

Fotos: Paulo G. de Abreu/Embrapa



Estimativa da emissão de gases de efeito estufa na produção de frangos de corte nos sistemas convencional e *dark house*

Paulo Armando Victória de Oliveira¹
Jonas Irineu dos Santos Filho²
Pauline Bellaver³
Gerson Neudi Scheuermann⁴
Luizinho Caron⁵

Introdução

As alterações climáticas e o aquecimento global são tópicos de debate científico e de interesse público, sendo os “gases de efeito estufa” (GEEs) apontados como principais causas. Dentre os GEEs, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) são considerados os mais importantes contribuintes, sendo a presença de metano e óxido nitroso na atmosfera menor que a de CO₂. Entretanto, a mensuração dos fluxos de emissão de metano e óxido nitroso é importante devido ao potencial de promoção do efeito estufa estar entre 21 e 23 vezes maior para o metano e entre 296 e 310 vezes maior para o óxido nitroso em relação ao CO₂ (SNYDER et al., 2008).

As estimativas nacionais de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa na agropecuária são importantes no atual cenário ambiental mundial (LIMA et al., 2006, 2012; BRASIL, 2009), pelo fato de o Brasil liderar a produção e exportação de vários produtos de origem agropecuária, ocupando posição de destaque na produção e exportação de carne de frangos, de bovinos e de suínos (USDA, 2012).

A produção de frangos é uma atividade fundamental para o desenvolvimento econômico do Brasil e das regiões onde está inserida. Por ser uma cadeia complexa, devido às relações e interrelações com outras atividades (milho, farelo de soja, vitaminas, minerais, sanidade animal, transporte, máquinas e equipamentos, genética avançada, etc.), a avicultura de corte apresenta um grande efeito multiplicador da renda e

¹ Engenheiro Agrícola, Ph. D. em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, paulo.armando@embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, D. Sc. em Ciência (Economia Aplicada), pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, jonas.santos@embrapa.br

³ Engenheira Sanitária Ambiental, consultora do Sindicarnes/SC, Florianópolis, SC, Pauline.Bellaver@brasilfoods.com

⁴ Engenheiro Agrônomo, Ph. D. em Ciência Avícola, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, gerson.scheuermann@embrapa.br

⁵ Médico Veterinário, D. Sc. em Genética e Biologia Molecular, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, luizinho.caron@embrapa.br

do Produto Interno Bruto brasileiro (Tabela 1). Já em termos de comércio exterior, a produção, comercialização e industrialização de frangos é responsável por 3,22% do total das nossas exportações. Estes

números, por si só, demonstram a grande importância desta atividade econômica para a sociedade brasileira.

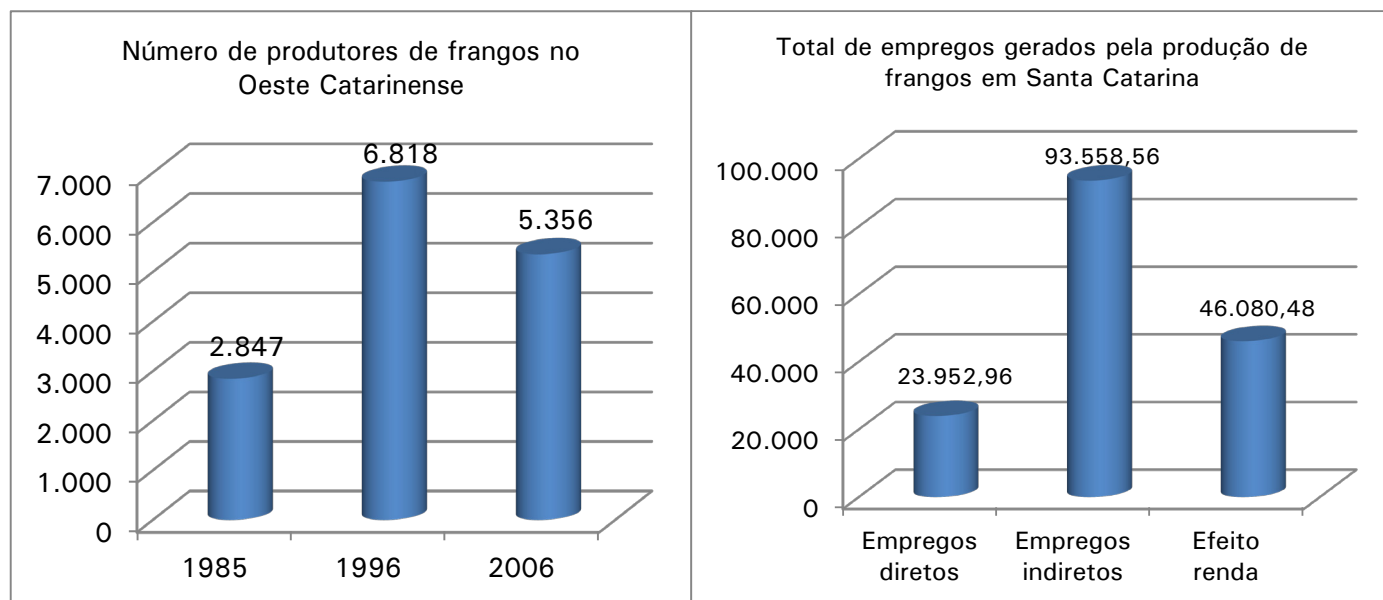
Tabela 1. Valor do mercado dos produtos de consumo final da cadeia produtiva da carne de frango em 2011

Mercado	Volume	Valor Médio	Valor Total	
	Mil t.	R\$/t.	R\$ milhões	US\$ milhões
Mercado Interno	9.116	4.570	41.660	24.872
Mercado externo	3.942	3.507	13.824	8.253
Total	13.058	4.249	55.484	33.125

Fonte: Cálculos dos autores.

