

**Carne Carbono Neutro:
um novo conceito para carne sustentável
produzida nos trópicos**



ISSN 1983-974X

junho, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Corte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 210

**Carne Carbono Neutro:
um novo conceito para carne sustentável
produzida nos trópicos**

Fabiana Villa Alves
Roberto Giolo de Almeida
Valdemir Antônio Laura
Editores técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Corte

Rodovia BR 262, Km 4, CEP 79002-970 Campo Grande, MS

Caixa Postal 154

Fone: (67) 3368 2090

Fax: (67) 3368 2150

<http://www.embrapa.br/gado-de-corte>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Ronney Robson Mamede*

Secretário-Executivo: *Rodrigo Carvalho Alva*

Membros: *Elane de Souza Salles, Lucimara Chiari, Davi José Bungenstab, Andréa Alves do Egito, Roberto Giolo de Almeida, Guilherme Cunha Malafaia*

Supervisão editorial: *Rodrigo Carvalho Alva*

Revisão de texto e Editoração Eletrônica: *Rodrigo Carvalho Alva*

Arte da capa:

1ª edição

Versão online (2015)

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 Gado de Corte.**

Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos [recurso eletrônico] / Fabiana Villa Alves et al. - Campo Grande, MS : Embrapa Gado de Corte, 2015.

29 p. ; 21cm. - (Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN 1983-974X ; 210).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader, 4 ou superior.

Modo de acesso: <<http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC210.pdf>>

Título da página da Web (acesso em 17 de junho de 2015).

Outros autores: Fabiana Villa Alves; Roberto Giolo de Almeida; Valdemir Antônio Laura; Vanderley Porfírio-da-Silva; Manuel Claudio Motta Macedo; Sérgio Raposo de Medeiros; André Dominghetti Ferreira; Rodrigo da Costa Gomes; Alexandre Romeiro de Araújo; Denise Baptaglin Montagner; Davi José Bungenstab; Gelson Luis Dias Feijó.

1. Pecuária sustentável. 2. Gases de efeito estufa. 3. Carne Carbono Neutro. 4. Embrapa Gado de Corte. I. Siqueira, Fabiane. II. Egito, Andréa Alves do. III. Rosinha, Grácia Maria Soares. IV. Série.

CDD 338.1

© Embrapa Gado de Corte 2015

Autores

Fabiana Villa Alves¹

Roberto Giolo de Almeida¹

Valdemir Antônio Laura¹

Vanderley Porfírio-da-Silva²

Manuel Claudio Motta Macedo¹

Sérgio Raposo de Medeiros¹

André Dominghetti Ferreira¹

Rodrigo da Costa Gomes¹

Alexandre Romeiro de Araújo¹

Denise Baptaglin Montagner¹

Davi José Bungenstab¹

Gelson Luis Dias Feijó¹

¹ Pesquisador(a) da Embrapa Gado de Corte, Av. Rádio Maia, 830, 79106-550, Campo Grande, MS, Brasil.

² Pesquisador da Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal: 319, 83411-000, Colombo, PR, Brasil.

Sumário

Introdução

O setor agropecuário brasileiro e mundial tem buscado atender a crescente demanda por alimentos, madeira, fibras e bioenergia. Concomitantemente à necessidade de aumento de produtividade, crescem as restrições para expansão sobre novas áreas para uso agropecuário. Neste contexto, a tendência contínua é que, contraposto ao ligeiro aumento no rebanho bovino, haja diminuição de áreas destinadas à bovinocultura, com necessidade de intensificação do uso das áreas com pastagens cultivadas, pela combinação de uso otimizado de insumos, melhoria de técnicas de manejo, incremento da suplementação alimentar e utilização de sistemas de produção em integração.

Paralelamente, nota-se uma preocupação crescente com a conservação ambiental e a necessidade de uso mais eficiente dos recursos naturais e de insumos para atendimento das demandas atuais e futuras. Deste modo, a produção agropecuária poderá desempenhar seu papel, com benefícios socioeconômicos e ambientais, trilhando o caminho da sustentabilidade.

Somadas, tais exigências, principalmente vindas da comunidade internacional e relacionadas à cadeia produtiva da carne bovina como um todo, indicam uma oportunidade adicional para exportação do produto brasileiro. Para alcançar sucesso, alguns aspectos importantes na produção da carne bovina devem ser considerados, por exemplo, o bem-estar animal, a conservação do solo e da água, a mitigação da emissão de gases de efeito estufa (GEEs) e o sequestro de carbono, como prestação de serviços ambientais em áreas com pastagens.

Atualmente, o Brasil tem condições de atender tais demandas por meio da utilização de sistemas de produção em integração que contemplam a inclusão do componente arbóreo em sistemas pecuários. Neste sentido, o Governo Federal instituiu, a partir de 2010, o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), estimulando a implantação de

sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), como uma das estratégias para mitigação da emissão de GEEs na agropecuária, com a disponibilização de linha de crédito para financiamento de projetos que adotem esta tecnologia (BRASIL, 2012).

A Embrapa, por sua vez, em parceria com universidades, instituições de pesquisa e a iniciativa privada, há quase três décadas, desenvolve estudos sobre sistemas de integração, em diversos biomas, como estratégias para recuperação/renovação, diversificação e intensificação, e manejo adequado de pastagens.

