	Volume de madeira (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		Incremento corrente	CO <sub>2</sub> eq Fixado no fuste	CO <sub>2</sub> eq Fixado no fuste
	(árvores ha <sup>-1</sup> )	2017	2018	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	(Mg m <sup>-3</sup> )	(Mg ha <sup>-1</sup> )
IPF - 1	236	28	54	26	0,62	16,12
IPF - 2	295	41	68	27	0,62	16,74
IPF - 3	284	28	54	26	0,62	16,12
Média				26,3		16,33
Emissão de CO <sub>2</sub> eq por bovinos acumulada no período (Mg ha <sup>-1</sup> )						0,8494
<b>Saldo de CO<sub>2</sub>eq fixado no fuste das árvores no período (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>						<b>15,4773</b>

**Tabela 5.** Estimativas do estoque de madeira para serraria aos dez anos da floresta, volume útil de madeira serrada, potenciais de fixação de CO<sub>2</sub>eq pela madeira e balanço de neutralização da emissão de metano entérico de bovinos no sistema IPF avaliado. Curvelo-MG

Área	Madeira p/ serraria <sup>a</sup>	Volume médio anual <sup>b</sup>	Volume anual útil p/ serraria <sup>c</sup>	CO <sub>2</sub> eq fixado <sup>d</sup>	Potencial médio de neutralização
		(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		(Mg ha <sup>-1</sup> )	(UA ha <sup>-1</sup> )
IPF - 1	88,4	8,84	2,21	1,37	0,74
IPF - 2	89,4	8,94	2,23	1,38	0,74
IPF - 3	74,4	7,44	1,86	1,15	0,62
Média				1,30	0,70
Emissão de CO <sub>2</sub> eq por bovinos acumulada no período (Mg ha <sup>-1</sup> )				0,8494	
<b>Saldo de CO<sub>2</sub>eq fixado pelas árvores no período (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>				<b>0,4506</b>	

<sup>a</sup> Estoque de madeira com diâmetro mínimo de 18 cm aos 10 anos; <sup>b</sup> Volume apto para serraria aos 10 anos dividido por 10 anos; <sup>c</sup> 25% do volume anual apto para ser serrado; <sup>d</sup> Mg CO<sub>2</sub> eq fixado = Volume x (Dens. Básica: 0,35) x (%C: 0,49) x (CO<sub>2</sub>: 3,66).

A mitigação estimada de CO<sub>2</sub>eq no sistema IPF é positiva, neutralizando as emissões de metano entérico dos bovinos e ainda mantendo um saldo de 0,4506 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 5), destacando que o sistema avaliado apresentou o potencial de neutralização de 0,7 UA ha<sup>-1</sup>, e a taxa de lotação animal média no período foi de 0,46 UA ha<sup>-1</sup>. No sistema de produção em pastagem exclusiva (PS), o potencial de mitigação de emissões de CO<sub>2</sub>eq, correspondente ao metano entérico emitido pelos animais no período, ficou negativo em 0,8231 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 6).

## Conclusões

O ganho de peso dos animais e a taxa de lotação da pastagem no sistema IPF foram similares aos da pastagem exclusiva.

As emissões de metano pelos animais em recria e terminação no sistema IPF da Fazenda Lagoa dos Currais foram neutralizadas pela fixação do CO<sub>2</sub>eq no fuste das árvores de eucalipto, mesmo quando considerado no balanço apenas 25% do volume útil após o desdobro em serraria.

O protocolo CCN é de fácil aplicação em propriedades rurais e acompanhamento *in loco*, indicando a viabilidade da produção e certificação da carne produzida em sistemas de integração do tipo IPF ou silvipastoril, visando agregar valor a ela.

## Equipe executora

### Membro da equipe

Álvaro Vilela de Resende  
 Antônio Pitangui de Salvo  
 Derli Prudente Santana  
 Eduardo de Paula Simão  
 Emerson Borghi  
 Fabiana Villa Alves  
 Geraldo Martins de Figueiredo Filho  
 Gustavo Pitangui de Salvo  
 José Paulo da Costa Ferreira  
 Joaquim Martino Ferreira  
 Lúcio Mauro Pinheiro da Costa  
 Miguel Marques Gontijo Neto  
 Mônica Matoso Campanha  
 Roberto Giolo de Almeida  
 Sérgio Teixeira Guimarães  
 Thomaz Correa e Castro da Costa  
 Túlio Costa Martino Ferreira  
 Valdemir Antônio Laura  
 Vanderlei Porfírio-da-Silva  
 Virgínio Augusto D. Gonçalves  
 Welington Martins de Farias

### Função / Instituição

Pesquisador - Embrapa Milho e Sorgo  
 Sócio-Prop. - Fazenda Lagoa dos Currais  
 Pesquisador - Embrapa Milho e Sorgo  
 Doutorando - UFV/Embrapa  
 Pesquisador - Embrapa Milho e Sorgo  
 Pesquisadora - Embrapa Gado de Corte  
 Campeiro - Fazenda Lagoa dos Currais  
 Sócio-Prop. - Fazenda Lagoa dos Currais  
 Bolsista PIBIC - UFSJ/Embrapa  
 Sócio-Prop. – Fazenda Lagoa dos Currais  
 Gerente - Fazenda Lagoa dos Currais  
 Pesquisador - Embrapa Milho e Sorgo  
 Pesquisador - Embrapa Milho e Sorgo  
 Pesquisador - Embrapa Gado de Corte  
 Técnico - Embrapa Milho e Sorgo  
 Pesquisador - Embrapa Milho e Sorgo  
 Sócio-Prop. - Fazenda Lagoa dos Currais  
 Pesquisador - Embrapa Gado de Corte  
 Pesquisador - Embrapa Florestas  
 Técnico - Embrapa Milho e Sorgo  
 Campeiro - Fazenda Lagoa dos Currais

## Agradecimentos

À Sociedade Quintas, proprietária da Fazenda Lagoa dos Currais; à Seleção Guzerá Marca S, pela disponibilização dos animais; à Rede ILPF e à Embrapa, pelo suporte ao projeto “Carne Carbono Neutro: estratégia de produção de carne sustentável e certificável para um mercado global” (SEG 03.13.11.004.00.00).

## Referências

- 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.
- 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).
- 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).
- EMBRAPA. **Rede Pecus**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2018. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/redepecus>>. Acesso em: 13 out. 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos climatológicos (1931-1960 e 1961-1990)**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acesso em: 9 set . 2018.
- 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.
- SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.

**Embrapa**

---

**Milho e Sorgo**

DOCUMENTOS 230



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



CGPE 15151