O desenvolvimento da avicultura de corte esteve alicerçado na constante incorporação de tecnologias e no elevado grau de organização e coordenação do negócio. A produção de frango no Brasil vem alterando sua escala de produção de forma sistemática desde os seus primórdios nos anos 60, quando era comum a utilização de galpão rústico com somente 100 metros quadrados de área. Já em 1996, foi observado que existiam no Oeste Catarinense diversas escalas de produção, que variavam de galpões de 300 m², 600 m², 900 m² e 1.200 m² (CANEVER et

al., 1997). Atualmente, os galpões apresentam área superior a 1.000 m², observando-se o surgimento de instalações grandes, com até 4.800 m². Apesar do aumento na escala de produção, há que se considerar que o saldo da atividade é positivo para os estados produtores e para o Brasil. Em Santa Catarina, por exemplo, o número de propriedades rurais que se dedicavam à produção industrial de frangos foi ampliado em aproximadamente 2,3 mil produtores entre os anos de 1985 e 2006 (Figura 1).

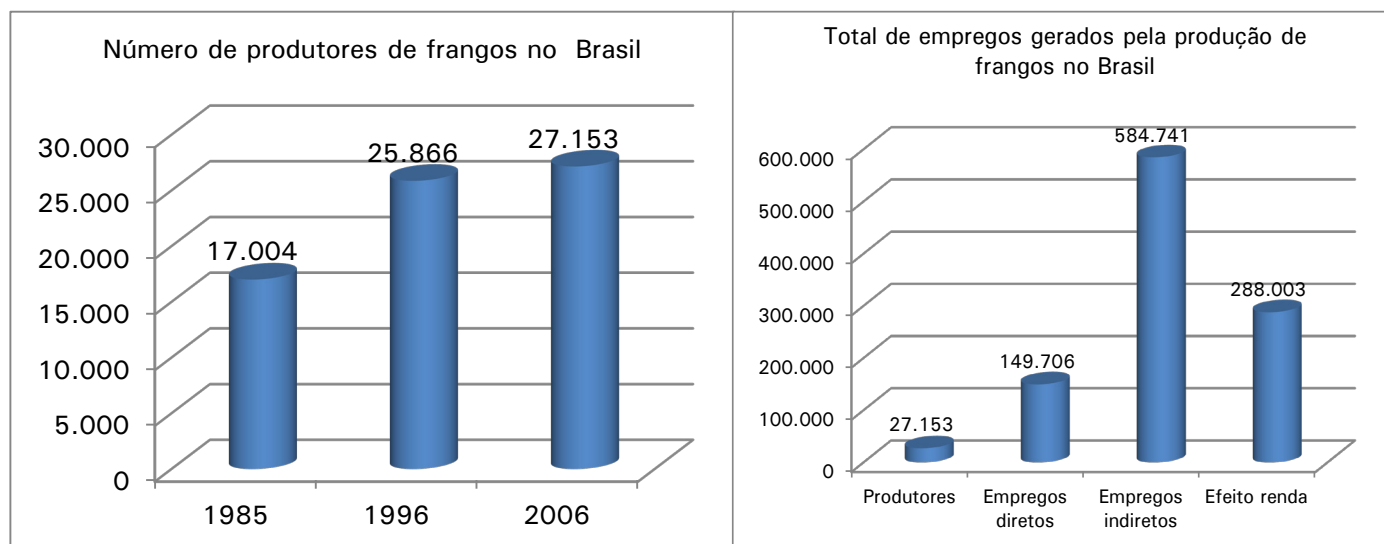


Fonte: Cálculo dos autores baseado em dados primários do IBGE e CAGED/MTE.

Figura 1. Número de produtores de frangos e total de empregos gerados em Santa Catarina

Por serem cadeias produtivas longas, seu dinamismo possibilitou o surgimento de empregos em outros setores que não somente a produção primária. Assim, observou-se que no Oeste de Santa Catarina o emprego na produção de alimentos (dominado nesta região pelo abate e processamento de carne de suínos e de frangos) saltou de 18.064 para 52.320 em va-

gas ocupadas no período de 1985 e 2006 (SANTOS FILHO, 2008). No Brasil, para o ano de 2011, tem-se que o emprego total gerado pela cadeia produtiva de frangos seja superior a um milhão de vagas distribuídas entre os setores de abate e processamento, bem como empregos indiretos (Figura 2).



Fonte: Cálculo dos autores baseado em dados primários do IBGE e CAGED/MTE.