Contudo, vislumbrava-se cada vez mais, nos últimos anos, o desenvolvimento de um conceito, associado a uma marca, que assegurasse um produto distinguível, que abrangesse alguns dos parâmetros já citados, como mitigação e/ou neutralização da emissão de GEEs e a sustentabilidade ambiental.

Conceito tecnológico: Carne Carbono Neutro

Visando superar os desafios mencionados anteriormente, a Embrapa desenvolveu o conceito “Carne Carbono Neutro”, ou CCN, que é representado por um selo alusivo à produção de bovinos de corte sob sistemas de integração, com a introdução obrigatória do componente arbóreo como diferencial.

Este conceito contribuirá para fomentar a implementação de sistemas de produção pecuários mais sustentáveis, especialmente quanto ao aspecto ambiental, com a introdução do componente arbóreo, capaz de neutralizar o metano emitido pelo rebanho, de forma a agregar valor à carne produzida nestes sistemas. O conceito visa, também, difundir a importância estratégica da sustentabilidade nas cadeias produtivas associadas (carne, grãos e silvicultura), fomentar o uso de sistemas em integração e, por consequência, otimizar o uso dos insumos e fatores de produção, com efeitos sinérgicos positivos.

Conceito da marca

O selo “Carne Carbono Neutro” (Figuras 1 e 2) é uma marca-conceito desenvolvida pela Embrapa, que visa atestar a carne bovina que apresenta seus volumes de emissão de GEEs neutralizados durante o processo de produção pela presença de árvores em sistemas de integração do tipo silvipastoril (pecuária-floresta, IPF) ou agrossilvipastoril (lavoura-pecuária-floresta, ILPF), por meio de processos produtivos parametrizados e auditados.

A marca-conceito CCN é uma marca da Embrapa, registrada no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) sob os protocolos 907078982, 907079156 e 907079270, com versões em português (Figura 1) e em inglês (Figura 2).



Figura 1. Selo “Carne Carbono Neutro”, versão em português.



Figura 2. Selo “Carne Carbono Neutro”, versão em inglês.

A marca-conceito CCN poderá ser utilizada para carnes bovinas frescas, congeladas ou transformadas, para mercado interno e para exportação, e deve satisfazer às disposições aqui mencionadas, quanto ao sistema de produção, origem e qualidade, bem como às indicações de uso da mesma.

A divulgação pública do selo será efetuada por meio de órgãos reguladores, de fomento e representativos das cadeias produtivas, com suporte técnico da Embrapa.

Elementos distintivos da marca-conceito

A seta circular simboliza a fixação, neutralização e reciclagem do carbono, com alusão à letra “C”.

A cor verde simboliza a neutralização das emissões de GEEs dos sistemas de produção de carne bovina, por meio do sequestro e fixação de carbono proporcionado pelo componente arbóreo (representado, de forma estilizada, por um ramo com duas folhas).

A cor preta simboliza as emissões de GEEs do sistema (representadas, de forma estilizada, pelo cupim de um bovino, *Bos indicus*).

Exigências técnicas/produativas para utilização do selo Carne Carbono Neutro

O principal objetivo do selo Carne Carbono Neutro, tratado neste documento, é atestar 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. Além disso, garantir, pela presença de sombra, que os animais estavam em ambiente termicamente confortável, com alto grau de bem-estar. Assim, o selo Carne Carbono Neutro será destinado à carne produzida e que teve a emissão de metano comprovadamente mitigada pelo componente arbóreo em sistemas de integração.

Neste contexto, os sistemas de integração considerados, de acordo com Balbino et al. (2011), são: sistema de integração pecuária-floresta (IPF) ou silvipastoril, e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou agrossilvipastoril.

Os cenários de referência (*baseline*) para a implantação de sistemas de IPF/ILPF são: (i) pastagem que não apresenta o componente arbóreo e (ii) pastagem com a presença de árvores nativas. Porém, tais árvores não serão consideradas no cômputo do sequestro de carbono, caracterizando que o componente arbóreo implantado será o diferencial em relação ao sistema original.

Para o planejamento dos projetos com sistemas de IPF/ILPF, devem-se seguir as recomendações do Plano ABC (Brasil, 2012), de modo que a área em que o sistema será implantado seja georreferenciada e que os animais sejam, obrigatoriamente, rastreáveis.

Para a implantação dos sistemas de IPF/ILPF, recomendam-se as instruções contidas em Castro e Paciullo (2006), Porfírio-da-Silva et al. (2009) e Serra et al. (2012).

Salienta-se que deverão ser realizadas análises de solo da área, na ocasião da implantação do sistema e, anualmente, durante sua execução. Estas análises, ao longo do tempo, deverão indicar teores de carbono no solo iguais ou superiores aos da análise inicial, comprovando, desta forma, que os lotes de carne provenientes do sistema foram produzidos em condições de melhoria do estoque de carbono no solo. Estas análises servirão como um indicador complementar de mitigação da emissão de GEEs, cujos valores não serão computados no balanço de carbono do sistema nesta primeira versão. Uma vez que estes sistemas não são de alto uso de insumos e por não incluírem a terminação de animais em confinamento, não serão consideradas as emissões de GEEs decorrentes do uso de fertilizantes nitrogenados, de calcário, bem como aquelas provenientes dos dejetos dos animais em pastejo, até que as metodologias de mensuração estejam consolidadas.