Figura 2. Número de produtores de frangos e total de empregos gerados no Brasil

O aumento de escala e a incorporação de novas tecnologias possibilitou a queda sistemática no custo de produção e o incremento do consumo e das exportações. Partindo de uma produção inexpressiva em 1970, o Brasil é hoje o terceiro maior produtor mundial e o maior exportador. A perspectiva futura é que a posição brasileira na produção de carne de frango se fortaleça ainda mais. Segundo o relatório “Projeções do Agronegócio 2011/2012 a 2020/2021” do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), realizado em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a produção de frango deverá crescer ao ano em média 4,2% de 2011 até 2022, chegando ao final do período com aproximadamente 20 milhões de toneladas de carne. Este crescimento na escala de produção deverá elevar a demanda por mão de obra em diversos outros setores, sendo fator de crescimento da economia nacional e, mais especificamente, dos estados e municípios onde se desenvolve.

Entretanto, é necessário que as novas tecnologias propiciem o desenvolvimento sustentável da atividade, especialmente com baixo impacto sobre o meio ambiente. As novas tecnologias de produção e manejo, já disponíveis para a avicultura, podem impactar de forma benéfica o meio ambiente uma vez que reduzem as emissões dos gases de efeitos estufa. Este estudo tem o objetivo de estimar a redução na emissão de GEE no sistema de produção em aviário do tipo *dark house* em comparação ao aviário convencional. Para tanto, foram considerados os fatores conversão alimentar, consumo de ração, consumo

de energia elétrica, área construída, substituição de combustível e uso de maravalha.

Determinação das emissões dos GEE

Utilizou-se a simulação da emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE) em aviário Convencional (CV) e *Dark House* (DH), com o objetivo de comparar a geração destes gases nos dois sistemas de produção de frango de corte. Foram utilizadas as equações recomendadas pelo Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC, 2006).

Os aviários estudados têm as seguintes características:

- **Aviário CV:** possui comedouro automático, bebedouro nipple, aquecimento a gás, iluminação por lâmpadas incandescentes, sistema de resfriamento por ventilação em pressão positiva e nebulização. Possui forro e cortinas laterais de rafia, 1.200 m² de área, com 13,3 aves por m² (totalizando 15.960 aves), com peso médio de 27,93 kg. (m²)⁻¹;
- **Aviário DH:** possui comedouro automático, bebedouro nipple, aquecimento a lenha e exaustores em pressão negativa, sendo o resfriamento realizado por nebulização e o uso de “pad cooling”, sendo indispensável o uso de gerador de energia. A iluminação é feita por lâmpadas LED com controle da intensidade de luz realizado por meio de dimmer. Possui forro de polietileno preto internamente e claro na parte externa, área de 2.400 m², com 16,2 aves por m² (totalizando 38.880 aves), com peso médio de 34,02 kg. (m²)⁻¹.

Os dados para o estudo foram fornecidos pelo SINDI-CARNE/SC e UBABEF. Os fatores relacionados à eficiência de produção estão diretamente relacionados

à emissão dos GEE, sendo que a conversão alimentar é um dos principais indicadores avaliados.

Tabela 2. Apresentação resumida dos dados técnicos de produção de frango de corte dos aviários convencional e *dark house* utilizados nas simulações deste estudo

Parâmetros	Unidade	Convencional	Dark House
Lotes por ano	Lotes/ano	6,75	7
Densidade	aves/m ²	13,3	16,2
Peso de abate	kg	2,1	2,1
Idade de abate	Dias	42	40
Conversão alimentar	kg	1,78	1,70
Mortalidade	%	4,0	4,0

Fonte: SINDICARNE/SC e UBABEF.

Conversão alimentar

Analisou-se os resultados de conversão alimentar (CA) obtidos de uma série histórica de desempenho zootécnico dos frangos no sistema de produção brasileira, tomando como base alguns itens de desempenho zootécnico. A média da CA observada nos aviários CV e DH foi de 1,780g ± 150g e 1,700g ± 125g, respectivamente. A partir da CA foi estimado o volume de excretas produzidas pelas aves utilizado as equações recomendadas pelo IPCC (2006), Vol. 4 Cap. 10. O volume de excretas obtido nos dois sistemas de produção, sendo para o CV de 0,432 g.dia⁻¹ e para o DH de 0,413 g.dia⁻¹, demonstra uma redução de 0,019 g por ave no sistema DH. A partir dos valores das excretas produzidas, estimamos as emissões dos gases CH₄ e de N₂O para as respectivas tecnologias. O metano (CH₄) foi determinado pela metodologia de "Tier 2" do IPCC (2006), utilizando os valores *default* descritos. No cálculo das emissões, foram utilizadas as mesmas equações para determinar a geração de gases, considerando-se os sólidos voláteis estimados para cada sistema produtivo. A seguir, são descritas as equações utilizadas para a determinação das emissões de CH₄ e N₂O.

Fator de emissão de CH₄

$$EF_{CH_4} = (VS_{CH_4} * dens_{CH_4} * B_o * MCF * GWP_{CH_4}) / 1000$$

Onde:

EF_{CH_4} = fator de emissão para aves, kg CH₄.ano⁻¹

VS_{CH_4} = sólidos voláteis excretados.ave⁻¹.dia⁻¹

B_o = capacidade de produção de metano, m³ CH₄.kg⁻¹ de VS excretado

$dens_{CH_4}$ = densidade 0,67 kg.m⁻³

MCF = fator de conversão para o tratamento de excreta por clima e região, %

GWP_{CH_4} = potencial de aquecimento global, para CH₄

Fator de Emissão de N₂O

$$EF_{N_2O} = EF_{volatilizado} * N_2O/N * GWP_{N_2O} * VS_{N_2O}$$

Onde:

EF_{N_2O} = fator de emissão N₂O pela volatilização, kg N₂O.ano⁻¹

$EF_{volatilizado}$ = fator de emissão N₂O, valor *default* 0,01 kg N₂O-N (kg NH₃-N + NOx-N volatilizado)⁻¹, IPCC (2006) Cap. 11, Tabela 11.3

VS_{N_2O} = sólidos voláteis excretado.ave⁻¹.dia⁻¹

GWP_{N_2O} = potencial de aquecimento global, para N₂O

N_2O = concentração de óxido nitroso

N = número de animais

Observação: no cálculo das emissões de N₂O foram utilizados os parâmetros determinados pela metodologia de "Tier 2" e utilizados os valores *default* disponíveis no IPCC (2006), vol. 4, cap. 10, Equação 10.27.

Emissões reduzidas utilizando como fator a conversão alimentar

$$ER_{conversão} = ((EF_{CH_4.AC} + EF_{N_2O.AC}) - (EF_{CH_4.DH} + EF_{N_2O.ADH})) * N * Dy$$

Onde:

$ER_{conversão}$ = emissões reduzidas na conversão alimentar avicultura, t.CO₂eq.

EF_{N_2O} = emissões reduzidas N₂O pela volatilização, t.N₂O ave⁻¹.ano⁻¹

EF_{CH_4} = fator de emissão para determinada população, t. CH₄ ave⁻¹.ano⁻¹

N = número de animais

Dy = dias de produção

Redução das emissões dos GEE em função do consumo de grãos

No cálculo das emissões dos GEE, usou-se os fatores de emissão estimados para soja e milho recomendados pela UFRRJ com base no IPCC (2006), para a concentração de N obtida durante o processo de produção. No cálculo da estimativa da emissão em função da economia de ração devido a menor conversão alimentar observada nos aviários DH, foi utilizada a fórmula recomendada pela United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, [2011]), (AMS-III.D.: Methane recovery in animal manure management systems - Version 18.0). Os cálculos foram baseados tomando-se uma ração de referência tendo como base a proporção de 65% de milho e 25% de soja.

Economia de ração consumida

$$Eco_{ração} = (C_{milho AC} + C_{soja AC}) - (C_{milho ADH} + C_{soja ADH})$$

Onde:

$Eco_{ração}$ = economia de ração consumida, por ave

$C_{milho AC}$ = consumo de milho em aviário convencional, g.ave⁻¹

$C_{soja AC}$ = consumo de soja em aviário convencional, g.ave⁻¹

$C_{milho ADH}$ = consumo de milho em aviário *dark house*, g.ave⁻¹

$C_{soja ADH}$ = consumo de soja em aviário *dark house*, g.ave⁻¹

Emissões reduzidas pelo uso de milho e soja

$$ER_{soja + milho} = (Eco_{ração} * 65% * FE_{milho}) + (Eco_{ração} * 25% * FE_{soja}) * 1000$$

Onde:

$ER_{soja + milho}$ = emissão reduzida da economia consumida na ração de milho e soja, t.CO₂eq.ano⁻¹

$Eco_{ração}$ = economia de ração consumida, por ave

FE_{soja} = fator de emissão da soja em t.CO₂eq.ano⁻¹

FE_{milho} = fator de emissão do milho em t.CO₂eq.ano⁻¹

Redução das emissões de GEE em função da economia de energia

No cálculo da redução das emissões dos GEE, considerou-se a economia de energia observada nos aviários *dark house*, quando comparado aos aviários convencionais. Os cálculos foram baseados na substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de LED. A equação utilizada no cálculo para o consumo de energia seguiu metodologia recomendada pela UNFCCC(AMS-III.D.: Methane recovery in animal manure management systems - Version 18.0). O fator de emissão da energia consumida foi obtido do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS para o ano de 2011 (BRASIL, 2011).

Economia de energia pela substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED.

$$Eco_{eletricidade} = (\sum EC * 12meses * 520h / 1000)$$

Onde:

$Eco_{eletricidade}$ = economia de energia, kWh

$\sum EC$ = somatório da economia de energia, diferença entre o consumo entre lâmpadas incandescente e LED, kWh

Redução das emissões pela substituição de lâmpada incandescentes por LED

$$ER_{\text{eletricidade}} = \sum LLDH * Eco_{\text{eletricidade}} * FE_{\text{eletricidade}}$$

Onde:

$ER_{\text{eletricidade}}$ = emissões reduzidas de energia consumida, t.CO₂eq.ano⁻¹

$\sum LLDH$ = somatório do número de lâmpadas dentro do aviário, *dark house*

$Eco_{\text{eletricidade}}$ = emissões reduzidas pela economia de energia, t.CO₂eq.ano⁻¹

$FE_{\text{eletricidade}}$ = fator de emissão de eletricidade, t.CO₂eq.MWh⁻¹, fonte ONS.