Neste sentido, sistemas de IPF/ILPF apresentam potencial para virem a ser enquadrados como projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e/ou remunerados pela prestação de serviços ambientais, pela contribuição do componente arbóreo na remoção de CO₂ atmosférico, dentre outros benefícios ambientais.

Atenção especial deve ser dada para a implantação e condução do componente forrageiro, pois seu manejo inadequado pode acarretar em processo de degradação da pastagem, fato que inviabilizará a utilização do selo. Informações técnicas a respeito do uso de forrageiras em sistemas de IPF/ILPF podem ser encontradas em Almeida et al. (2012), Fontaneli et al. (2012), Costa e Queiroz (2013) e Paciullo et al. (2015).

O componente arbóreo a ser implantado deve contar com equações alométricas conhecidas para determinação da quantidade de carbono fixada e, também, deve ser manejado de forma que parte da madeira produzida no sistema seja destinada para produtos de maior valor agregado (PMVAs) como madeira serrada, laminação e faqueados, que têm uso em produtos de maior vida útil e, portanto, com maior tempo de imobilização do carbono, como móveis e materiais para construção civil, e que será utilizada para os cálculos de neutralização. No Brasil, o potencial de mitigação de GEEs em sistemas de IPF/ILPF com árvores de rápido crescimento, como o eucalipto, em densidades de 250 a 350 árvores/ha, planejados para corte das árvores a partir dos oito anos de idade, são capazes de produzir 25 m³/ha/ano de madeira (Ofugi et al., 2008), o que corresponde a um sequestro anual de cerca de 5 t/ha de C, o que equivale à neutralização da emissão de GEEs de cerca de 12 bovinos adultos.

A madeira originada em sistemas que recebem o selo “Carne Carbono Neutro”, terá de ser também creditada e vinculada à marca-conceito, e somente tal madeira gerará PMVAs e móveis com a garantia de serem oriundos da neutralização de GEEs da pecuária.

Os sistemas de IPF/ILPF, em comparação com sistemas tradicionais, além da produção de madeiras e por se caracterizarem como tecnologias para mitigar emissões de GEEs, atendem à necessidade de bem-estar animal ao proporcionarem maior conforto térmico, promoverem a biodiversidade em sistemas produtivos e incrementarem o uso eficiente da terra com agregação de valor e renda para as áreas de pastagens. Para tanto, é necessária a manutenção de uma área de cobertura das copas das árvores entre 10% a 30% (projeção vertical das copas) da área do sistema, para promover melhoria no conforto térmico dos animais em pastejo.

A entrada dos animais no sistema deve acontecer após se assegurar que as árvores não sofrerão danos ou injúrias, prejudicando seu crescimento e/ou valor comercial. De forma geral, árvores com o diâmetro a altura do peito (DAP, medido a 1,30 m do solo) mínimo de 6,0 cm,

podem suportar a entrada de bovinos sem que seja necessária sua proteção. Durante o período de crescimento das árvores, a área pode ser utilizada com alguma cultura comercial, caso as condições edafoclimáticas sejam adequadas, ou pode-se utilizar a forrageira para produção de silagem e/ou feno, atentando-se para as devidas reposições de nutrientes.

Serão aceitas para receber o selo, carnes provenientes de sistemas de IPF/ILPF que contemplem as fases de cria-recria-terminação (ciclo completo) e recria-terminação, desde que atendam aos requisitos deste documento.

Os animais poderão receber suplementação mineral, proteica, proteico-energética e/ou energética (semiconfinamento). Na fase de recria, recomenda-se o uso de suplementação mineral, proteica (1 a 2 g/kg de peso vivo) ou proteico-energética (3 a 5 g/kg de peso vivo). Na fase de terminação, qualquer dos tipos citados pode ser utilizado, porém recomenda-se o uso de suplementação energética ou semiconfinamento (6 a 12 g/kg de peso vivo) para facilitar o alcance do grau de acabamento de carcaça desejado. O limite máximo de fornecimento de suplemento deve ser de até 12 g/kg de peso vivo, de forma que a forragem tenha participação significativa na dieta ingerida. Demais detalhes sobre os procedimentos de suplementação podem ser obtidos em Medeiros e Gomes (2012).

Para o cálculo dos créditos de carbono, considera-se que o uso de aditivos alimentares promotores de crescimento não afetarão os fatores de emissão nas diferentes estratégias de suplementação. Para a castração dos machos, deve-se dar preferência ao uso da vacina de imunocastração, em respeito aos preceitos de bem-estar animal.

Para o manejo sanitário, os animais devem seguir a legislação vigente quanto às vacinas obrigatórias, ao calendário sanitário para sua região ou Estado, observando-se os períodos de carência obrigatórios, específicos para cada produto/medicamento.