Redução das emissões de GEE em função da menor área de aviário construída

O aviário DH demanda uma menor área construída quando comparado ao aviário convencional para o mesmo número de aves alojadas. Sendo assim, foram estimados os valores de redução de área em construção civil para implantação de aviários tipo DH. A partir da determinação desta redução de área construída, multiplicou-se o fator de emissão de GEE para a construção civil referente ao período de construção, conforme Neuding (2009). A equação utilizada no cálculo segue a recomendação da UNFCCC.

$$ER_{\text{área}} = \sum EA * FE_{\text{construção civil}}$$

Onde:

$ER_{\text{área}}$ = emissões reduzidas pela economia de área, t.CO₂.ano⁻¹

$\sum EA$ = somatório de área economizada em construção civil, diferença entre as áreas construídas de aviário convencional e de *dark house*, m²

$FE_{\text{construção civil}}$ = Fator de emissão de construção civil, t.CO₂eq.(m⁻²)

Redução das emissões de GEE em função da substituição de combustível

Para efeito de cálculo, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), usado em aviários foi substituído por biomassa (lenha). Foram considerados nos cálculos para estimar as reduções de emissões de GEE, na troca de biocombustível, os fatores de emissão recomendados pelo IPCC (2006). No fator de emissão da biomassa, foram desconsideradas as emissões de kgCO₂eq.

kg⁻¹ biomassa, pois se entende que a emissão de gases na queima da biomassa é compensada pela plantação/absorção de CO₂eq no reflorestamento em constante manutenção.

No cálculo da redução das emissões foi considerado que o GLP tem poder calorífico três vezes maior que o poder calorífico da biomassa, sendo que os fatores de emissão também são diferentes para cada tipo de combustível.

Redução das emissões considerando a substituição de combustível

$$FE_{\text{economia}} = FE_{\text{GLP}} - FE_{\text{biomassa ajustado}} * 1000$$

Onde:

FE_{economia} = fator de emissão da economia de biocombustível, t.CO₂eq.ano⁻¹

FE_{GLP} = fator de emissão do GLP, kgCO₂eq.kg GLP⁻¹

FE_{biomassa} = fator de emissão do GLP, kgCO₂eq.kg biomassa⁻¹

Equivalência de poder calorífico

$$1 \text{ (GLP)} : 3 \text{ (biomassa)} \\ FE_{\text{biomassa ajustado}} = 3 * FE_{\text{biomassa}}$$

$FE_{\text{biomassa ajustado}}$ = fator de emissão ajustado pelo poder calorífico, t.CO₂eq.ano⁻¹

FE_{biomassa} = fator de emissão do GLP, kgCO₂eq.kg biomassa⁻¹

Equivalência consumo

C_{GLP} = consumo de GLP kg.lote⁻¹

C_{biomassa} = consumo biomassa kg.estéril.lote⁻¹

Redução das emissões de biocombustível

$$ER_{biocombustível} = (C_{GLP} * FE_{GLP}) - (C_{biomassa} * FE_{biomassa\ ajustado})$$

Onde:

$ER_{biocombustível}$ = emissões reduzidas em relação a substituição do biocombustível, t.CO₂eq.ano⁻¹

C_{GLP} = consumo de GLP kg.lote⁻¹

$C_{biomassa}$ = consumo biomassa kg.estéril.lote⁻¹

FE_{GLP} = fator de emissão do GLP, kgCO₂eq.kg GLP⁻¹

$FE_{biomassa\ ajustado}$ = fator de emissão ajustado pelo poder calorífico, t.CO₂eq.ano⁻¹

Redução das emissões de GEE em função da redução do consumo de maravalha

A redução das emissões dos GEE estimadas pela redução do uso da maravalha foi calculada com o uso do fator de emissões recomendado pelo IPCC (2006). No cálculo realizado, tomando-se por base a economia de maravalha por ano para a estimativa das reduções das emissões, foi utilizada a fórmula da UNFCCC e também utilizou-se o método de equivalência de consumo entre os aviários convencional e *dark house*.

Economia no consumo de maravalha

$$EC_{maravalha} = CAC_{maravalha} - CADH_{maravalha}$$

Onde:

$EC_{maravalha}$ = economia de consumo de maravalha, m³ maravalha.ano⁻¹

$CAC_{maravalha}$ = consumo de maravalha em aviário convencional, m³ maravalha.ano⁻¹

$CADH_{maravalha}$ = consumo de maravalha em aviário *dark house*, m³maravalha.ano⁻¹

Emissões reduzidas pelo uso da maravalha

$$ER_{maravalha} = (EC_{maravalha} * FE_{biomassa}) / 1000$$

Onde:

$ER_{maravalha}$ = emissões reduzidas de maravalha, t.CO₂eq.ano⁻¹

$EC_{maravalha}$ = economia de consumo de maravalha, m³ maravalha.ano⁻¹

$FE_{biomassa}$ = fator de emissão do GLP, kgCO₂eq.kg biomassa⁻¹

Resultados

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do estudo comparativo entre os aviários convencionais e *dark house*, considerando às diferenças quanto ao desempenho zootécnico e a conversão alimentar (CA) das aves. A partir da simulação, pode-se observar que as emissões de GEE (CO₂ e N₂O) são menores em 263.433 t.CO₂eq.ano⁻¹ em aviário *dark house* do que no convencional, devido à melhor CA, que reduz o volume de excretas. Além disso, a melhor CA possibilita economia no consumo de ração, o que também reduz as emissões de GEE em 248.427,75 t.CO₂eq.ano⁻¹, que pode ser observada na Tabela 3. A redução total dos GEEs devido a CA foi de 511.860,7 (Tabela 3).