Qualificação para obtenção do selo CCN

Para credenciamento ao direito de receber o selo, serão computadas as arrobas de carcaça produzidas no período de manutenção dos animais no sistema, sendo considerado o mínimo de seis arrobas de carcaça por cabeça. Para isso, os animais devem ser pesados na entrada e na saída do sistema e o cálculo do número de arrobas ganhas no sistema será realizado considerando um rendimento de carcaça igual a 50% na entrada para machos até os 400 kg de peso vivo e para fêmeas até os 300 kg de peso vivo.

Para cálculo do saldo de créditos será considerado o peso de carcaça quente.

Para fins de certificação, serão aceitas carcaças de fêmeas e machos castrados que apresentem, na ocasião do abate, maturidade 0, 2 e 4 dentes (referente à troca dos dentes incisivos de leite por definitivos) e acabamento mediano (3 a 6 mm de espessura de gordura) ou uniforme (6 a 10 mm de espessura de gordura) de acordo com o Sistema Brasileiro de Tipificação de Carcaças Bovinas. Animais inteiros estarão qualificados para receberem o selo desde que abatidos com maturidade 0 ou 2 dentes e com acabamento exigido no programa.

Para fins de contabilidade da emissão de metano dos animais em pastejo, poderá ser adotado valor de referência do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) para o Brasil (América Latina) ou, preferencialmente, quando houver disponível, valor suportado pela Rede PECUS da Embrapa (<http://www.cppse.embrapa.br/redepecus/>). Posteriormente, as demais fontes de emissão de GEEs do sistema poderão ser consideradas.

Para a contabilidade da quantidade de carbono fixada no componente arbóreo, será utilizado protocolo descrito por Oliveira et al. (2011), bem como as suas atualizações futuras.

As quantidades de metano emitido pelos animais e de carbono sequestrado no fuste (tronco) das árvores serão transformadas na mesma base, em CO₂ equivalente (CO₂ eq.), para determinação do saldo. Este será utilizado para definir os padrões de classificação dos animais produzidos no sistema de integração avaliado quanto ao potencial de neutralização de metano, de acordo com critérios estabelecidos em documento orientador específico, em desenvolvimento.

Etapas mínimas para obtenção do selo CCN

Em suma, para receber e utilizar o selo “Carne Carbono Neutro”, o produto final (carne e seus derivados) deverá atender a todos os pré-requisitos e parâmetros inerentes ao conceito estabelecido neste documento (e em suas versões atualizadas), de caráter geral, válido nacional e internacionalmente, no qual se estipulam as etapas mínimas necessárias para a obtenção do selo. Estas, são:

Compromisso de adoção de implantação de projeto de sistema de IPF/ILPF: com base no Plano ABC e nos documentos orientadores da Embrapa, com escolha do sistema de produção a ser neutralizado. O sistema deve necessariamente partir de um sistema de produção com base em pastagens estabelecidas com forrageiras herbáceas (*baseline*);

Avaliação técnica da emissão de carbono: com base nos índices zootécnicos da propriedade, considerando a emissão de GEEs por animal indicada em documento-referência do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) ou da Rede PECUS (*baseline*);

Cálculo do carbono fixado: a partir de inventários florestais regulares (anuais), será calculado o estoque de carbono fixado nas árvores do sistema, conforme metodologias para sequestro de carbono por árvores, estabelecidas pela Embrapa Florestas (Arevalo et al., 2002; Zanetti, 2008; Oliveira et al., 2011);

Cálculo da neutralização das emissões: a partir da avaliação técnica da emissão de metano e do cálculo do carbono fixado no fuste das árvo-

res do sistema de IPF/ILPF, será calculado o saldo de carbono (em CO₂ eq.) do sistema;

Garantia do estoque de carbono: os produtos provenientes do componente arbóreo devem garantir que o estoque de carbono neles contido e contabilizado como GEEs neutralizados continuem imobilizados em seus produtos (móveis e PMVAs), por um período mínimo de anos, segundo a legislação vigente;

Concessão de uso da marca-conceito: caberá à Embrapa a concessão de uso do selo “Carne Carbono Neutro” para produtos cárneos e seus derivados provenientes só e exclusivamente deste processo produtivo por ela própria ou por parceiros legalmente autorizados;

Auditoria do sistema: será efetuado a partir de auditores independentes, vinculados às empresas credenciadas a órgãos públicos ou privados, em esfera Federal, Estadual ou Municipal.

Opções de contabilização de metano entérico em sistemas de IPF/ILPF

Estimativas de emissões podem ser feitas de maneira simplificada com base nas recomendações do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), seja pelo *Tier 1* ou *Tier 2*, ou, ainda, de maneira um pouco mais específica por meio de simulação, usando modelos do NRC (2000) com alguns ajustes, e uma equação de emissão de metano entérico desenvolvida pela Rede Pecus (Medeiros et al., 2014).

O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) traz duas opções bem simplificadas (*Tier 1* e *Tier 2*) para estimativas de emissão de metano entérico, especialmente recomendadas para estabelecimento dos inventários nacionais, uma vez que são avaliações generalistas. O valor de referência (*Tier 1*) é fixo sendo que, para a América Latina, considera-se 56 kg/animal/ano.

Resultados de emissão de metano obtidos para bovinos castrados de porte médio, consumindo forragem com diferentes digestibilidades (55% a 65%), usando o *Tier 2*, indicam um fator de emissão de metano em torno de 70 kg/animal/ano, mais elevado que o valor fixo usado no *Tier 1*.

Em medições realizadas em novilhas Nelore em sistema de ILPF, com eucalipto e *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã, utilizando a técnica do SF₆, os valores obtidos foram de 66 kg de CH₄/animal/ano (Gomes et al., 2015).

No âmbito da Rede Pecuária, foi desenvolvida a primeira equação empírica de emissão entérica de metano (Medeiros et al., 2014) a partir de dados brasileiros publicados entre 2003 e 2012 (n = 50). Nesse conjunto, 60% dos dados eram de bovinos em pastagem e 80% dos animais da raça Nelore. Esta equação, com seus coeficientes e erros-padrão (entre parênteses), segue descrita:

$$\text{CH}_4 \text{ (kg/dia)} = -0,1011 (\pm 0,02903) + 0,02062 (\pm 0,002834) \times \text{IMS} + 0,001648 (\pm 0,000417) \times \text{FDN}$$

Onde:

CH₄ = emissão de metano entérico,

IMS = ingestão de matéria seca (%PV),

FDN = fibra em detergente neutro (%).

Com esta equação, foi realizado um estudo de caso da emissão de um animal que estivesse consumindo a forragem o ano todo e que teria entrado no sistema com cerca de 280 kg de peso vivo, em janeiro, e saído em dezembro, com 430 kg de peso vivo, o que resultaria em um peso vivo médio de 355 kg. Usando uma pastagem de *Brachiaria brizantha* e considerando valores de pastejo simulado para dados de FDN e digestibilidade obtidos em experi-

mentos na Embrapa Gado de Corte (Euclides e Medeiros, 2003), foi possível, com o mesmo modelo animal usado nas simulações do *Tier 2* (NRC, 2000), estimar a IMS do animal e seu desempenho. O valor de IMS foi usado na equação empírica da Rede Pecu, junto com os respectivos valores de FDN, para estimativa da emissão do metano, com valores nutricionais extraídos de Euclides e Medeiros (2003).

Observando os resultados desta simulação (Tabela 1), é possível verificar que os valores se encontram entre 57 e 82 kg de CH₄/ano, com média de 66 kg de CH₄/ano. Há, portanto, uma convergência para valores entre 56 a 82 kg de CH₄/ano, que podem ser adotados como base para estimativa de neutralização da emissão de metano na produção de carne, em condições tropicais.

Tabela 1 - Simulação de emissão de metano (CH₄), a partir da equação empírica da Rede Pecu, para bovinos consumindo forragem

Mês	NDT (%)	FDN (%)	IMS (%PV)	GMD (kg/d)	CH₄ (kg/d)	CH₄ (kg/ano)
Janeiro	57,25	73,65	2,18	0,573	0,155	57
Fevereiro	56,00	74,50	2,14	0,496	0,161	59
Março	55,05	73,90	2,10	0,437	0,163	59
Abril	54,10	73,30	2,07	0,379	0,165	60
Mai	53,75	74,90	2,06	0,357	0,171	62
Junho	53,40	76,50	2,04	0,336	0,177	64
Julho	51,60	74,20	1,97	0,229	0,170	62
Agosto	49,80	71,90	1,88	0,127	0,161	59
Setembro	55,55	71,80	2,12	0,468	0,186	68
Outubro	61,30	71,70	2,27	0,822	0,209	76
Novembro	59,90	72,25	2,24	0,730	0,217	79
Dezembro	58,50	72,80	2,21	0,650	0,224	82

NDT = nutrientes digestíveis totais; FDN = fibra em detergente neutro; IMS = ingestão de matéria seca; GMD = ganho médio diário.

Dessa forma, tem-se quatro valores que podem ser usados como referência:

- 1) O valor fixo do *Tier 1* do IPCC: 56 kg de CH₄/animal/ano;
- 2) O valor estimado usando o *Tier 2* do IPCC: 70 kg de CH₄/animal/ano;
- 3) O valor médio anual usando a equação empírica da Rede Pecuária: 66 kg de CH₄/animal/ano;
- 4) O valor médio obtido nos sistemas de ILPF da Embrapa Gado de Corte: 66 kg de CH₄/animal/ano.

Contabilização do acúmulo de carbono nas árvores

Dentre os componentes dos sistemas de IPF/ILPF, o componente arbóreo é aquele que apresenta maior capacidade de acúmulo de carbono. Por meio do crescimento das árvores, parte do CO₂ atmosférico é sequestrada pelas plantas para armazenamento de energia luminosa. Assim, ao retirar parte do CO₂ da atmosfera, as árvores geram um saldo positivo para o sistema produtivo, possibilitando a neutralização dos GEEs liberados pelos demais componentes, mais notadamente, o metano entérico emitido pelos bovinos em pastejo.

Para a quantificação e acompanhamento do carbono acumulado pelas árvores presentes em área com sistema de IPF/ILPF, o primeiro passo é a execução do inventário florestal (Hush et al., 1993), de modo a determinar o crescimento real e potencial das árvores no sistema e, assim, estimar o carbono acumulado no fuste das árvores.