Na Tabela 4, observa-se a redução das emissões de GEE através da substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED, redução da área construída, substituição de combustível GLP por lenha e economia no consumo de maravalha na produção de frangos de corte. As emissões reduzidas dos GEE em função da diminuição de 20% da área construída entre os dois tipos de aviário totalizaram 2.199.991 t.CO₂eq. Pode-se observar também que a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED, possibilita redução de 432.743 t.CO₂eq. Em relação às emissões de GEE com a troca de combustível para o aquecimento das aves, a simulação demonstra redução de 505.363 t.CO₂eq. enquanto a redução das emissões advinda da economia de maravalha totalizou 3.874 t.CO₂eq.

Na Tabela 5 observa-se o comparativo dos resultados e ganhos ambientais entre os sistemas de produção de aves entre os aviários convencionais e *dark house*. A redução total de emissões de GEE no sistema DH foi de 3.653.831,8 t.CO₂eq.ano⁻¹. Trata-se de uma redução significativa anual nas emissões quando utilizado o sistema *dark house* em relação ao sistema convencional de produção de frango de corte.

Tabela 3. Redução nas emissões de CO₂ e N₂O devido a melhor conversão alimentar na produção de frangos de corte criados em aviário tipo *dark house* em relação ao convencional

Parâmetros	Unidade	Convencional	Dark House	Emissão reduzida
Coefficientes técnicos e zootécnicos				
Plantel de aves no Brasil	Frangos (1000)	6.232.500	6.232.500	-
Número de lotes por ano	Unidade	6,75	7,02	-
Peso médio das aves	kg	2,1	2,1	-
Peso total	kg.frango.ano ⁻¹ (1000)	13.088.250	13.088.250	-
Conversão alimentar média	kg.kg ⁻¹	1,78	1,70	-
Consumo médio de ração	kg.ração.ano ⁻¹ (1000)	23.297.085	22.250.025	-
Excreta de aves (89% MS, sendo 13% excreta)	kg.dia ⁻¹	0,04324866	0,0413049	-
Número de dias produção por lote	Dias	42	40	-
Emissões em função da Conversão Alimentar (CA) das aves				
EF_SV _{CH₄} (IPCC 0,02)	kg SV animal ⁻¹ .dia ⁻¹	0,02	0,01910	-
Densidade CH ₄	kg.m ⁻³	0,67	0,67	-
Bo	m ³ CH ₄ .kg ⁻¹	0,39	0,39	-
MCF	Fator de correção	0,015	0,015	-
GWP_CH ₄	Unidade	21 - 23	21 - 23	-
EF_CH ₄	t. Equivalente CO ₂	10.259.879,18	9.798.761,01	461.118,16
EF_SV (IPCC 0,82N p/a 1000kg aves/dia)	kg SV animal ⁻¹ .dia ⁻¹	0,0017	0,0016	-
GWP_N ₂ O	Unidade	296 - 310	296 - 310	-
N ₂ O/N	Adimensional	1,57	1,57	-
EF volatilizado	kg N ₂ O-N	0,01	0,01	-
EF_N ₂ O	t. CO ₂ eq	51.567.081,75	48.533.724	3.033.357,75
Emissão por excretas/dia	t. CO ₂ eq	61.826.960,93	58.332.485,01	3.494.475,91
Emissão por excretas por ave pela CA	t. CO₂ eq	2.596.732,4	2.333.299,4	263.433
Emissões em função do menor consumo de ração				
Fator de emissão da soja	t. CO ₂ eq	0,1173	0,1173	-
Fator de emissão do milho	t. CO ₂ eq	0,31	0,31	-
Consumo de milho	t. milho	15.143.105.250	14.462.516.250	-
Consumo de farelo de soja	t. farelo de soja	5.824.271.250	5.562.506.250	-
Consumo de soja	t. soja	7.102.769.817	6.783.544.207	-
Emissões da soja	t. CO ₂ eq.	833.154,9	795.709,7	37.445,16
Emissões do milho	t. CO ₂ eq.	4.694.362,6	4.483.380,0	210.982,6
Emissões do milho e soja	t. CO ₂ eq.	5.527.517,5	5.279.089,8	248.427,7
Total redução de emissões pela CA				511.860,7

Tabela 4. Redução das emissões dos gases, CO₂ e N₂O, na produção de frangos de corte criados nos aviário convencional e *dark house* devido à melhoria na eficiência do consumo de energia elétrica, área construída, aquecimento das aves e economia de maravalha