Os *softwares* da série SIS (SisEucalipto, SisPinus, SisTeca, SisAcacia, SisAraucaria, SisBracatinga e SisCedro) desenvolvidos pela Embrapa, permitem calcular o estoque de madeira disponível no momento da avaliação e a cada ano futuro, em termos de volume total e volume

por tipo de utilização da madeira. Dessa forma, auxiliam também na determinação da quantidade de carbono sequestrado da atmosfera e imobilizado nas árvores, uma vez que são capazes de fazer projeções e de estimar a biomassa das árvores e o carbono acumulado nas diferentes partes das árvores. Os *softwares* podem ser utilizados gratuitamente, após cadastro, por meio do *site* <http://www.catalogosnt.cnpia.embrapa.br/>.

Em estudo realizado na Embrapa Gado de Corte, avaliou-se o potencial para neutralizar os GEEs em dois sistemas de ILPF, com 227 e 357 árvores de eucalipto por hectare, aos 36 (Ferreira et al., 2012) e aos 72 (Ferreira et al., 2015) meses após o plantio das árvores. No sistema com 227 árvores/ha, o potencial de neutralização passou de 7,1 UA/ha/ano (aos 36 meses) para 10,8 UA/ha/ano (aos 72 meses), enquanto que no sistema com 357 árvores/ha o potencial de neutralização passou, respectivamente, de 12,8 UA/ha/ano para 17,5 UA/ha/ano. Tais resultados indicam um saldo de carbono acumulado muito superior à capacidade de suporte de animais por essas pastagens.

Deve-se destacar, entretanto, que o aumento na densidade de árvores acarreta a diminuição na produção de forragem, principalmente pelo efeito do sombreamento durante o período de crescimento das árvores. No manejo de sistemas de IPF/ILPF, técnicas de desrama (retirada de galhos) e de desbaste (retirada de árvores) podem e devem ser utilizadas para diminuir o sombreamento. Estas, devidamente planejadas, contribuem para o aumento da incidência de luz na pastagem e, conseqüentemente, para a produção forrageira, além de fornecer renda adicional com a venda dos produtos florestais obtidos. Neste sentido, quando um mesmo nível de oferta de forragem é mantido em sistemas de IPF/ILPF, e considerando que estes sistemas proporcionam forragem de melhor valor nutritivo, espera-se um melhor desempenho por animal em relação à pastagem sem árvores, porém, com menor ganho de peso por área. Esta característica, inerente aos sistemas com componente arbóreo, exige que o manejo da pastagem seja cuidadoso, de modo a se evitar o

superpastejo, pois, nestes sistemas, a forrageira se encontra em um grau mais elevado de competição, pela presença das árvores. Neste caso, erros de manejo podem acarretar em processo de degradação mais acelerado do que em pastagens sem árvores, principalmente, na época seca do ano.

Estudo de caso conduzido na Embrapa Gado de Corte

A Embrapa Gado de Corte, localizada em Campo Grande, MS, possui um experimento de longa duração (2008-2020), com sistemas de ILPF nos quais o componente arbóreo é o eucalipto. Em 2008, após a implantação de soja, foram plantados, em duas áreas com 6 ha cada, *Eucalyptus urograndis* (clone H-13) em densidades de 227 árvores/ha (espaçamento de 22 x 2 m) e 357 árvores/ha (espaçamento de 14 x 2 m), seguidos do plantio de capim-piatã, após a colheita da soja. O custo de implantação com insumos e serviços em valores daquele ano foi de R\$ 2.074,00 e R\$ 2.218,00, respectivamente. Com a comercialização da soja (média de 2.100 kg/ha) e de uma colheita de forragem para feno (média de 4.000 kg/ha), em setembro/outubro de 2009, obteve-se amortização dos custos da ordem de 85% e 79%, respectivamente. Se fosse cultivada uma nova safra, em 2010, ou mesmo uma safrinha de milho ou sorgo, ainda em 2009, provavelmente, os custos dos sistemas de ILPF teriam sido amortizados aos 15 meses após o plantio do eucalipto, podendo-se introduzir os animais em pastagem de alta qualidade. Estes dados demonstram que os custos de implantação de sistemas de ILPF não chegam a ser limitantes, em um contexto de pecuária, onde os custos com cercas, bebedouros e aquisição de animais não são considerados (Almeida et al., 2015).

Neste mesmo experimento, os animais entraram em pastejo em maio de 2010 e permaneceram até agosto do mesmo ano. Em um período de 80 dias, em plena época seca, os animais apresentaram ganho médio diário de 654 g, sendo que as pastagens suportaram uma taxa de lotação de 1,5 UA/ha. Em agosto de 2010, a pastagem de capim-

-piatã foi avaliada, sendo que os teores de proteína bruta na folha e no colmo foram maiores à sombra do que ao sol, com 11,4% x 8,5% e 2,8% x 1,9%, respectivamente. Para a folha, também foi observada maior digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica na sombra do que no sol, 63,2% e 54,1%, respectivamente, indicando melhor valor nutritivo do pasto sob sombreamento.

No período de novembro de 2010 a maio de 2011 (162 dias), somente com suplementação mineral, estes sistemas comportaram, em média, uma taxa de lotação de 1,76 UA/ha com ganho de peso vivo de 115 kg/ha. No primeiro ano de pastejo não houve diferença na produção por animal e por área entre os sistemas de ILPF, entretanto, a disponibilidade de forragem foi menor no sistema de ILPF com mais árvores quando comparado a um sistema de ILP (testemunha, com 5 árvores nativas/ha). No segundo ano de pastejo, de julho de 2011 a julho de 2012, observou-se que nos sistemas de ILPF com 227 árvores/ha e 357 árvores/ha a produção animal foi de 459 e 334 kg/ha de PV, correspondendo a 85% e 62% da produção do sistema de ILP, respectivamente, sendo que todos os sistemas receberam 50 kg/ha de N apenas em 2012.

Estes mesmos sistemas tiveram um cultivo intermediário de soja em plantio direto sobre a forrageira, que ocorreu na safra 2012/2013, sendo avaliados por um período de 132 dias, de novembro de 2013 a março de 2014 (Tabela 2). A adubação da pastagem correspondeu a 75 kg/ha de N mais 200 kg da fórmula de NPK 0:20:20. Não foi observada diferença no ganho por animal entre os sistemas, porém, no ganho por área, o sistema de ILPF com menor densidade de árvores não diferiu do sistema de ILP, e o sistema de ILPF com maior densidade de árvores apresentou menor ganho de peso vivo, reflexo da menor disponibilidade de forragem causada pelo sombreamento excessivo. Destaca-se que no período seco subsequente, nos sistemas de ILPF com 227 e 357 árvores/ha, os animais foram retirados por um período de 2 e 4 meses, respectivamente, em decorrência da limitação na produção forrageira.

Tabela 2 - Massa de forragem, taxa de lotação, ganho médio diário e ganho de peso vivo em três sistemas de integração, durante 132 dias na época das águas de 2013/2014

Sistema	Massa de forragem (kg/ha de MS)	Taxa de lotação (UA/ha)	Ganho médio diário (g/animal/dia)	Ganho de peso vivo (kg/ha)
ILP	4.267 a	3,36 a	520 a	240 a
ILPF227	3.618 a	2,96 a	529 a	230 a
ILPF357	2.613 b	2,14 b	508 a	168 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). Fonte: Gamarra et al. (2014).

Ferreira et al. (2012; 2015) avaliaram o potencial de neutralização da emissão de metano entérico destes sistemas, por meio do componente arbóreo. Considerando que a taxa de lotação média do sistema de ILPF com 227 árvores/ha, em 2014, foi de 2,2 UA/ha/ano e que a taxa de lotação média das pastagens brasileiras chega próximo a 1,0 UA/ha/ano, nota-se a capacidade dos sistemas pecuários que contém o componente arbóreo (ILPF) em mitigar as emissões de GEEs.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados da emissão de metano entérico e desempenho animal do sistema de ILPF com 227 árvores de eucalipto por hectare.

Além disto, como trabalho inicial para futuros cálculos de estoque de carbono, Macedo et al. (2015) observaram as concentrações de carbono no solo deste sistema, na camada de 0-20 cm, cujos valores aumentaram de 1,83 g/cm³ de C, em 2008, para 2,33 g/cm³ de C, em 2014.

Tabela 3 - Emissão de metano entérico e desempenho animal de um sistema de ILPF

Período	Animal/ha	GMD (g/cab) ¹	g CH ₄ /cab/dia ²	kgCH ₄ /kg GMD
Águas (210 dias)	3,27	566	189	0,334
Seca (155 dias)	3,33	189	170	0,897

¹ Ganho médio diário (GMD) de fêmeas Nelore com peso vivo médio de 471 ± 8 kg.

² Emissão de metano (CH₄) por animal e por dia. ³ Emissão de metano/ganho médio diário. Fonte: Adaptado de Gamarra (2015) e Gomes et al. (2015).

Os sistemas de ILPF deste experimento foram planejados para um ciclo de 12 anos do componente arbóreo (eucalipto), com esquema de rotação de um ano com lavoura (soja) seguido de três anos com pecuária (recria de gado de corte). Aos oito anos da implantação dos sistemas, em 2016, será feito o desbaste, ou corte de 50% das árvores, com o objetivo de gerar receita e promover maior incidência de luz entre as fileiras de árvores, favorecendo o crescimento das culturas e forrageiras subsequentes. Aos 12 anos, o restante das árvores será cortado para venda de madeira para serraria.

Considerando somente o produto florestal, o sistema de ILPF com mais árvores apresenta potencial para maiores receitas, entretanto, também apresenta menores receitas provenientes da lavoura e da pecuária.

Costa et al. (2012), em estudo de avaliação econômica destes sistemas voltados para a recuperação de pastagens, concluíram que: (1) a ILP exige menos recursos para implantação, além de gerar benefício líquido positivo desde o primeiro ano, sendo uma opção atraente para produtores que não têm recursos próprios ou não estão dispostos a contrair empréstimos para fazer investimentos e, também, para produtores que preferem assegurar renda no curto prazo ou que não têm condições de suportar caixa negativo por período mais prolongado; e (2) a ILPF exige maior investimento para implantação, o que pode ser uma barreira à sua adoção; além disso, o fluxo de caixa líquido por vezes se apresenta negativo, dada a esperada queda na produção de carne/área em virtude do componente arbóreo. Porém, o perfil de longo prazo desses sistemas, que inclui significativas receitas geradas pelo eucalipto, resulta em alto retorno para o capital investido.