Parâmetros	Unidade	Convencional	Dark House	Emissão reduzida
Emissões em função do consumo de energia elétrica				
Consumo de energia elétrica por lote	kWh.lote ⁻¹	1.700	3.220	-
Consumo de energia elétrica por frango	kWh.frango ⁻¹	0,106516291	0,08281893	-
Consumo total de energia elétrica	kWh	663.862.782,0	516.168.981,5	-
Emissões por Eletricidade (kWh)	t. CO ₂ eq.kWh ⁻¹	0,00293	0,00293	-
Eletricidade tot. de emissões por ano	t. CO₂eq.	1.945.118,0	1.512.375,1	432.742,8
Emissões em função da área construída				
Densidade	Frangos.(m ²) ⁻¹	13,3	16,2	-
Área construída	m ²	69423558,9	54803735,36	-
Fator de emissão para construção	kgCO ₂ eq.(m ²) ⁻¹	150,48	150,48	-
Área emissão por área construída	t. CO₂ eq	10.446.857,1	8.246.866,1	2.199.991,0
Emissões devido ao aquecimento das aves				
Fator emissão de GLP	t. CO ₂ eq.kg biomassa ⁻¹	2,9846	-	-
Fator de emissão de biomassa	t. CO ₂ eq.kg GLP ⁻¹	-	0,0053	-
Fator de emissão de biomassa ajustado	t. CO ₂ eq.kg GLP ⁻¹	-	0,0159	-
Consumo de GLP por ave	kg.frango ⁻¹	0,02819	0,0053	-
Consumo de biomassa por ave	kg.frango ⁻¹	-	0,192901235	-
Emissão para aquecimento	t. CO₂ eq	524.478,9	19.115,9	505.363,0
Emissões devido a economia de Maravalha				
Consumo de maravalha por lote	m ³	8,8888	17,0940	-
Total de maravalha por 1.000 ave	m ³	0,556948	0,439661	-
Fator de emissão de biomassa	t. CO ₂ eq.kg GLP ⁻¹	0,0053	0,0053	-
Emissões da maravalha	t. CO₂eq	18.397,2	14.523,0	3.874,3

Assumindo-se como hipótese que 50% das instalações de frangos de corte no Brasil sejam modernizadas, a redução estimada nos GEE seria igual à emissão de carbono equivalente de 1 milhão de habitantes, considerando a geração *per capita* de 2,05 toneladas (THE WORLD BANK, 2008). Este resultado corrobora a constatação de Spies (2003) e Silva Junior (2011) quanto à importância da alteração tecnológica no sistema produtivo de frangos de corte visando reduzir a emissão dos gases de efeito estufa. A sustentabilidade das cadeias de produção de aves depende da capacidade de sua adequação aos novos desafios impostos pela sociedade, a qual está se tornando menos tolerante aos impactos ambientais oriundos dos atuais modelos de criação (MAZZUCO, 2008).

Na COP15 em 2009, o Brasil assumiu o compromisso de reduzir a emissão de gases de efeito estufa de 36,1 a 38% até 2020, o que corresponde a cerca de 1 bilhão de toneladas de CO₂eq por ano. O setor agropecuário ficou com o desafio de responder por 13 a 16% desse total, conforme apresentado na Tabela 6. Portanto, a adoção da tecnologia *dark house* na avicultura poderia contribuir com a redução de 3,6 milhões de toneladas por ano, ou seja, cerca de 2,8% da meta agropecuária estabelecida no programa Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC). Trata-se de uma contribuição importante para um setor que, para ser competitivo no mercado global, precisa comprovar desempenho ambiental compatível com princípios da sustentabilidade.

Tabela 5. Resultados demonstrativos dos ganhos ambientais e da redução das emissões de GEE em t.CO₂eq.ano⁻¹ comparando à melhoria na tecnologia

Parâmetros	Tecnologia Atual	Tecnologia Melhorada	Ganhos Ambientais	Emissão Reduzida no ano da implantação (t. de CO ₂ eq./ ano)
Sistema de produção de aves	Aviário convencional (pressão positiva)	<i>Dark house</i> (pressão negativa)	Ganhos com conversão alimentar, densidade alojada, ambiência e otimização de estrutura. Redução da mortalidade e consumo de água	-
Conversão alimentar das aves (CA)	Maior	Redução de cerca de 80g	Redução de emissão GEE advinda do menor volume de excretas e do menor consumo de grãos. Em consequência, ocorre a redução de emissões de GEE na fonte	511.860,7 (14,01%)
Aquecimento das aves	Utilização de gás GLP e lenha	Utilização de lenha	Combustível de fonte renovável. Automatização do equipamento de aquecimento, reduzindo consumo de matéria-prima (lenha)	505.363,0 (13,83%)
Troca de cama do aviário	A cada um ano	A cada dois anos	Redução de utilização de matéria-prima como maravalha, e do volume de resíduos de cama lançados ao meio ambiente	3.874,3 (0,11%)
Iluminação do aviário	Lâmpadas incandescentes	Lâmpadas de LED	Menor impacto ambiental, devido ao consumo menor de energia. Substituição de lâmpadas incandescentes por LED	432.742,8 (11,84%)
Densidade de alojamento	Menor (13,3 aves/m ²)	Maior (16,2 aves/m ²)	Redução de 20% (420.000 m ²) de área construída, além de estrutura de madeira, concreto e demais materiais de construção e otimização da estrutura para alojamento em maior densidade, reduzindo assim as emissões de GEE na fonte geradora dos materiais	2.199.991 (60,21%)
TOTAL				3.653.831,8 (100%)

Tabela 6. Compromisso assumido pelo Brasil (COP 15) de redução de gases de efeito estufa nos diferentes sistemas agropecuários

Processo Tecnológico	Compromisso (aumento de área/uso)	Potencial de Mitigação (milhões t. CO ₂ eq)
Recuperação de pastagens degradadas ¹	15,0 milhões ha	83 a 104
Integração lavoura-pecuária-floresta ²	4,0 milhões ha	18 a 22
Sistema plantio direto	8,0 milhões ha	16 a 20
Fixação biológica de nitrogênio	5,5 milhões ha	10
Florestas plantadas ³	3,0 milhões ha	-
Tratamento de dejetos animais	4,4 milhões m ³	6,9
Total		133,9 a 162,9

Fonte: MAPA

1 Por meio do manejo adequado e adubação.

2 Incluindo Sistemas Agroflorestais (SAFs).

3 Não está computado o compromisso brasileiro relativo ao setor da siderurgia; e, não foi contabilizado o potencial de mitigação de emissão de GEE.

Conclusões

O estudo comparativo entre os sistemas de produção de frangos convencional e *dark house* demonstrou a possibilidade de redução das emissões de GEE em função da modernização tecnológica. Com base na metodologia proposta pelo IPCC (2006), demonstrou-se redução de 3,65 milhões de toneladas de CO₂ equivalente por ano caso a avicultura de corte brasileira passe a adotar aviários tipo *dark house*. Esta tecnologia contribuiria com cerca de 2,8% da meta de redução da agropecuária estabelecida no programa Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Isto é importante para uma atividade que, para ser competitiva no mercado global, precisa comprovar desempenho ambiental sustentável.

A modernização dos sistemas produtivos de frango de corte com a adoção de sistemas automatizados tipo *dark house* parece ser o grande desafio da avicultura brasileira para os próximos anos, principalmente devido aos impactos na redução de gastos com energia e alimentação e menor emissão de gases de efeito estufa. Entretanto, em função da necessidade de alto investimento inicial e das baixas rentabilidade e capitalização do setor agropecuário é necessário viabilizar recursos financeiros com prazos de pagamento e juros compatíveis, visando manter a participação brasileira neste mercado altamente globalizado e competitivo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Airton Spies (EPAGRI, SC) pelas relevantes contribuições técnicas para a melhoria do trabalho.

Referências

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**: informações gerais e valores preliminares. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/geesp/docs/brasil/6.pdf>>. Acesso em 12 de agosto de 2009.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Meteorologia e mudanças**: arquivos dos fatores de emissão. ONS para o ano de 2011. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

CANEVER, M. D.; TALAMINI, D. J. D.; CAMPOS, A. C.; SANTOS FILHO, J. I. dos. **A cadeia produtiva do frango de corte no Brasil e na Argentina**. Concordia: EMBRAPA-CNPASA, 1997. 150 p. (EMBRAPA-CNPASA. Documentos, 45).

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Programme**. Hayama: IGES, 2006.

LIMA, M. A. de; PESSOA, M. C. P. Y.; LIGO, M. A. V. **Emissões de metano da pecuária**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. 76p. (Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência).

LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. de A.; URQUIAGA, S. (Ed.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 347 p.

MAZZUCO, H. Ações sustentáveis na produção de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 230-238, 2008.

NEUDING, R.G. Emissões de carbono na construção civil. **ATA**, 3 jun. 2009. Disponível em: <<http://www.atapart.com.br/2009/06/03/emissoes-de-carbono-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

SANTOS FILHO, J. I. dos. Aglomerados produtivos no Brasil - um estudo de caso do oeste catarinense. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 2., 2008, Chapecó. **Integração da economia catarinense do cone sul**: anais dos artigos científicos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008. p. 562-579.

SILVA JÚNIOR, V. P. da. **Effects of intensity and scale of production on environmental impacts of poultry meat production chains- LCA of french and brazilian poultry production scenarios**. 2011. 175 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis.

SNYDER, C. S.; BRUULSEMA, T. W.; JENSEN, T. L. Melhores práticas de manejo para minimizar emissões de gases de efeito estufa associadas ao uso de fertilizantes. Piracicaba, SP. **Informações Agrônomicas**, n. 121, p. 13-14. mar. 2008.

SPIES, A. **The sustainability of the pig and poultry industries in Santa Catarina, Brazil: a framework for change**. 2003. 408 f. Tese (Doutorado) - University of Queensland, Brisbane, Australia. School of Natural and Rural Systems Management. 2003.

THE WORLD BANK. **Indicators. Climate Change - CO2 emissions (kt)**. 2008. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT/countries/1W?display=graph>>. Acesso em: 9 jul. 2012.

UNFCCC. **AMS-III.D.**: methane recovery in animal manure management systems. Versão 18.0. [2011]. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/OIB3708ROJ5JRJXIUWQAJRCDUFP2/view.html>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

USDA. PSD - Production, supply and distribution. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdquery.aspx>>. Acessado em 15/07/2012.

Comunicado Técnico, 504

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves

Endereço: BR 153, Km 110,
Distrito de Tamanduá, Caixa Postal 21,
89700-000, Concórdia, SC
Fone: 49 34410400
Fax: 49 34410497
E-mail: sac@cnpasa.embrapa.br

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



1ª edição

Versão Eletrônica: (2012)

Comitê de Publicações

Presidente: Luizinho Caron

Membros: Gerson N. Scheuermann, Jean C.P.V.B. Souza, Helenice Mazzuco, Nelson Morés e Rejane Schaefer
Suplente: Mônica C. Ledur e Rodrigo S. Nicoloso

Revisores Técnicos

Dirceu J.D. Talamini e Martha M. Higarashi

Expediente

Coordenação editorial: Tânia M.B. Celant
Editoração eletrônica: Vivian Fracasso
Revisão gramatical: Lucas S. Cardoso
Revisão bibliográfica: Cláudia A. Arrieche