Considerações finais

Existem perspectivas favoráveis ao desenvolvimento de iniciativas voltadas às ações de mitigação de GEEs e de certificação ambiental. A demanda por produtos comprovadamente sustentáveis leva à agregação de valor ao/do produto, que favorece a viabilidade econômica dos sistemas de produção agropecuários. As tecnologias desenvolvidas

para implantação e manejo com ênfase na intensificação sustentável, via sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas silvipastoris, já estão disponíveis para os produtores em praticamente todas as regiões do Brasil, considerando inclusive as peculiaridades de cada região. Da mesma forma, as metodologias científicas para monitoramento da dinâmica de GEEs em sistemas de pecuária de corte estão bastante avançadas, permitindo assegurar a certificação e, portanto, o benefício palpável de tais sistemas. Esses fatores combinados colocam a marca-conceito Carne Carbono Neutro como uma iniciativa com alto potencial de contribuição para o sucesso da sustentabilidade da pecuária de corte brasileira.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 87-94.

ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ARAÚJO, A. R. Sistemas mistos como alternativa para a intensificação da produção animal em pastagens: integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 27, 2015, Piracicaba, SP. **Sistemas de Produção, Intensificação e Sustentabilidade da Produção Animal: anais**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2015. p. 57-82.

AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2002. 41 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 73).

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012. 173 p.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C. **Boas práticas para a implantação de sistemas**

silvipastoris. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2006. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 50).

COSTA, F. P.; ALMEIDA, R. G.; PEREIRA, M. A.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M. Avaliação econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta voltados para a recuperação de áreas degradadas em Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7, 2012, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: CATIE; CIPAV, 2012. p. 1-5. 1 CD-ROM.

COSTA, J. A. A.; QUEIROZ, H. P. **Régua de manejo de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. 7 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 125).

EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S. R. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2003. 43 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 139).

FERREIRA, A. D.; ALMEIDA, R. G.; ARAÚJO, A. R.; MACEDO, M. C. M.; BUNGENSTAB, D. J. Yield and environmental services potential of eucalyptus under ICLF systems. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS, 2015, Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 1 p.

FERREIRA, A. D.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J.; MELOTTO, A. M. Arranjos espaciais sobre a produtividade e o potencial de prestação de serviços ambientais do eucalipto em sistemas integrados. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7, 2012, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: CATIE; CIPAV, 2012. p. 1-5.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 544 p.

GAMARRA, E. L. **Produção de bovinos em sistemas de integração estabelecidos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. (no prelo).

GAMARRA, E. L.; ALMEIDA, R. G.; MORAIS, M. G.; OLIVEIRA, C. C.; PEREIRA, M.; MACEDO, M. C. M.; BUNGENSTAB, D. J. Produção de bovinos em sistemas de integração com três densidades de árvores, no Cerrado, durante a época das águas. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 9, 2014, Ilhéus, BA. **Anais...** Ilhéus, BA: SNPA, 2014. p. 1-3. 1 CD-ROM.

GOMES, R. C.; BERNDT, A.; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G. Enteric methane emission of Nellore cattle in extensive grazing or integrated systems. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS, 2015, Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 1 p.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 3. ed. Malabar: Krieger Publishing Company, 1993. 402 p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japan: IGES, v. 4, 2006.

MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; ARAÚJO, A. R.; FERREIRA, A. D. Soil carbon contents in integrated crop-livestock and crop-livestock-forest systems in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS, 2015, Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 1 p.

MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C. Suplementação de bovinos de corte na integração lavoura-pecuária-floresta. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 155-175.

MEDEIROS, S. R.; BARIONI, L. G.; BERNDT, A.; FREUA, M. C.; ALBERTINI, T. Z.; COSTA JUNIOR, C.; FELTRIN, G. Modeling enteric methane emission from beef cattle in Brazil: a proposed equation performed by principal component analysis and mixed modeling multiple regression. In: LIVESTOCK, CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY CONFERENCE, 2014, Madri. **Proceedings...** Madri: Livestock, Climate Change and Food Security, 2014. p. 37.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 248 p.

OFUGI, C.; MAGALHÃES, L. L.; MELIDO, R. C. N.; SILVEIRA, V. P. Integração lavoura-pecuária (ILPF), sistemas agroflorestais (SAFs). In: TRECENTI, R. et al. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária-silvicultura: boletim técnico**. Brasília, DF: MAPA/SDC, 2008. p. 20-25.

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).

PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A.; MULLER, M. Forrageiras tolerantes ao sombrea-

mento. In: ALVES, F. V. et al. (eds.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 149-168.

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

SERRA, A. P.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D. Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**: a produção sustentável. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 49-72.

ZANETTI, E. A. **O uso do Sispinus/Carboplan como ferramenta de suporte para a estimativa do carbono em atividades de projetos florestais**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008. 19 p. (Embrapa Florestas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39).

Embrapa

Gado de Corte

CGPE 12495

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA