

## RESUMO

A produção animal exerce um papel importante na alimentação humana, sendo fonte de proteína de qualidade para a população. No entanto, a forma como vem sendo praticada, é considerada de alto impacto sobre os ecossistemas naturais do planeta. Assim, é importante destacar que o uso dos recursos naturais (solo permeável, água residente, ar, vegetação permanente diversificada) de forma inadequada está sendo apontado como causa da queda da produção agrícola e também da desertificação de áreas em todo o mundo e inclusive em determinadas regiões do Nordeste brasileiro, com avanço rápido dos sintomas de aridização nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e também Sul, conforme demonstram imagens de satélite recentes. Esta situação se torna mais crítica quando se observa que o crescimento da população mundial exerce de forma efetiva um aumento da demanda por alimentos. Dessa forma, espera-se, por consequência, o crescimento da oferta de alimentos, que deve ocorrer pelo aumento da produtividade ou pela abertura de novas áreas para a exploração agropecuária. Assim, é de suma importância tratar dos temas que propiciam a produção animal de forma sustentável, buscando inserir nos sistemas de produção pecuária práticas de manejo que proporcionem aumento da produtividade com menor impacto sobre o ambiente.

*Palavras-chave:* clima; metano; pastagem; ruminante;

## INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial exerce de forma efetiva um aumento da demanda por alimentos. Dessa forma, espera-se, por consequência, o crescimento da oferta de alimentos, quer seja pelo aumento da produtividade ou pela abertura de novas áreas para a exploração agropecuária. De uma forma ou de outra o impacto ambiental estar presente, tendo em vista que, na maior parte dos casos, não existem ações sustentadas para as atividades exploradas seguindo normas de boas práticas de manejo de água, de solo e de vegetação. Muitas dessas intervenções ocorridas, com o objetivo de aumentar a produtividade agropecuária, podem levar, em curto intervalo de tempo, a uma resposta contrária à desejada, sendo reflexo do uso de práticas perdulárias de exploração dos



recursos naturais e dos insumos. Um exemplo típico dessas ocorrências é a degradação precoce das áreas de pastagens na região Norte do país, em função do uso de solos próprios para o cultivo ou pela introdução de cultivares de plantas forrageiras que não se adaptaram às condições regionais ou pela eliminação de infra-estruturas naturais que realizam serviços ambientais essenciais para os sistemas de produção, ou a não incorporação destas estruturas e serviços ambientais essenciais nos sistemas de produção sob clima tropical. Também, pode ser destacado, o uso inadequado do bioma caatinga no Nordeste do Brasil pela utilização de práticas que empregam a substituição da vegetação nativa por espécies exóticas não resistentes às condições áridas da região. Nessas condições de exploração, diversas plantas nativas estão sendo extintas sem que fossem devidamente estudadas quanto ao potencial produtivo ou à possibilidade de memoramento genético, o que poderia representar opções de cultivo para a alimentação animal ou humana para essas áreas. As conseqüências são perda de biodiversidade e controle de pragas, impermeabilização do solo, impedimento à recarga dos lençóis freáticos e aquíferos, chuvas mais curtas e mais intensas, encurtamento do ciclo da água com mais períodos secos e secas mais prolongadas, aquecimento local e regional, oscilações extremas da temperatura e da umidade relativa do ar, entre outras. O maior problema é a restrição de água disponível, responsável por mais de 70% da produtividade das forrageiras.

Assim, é importante destacar que o uso dos recursos naturais (solo permeável, água residente, ar, vegetação permanente diversificada) de forma inadequada está sendo apontado como causa da queda da produção agrícola e também da desertificação de áreas em todo o mundo e inclusive em determinadas regiões do Nordeste brasileiro, com avanço rápido dos sintomas de aridização nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e também Sul, conforme demonstram imagens de satélite recentes. A queda de produção e a inadequação dos solos para a agricultura geram uma demanda por novas áreas, deixando para trás as áreas degradadas, exercendo pressão sobre matas remanescentes, gerando um novo ciclo de desmatamento para abertura de novas áreas, até não ocorrer mais esta opção, em lugar de se optar por práticas conservacionistas e recuperadoras. Esse ciclo de destruição foi destacado no relatório publicado pela FAO (2006) que aponta os países em desenvolvimento como principais territórios para a ampliação da oferta de alimentos para

o mundo, infelizmente conseguida atualmente sob ações não sustentáveis. O Brasil, em realidade, constitui o país com maior potencial mundial de áreas agricultáveis (lavouras e pastagens), mas que estão sendo rapidamente degradadas por práticas inadequadas e perdulárias.

A interação entre os fatores de produção animal e o impacto ambiental causado pelas diversas atividades têm sido, cada vez mais, os objetivos de pesquisas relacionadas com as mudanças climáticas mundiais. Sendo assim, o conhecimento dos fatores que determinam a emissão de produtos poluidores e a conservação dos recursos naturais são fundamentais ao processo de redução do impacto ambiental causado pelos sistemas de produção animal, que ocupam a maior área geográfica na agropecuária brasileira. Dessa forma, esse artigo tem como objetivo, abordar as características da produção de bovinos e identificar práticas importantes para adequar a atividade às exigências de uma exploração racional sustentável, com a finalidade de se eliminar motivos de barreiras de exportação, como rastreabilidade da sanidade, emissão de gases de efeito estufa, e destruição de florestas tropicais, necessárias para regular o clima e os serviços ambientais regionais essenciais para manter o sucesso das atividades agropecuárias nacionais.

## 2. A PRODUÇÃO DE BOVINOS NO BRASIL

A pecuária brasileira é praticada quase que exclusiva de forma extensiva, com uso de plantas forrageiras sob pastejo. Apenas cerca de 5% da carne produzida provém de animais confinados, mesmo assim, cabe ressaltar que essa é uma prática com perspectiva de crescimento no país. Com uma taxa de desfrute de aproximadamente 22%, a atividade pode ser caracterizada como de produtividade média à baixa, embora existam rebanhos de alta produtividade e com excelentes índices zootécnicos. Quanto aos números e a distribuição do rebanho, pode-se verificar um aumento da população bovina nos últimos anos, impulsionado principalmente pela recuperação dos preços da arroba e uma mudança

Por outro lado, diversas áreas de pastagens estão sendo substituídas por áreas de produção de grãos e também de cana-de-açúcar, o que proporciona certo equilíbrio em relação à área total. O que pode ser notado é que o crescimento do rebanho foi bem maior proporcionalmente ao crescimento da área de pastagens no país.

Quanto à produtividade do rebanho, são muitas as causas dos baixos índices, sendo que elas se iniciam pelo alto grau de degradação das pastagens, causada por falhas nos ajustes das taxas de lotação, comprometendo o solo e as plantas forrageiras, favorecendo a infestação por plantas invasoras, que promovem competição por nutrientes. Outro aspecto importante é que o Brasil possui um ecossistema pastoril não equilibrado (principalmente quando com pastagens de uma só espécie forrageira em lugar de sistemas silvipaístoris), e em função disso existem períodos de escassez de forragem durante o ano, o que leva ao baixo desempenho dos animais criados nessas condições, tanto de ordem de desenvolvimento corporal como de fatores reprodutivos, gerando a necessidade de intervenções estratégicas quanto à alimentação para esse período. O baixo nível genético de nosso rebanho também contribui para o restrito desempenho do setor, embora atualmente tenha se verificado uma reestruturação da atividade pecuária no Brasil. Variações das condições sanitárias, embora de forma menos efetiva, também contribuem para esses índices inadequados.

Atualmente a produção de carne bovina no Brasil enfrenta o desafio de aumentar a oferta de um produto de melhor qualidade, por meio da implementação da eficiência do sistema de produção e pelo atendimento dos princípios da preservação e conservação ambiental (evitar degradação de biodiversidade, de solos permeáveis, da água residente e a poluição do ar), além dos aspectos de equidade social e de sanidade animal. Esses fatores são claramente exigidos pelos clientes externos como critério para abertura dos mercados e definições de compras.

### 3. ASPECTOS AMBIENTAIS NA BOVINOCULTURA

Conforme destacado anteriormente, o rápido crescimento da população mundial propõe a conversão de áreas silvestres em áreas agrícolas, o que reduz as áreas verdes e sua função hidrotermorreguladora, aumentando as superfícies radiadoras de calor

(radiação infravermelha ou de ondas longas) em excesso e a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa (retêm esse calor irradiado), verificando-se assim, o fenômeno das mudanças climáticas locais e globais. O crescimento da produção de carne e leite foi projetado pela FAO, através do relatório 2006 intitulado "A Sombra Comprida da Pecuária" (Livestock's Long Shadow), para ocorrer em sua grande parte nos países em desenvolvimento, conforme pode ser visualizado nas Figuras 1 e 2. A produção de carne deve aumentar cerca de 63% até o ano 2050 e 82% desse incremento deverá ser proveniente de países em desenvolvimento, considerando ainda que cerca de 20% desse incremento deverá ser por meio da incorporação de novas áreas.

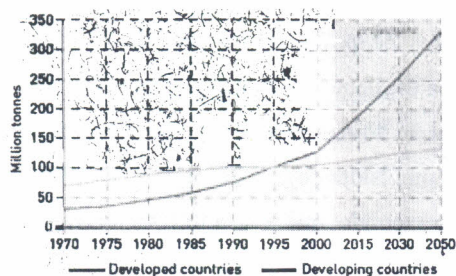


Figura 1. Projeção da produção de carne nos países desenvolvidos e em desenvolvimento para os anos 1970 a 2050. FAO (2006)

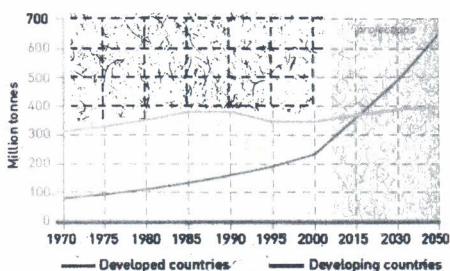


Figura 2. Projeção da produção de leite nos países desenvolvidos e em desenvolvimento para os anos 1970 a 2050. FAO (2006)

Nesse sentido, a bovinocultura tem chamado atenção, quando se trata dos aspectos ambientais. Embora em sistemas confinados a atividade possa levar a contaminação ambiental por meio da grande produção de resíduos e dejetos, o foco mais importante, e que tem chamado a atenção da sociedade, é mesmo a necessidade de manutenção de grandes áreas para a exploração extensiva e a incorporação de vastas áreas de florestas tropicais ao processo produtivo para a formação de pastagens, ao mesmo tempo em que são abandonadas áreas. Calcula-se 50 milhões de hectares de pastagens degradadas num universo de 220 milhões, ou seja, quase 23%, de áreas que vão produzir calor em excesso, vão gerar aquecimento local, irão evitar armazenamento de água das chuvas e trazer outros graves problemas ambientais relacionados à redução ou interrupção de serviços ambientais essenciais, o que pode ser considerado crime contra a economia nacional de médio e longo prazo. Há tecnologias simples para dobrar a lotação média de 0,6 UA/ha para 1,2 UA/ha, e

tecnologias mais intensivas com o uso das pastagens, mediante a exploração do enorme potencial de produção das gramíneas tropicais, e que permitem chegar a lotações de 5 a 6 UA/havanió, e até mais (em torno de 10 UA/ha) com irrigação. Se dobrarmos a lotação poder-se-ia reduzir a área de pastagem de 220 milhões para 110 milhões, e nos sistemas mais intensivos sobre pastagem em torno de 40 milhões de hectares seriam suficientes.

A expectativa de crescimento das pastagens na América Latina está projetada para expandir sobre as florestas, numa taxa anual de 2,4 milhões de hectare/ano, 65% da previsão de desmatamento. Segundo Veiga et al. (2004) a contribuição da Amazônia Legal para o rebanho brasileiro passou de 10% a 30% entre 1980 e 2000, respectivamente. Em 2004, foram derrubadas na Amazônia 24,5 milhões de metros cúbicos de árvores, sendo que o efeito do impacto da pecuária no desmatamento chegou a 12% da Amazônia Legal, ou 60 milhões de hectares utilizados em atividades de pecuária. No ano de 2007 foi registrado que o desmatamento na região amazônica triplicou, em relação ao ano de 2006, sendo esse o motivo de discussão quanto a real situação do desmatamento nessa região.

Esse deslocamento da atividade tem sido impulsionado por fatores relacionados com a rentabilidade da atividade, considerando, por exemplo, que a taxa interna de retorno (TIR) da pecuária em algumas regiões da Amazônia Legal pode ser duas vezes mais rentável nos primeiros 2 a 3 anos que no Sudeste do país e também pela substituição das áreas de pastagens por culturas mais rentáveis nas áreas agrícolas nobres do país. No entanto, a atividade pioneira no desmatamento tem sido a madeireira, sendo a implantação de pastagens uma seqüência à exploração da área desmatada. Contudo, pode-se observar intensa utilização do fogo como método de queima de restos vegetais florestais, controle de plantas invasoras, e na tentativa de renovação das plantas forrageiras, o que gera grande quantidade de CO<sub>2</sub> pela queima da matéria seca. A pressão por novas áreas também está sendo impulsionada pela queda da produção das áreas que são manejadas de forma inadequada e que são exauridas através dos anos de utilização. Segundo dados da FAO (2006), as mudanças climáticas podem reduzir a produção de forragem na magnitude de 16 a 25% até 2030, em vista do aquecimento e da redução da água disponível no solo.

Considerando que foram abatidos 44 milhões de animais em 2005 (ANUALPEC 2006), o que equivale a 7,45 milhões de toneladas de carne equivalente carcaça, e que a demanda estimada para o ano de 2020 é de 8,6 milhões de toneladas, espera-se um

acréscimo de 1,2 milhões de toneladas, o que deve representar um incremento na área de pastagens de 30 milhões de hectares, caso o padrão de produção continue sendo de 43 kg de carcaça ha/ano e ainda desconsiderando a queda da produção das pastagens, sua degradação e a substituição de áreas por culturas agrícolas.

A redução das estruturas naturais, florestas, reflete diretamente em alterações climáticas locais e regionais, dependendo da escala, por reduzir as áreas atenuadoras de calor, que são vaporizadoras e hidrotérmorreguladoras e aumentar as áreas que irradiam calor em excesso, que vai abastecer os gases de efeito estufa, e que vai resultar em menos água disponível para a produção de forragem. Além desses fatores, a redução de retenção da umidade do solo e do ar e a impossibilidade da recarga do lençol freático também devem ser destacadas, como resultantes do processo de degradação do solo e da cobertura vegetal, iniciando um círculo vicioso de redução de lucros. A compactação e a erosão do solo também são reflexos dessas ações, em função da exposição do solo aos impactos das chuvas tropicais.

Diversos modelos estudados propõem que para haver produção agrícola sustentável, o manejo dos recursos deve ser de tal forma que diminua as emissões de gases de efeito estufa, aumente o armazenamento de água pluvial e reduza os picos de temperatura. A emissão de gases de efeito estufa em geral representa perda de energia ou de insumos dos ecossistemas da produção e dessa forma reduz a eficiência dos insumos externos, podendo tornar inviável seu uso.

A agropecuária, no Brasil, é responsável pela emissão de grande quantidade de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), por meio das queimadas das vegetações ou do revolvimento do solo, com oxidação da matéria orgânica, principalmente quando se aplica calcário, pela aceleração da decomposição da matéria orgânica, e por ser uma própria fonte de  $CO_2$ . Quando a matéria seca vegetal, celulósica, é decomposta em condições de presença de oxigênio, libera energia, gás carbônico ( $CO_2$ ), minerais e água, na proporção média de dois quilogramas de  $CO_2$  para cada quilograma de matéria seca. Assim, na queima de um hectare de mata amazônica com 250 t de matéria seca, vai lançar aproximadamente 500 t de  $CO_2$  no ar. Posteriormente o manejo do solo pelas ações necessárias para o plantio na lavoura, que reduz o teor de matéria orgânica de 3,5 para 1,5%, como média, lança-se mais 80 t de  $CO_2$ , quando se considera a densidade do solo igual a um, sendo geralmente

maior. Os registros de queimadas no Estado do Mato Grosso em 2007 foram 200% maior que o ano referência de 2006, mas não tem uma relação apenas com as queimadas de áreas de pastagens.

A quantidade de  $\text{CO}_2$  liberada pela queima de áreas de pastagens depende da matéria seca residual de forragens e das plantas invasoras. Por outro lado, as plantas forrageiras tropicais conseguem acumular muita energia na forma de biomassa, sendo responsável pelo seqüestro de carbono do ambiente na proporção de duas vezes a produção de matéria seca. Considera-se que a biomassa do sistema radicular e das coroas seja igual ao da forragem produzida. Pastagens bem manejadas, em solo fértil e que não são submetidas à queima, podem produzir cerca de 40 a 50 t de matéria seca total/ha/ano o que equivale ao acúmulo de 80 a 100 t de  $\text{CO}_2$ . Nesse sentido, pode-se observar que a pastagem pode ser uma aliada no processo ambiental, desde que manejadas de forma adequada. Pode ser verificado que se não houver falta de cálcio e boro no perfil do solo, e que não ocorra superpastejo da pastagem, deixando-se um resíduo de aproximadamente 1.800 kg/ha, o sistema radicular se aprofunda e aumenta o teor de matéria orgânica no solo. O seqüestro de carbono pode ser muito maior se o sistema de produção for convertido para um sistema silvipastoril, muito mais sustentável e rentável.

A pecuária também contribui para a emissão de metano ( $\text{CH}_4$ ), que é 23 vezes mais potente na retenção de calor do que o  $\text{CO}_2$  e é gerado quando ocorrem situações de anaerobiose, como no rúmen dos animais, ou quando os dejetos são manejados de forma a proporcionar a anaerobiose, como em lagoas de decantação. A perda de energia na forma de metano é de aproximadamente 6% da energia bruta ingerida e pode chegar até 18%, quando o animal está sendo alimentado com dietas pobres em proteína bruta, abaixo de 7%.

Segundo Cotton e Pielke (1995) o metano ( $\text{CH}_4$ ), além de ser caracterizado como um importante gás de efeito estufa, contribuindo com cerca de 15% para o aquecimento global (Tabela 1), tem relação direta com a eficiência da fermentação ruminal em virtude da perda de carbono e, conseqüentemente, perda de energia, determinando menor desempenho animal.



Tabela 1 - Gases-traço atmosféricos, fontes e contribuição para o aumento do efeito estufa

	Gas carbônico (CO <sub>2</sub> )	Metano (CH <sub>4</sub> )	Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	Clorofluor-carbonetos (CFCs)	Ozônio (O <sub>3</sub> )	Monóxido de Carbono (CO)
Principal fonte antrópica	Combustíveis fósseis, desmatamento	Arroz cultivo inundado, pecuária, combustíveis fósseis, queimadas	Fertilizante, conversão do uso da terra	Refrigeradores, aerossóis, processos industriais	Hidrocarbonetos (com NO <sub>x</sub> ), queima de biomassa	Combustíveis fósseis, queima de biomassa
Tempo de vida na atmosfera	50-200 anos	10 anos	150 anos	60-100 anos	semanas a meses	meses
Taxa anual atual de aumento	0,5%	0,9%	0,3%	4%	0,5-2,0%	0,7-1,05
Contribuição relativa ao efeito estufa	60%	15%	5%	12%	8%	-

Adaptado de Cotton e Pielke (1995).

Conforme pode ser observado, este gás aumenta anualmente em uma taxa de 0,9% na atmosfera. As emissões globais de metano geradas a partir dos processos entéricos são estimadas em 80 milhões de toneladas por ano (US EPA, 2000), correspondendo a cerca de 22% das emissões totais de metano geradas por fontes antrópicas (Figura 3).

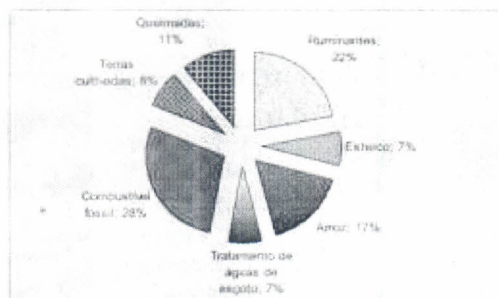


Figura 3. Fontes antrópicas globais de metano  
Adaptado de US EPA (2000)

Mas o grande problema dos ruminantes não é o metano gerado pela fermentação ruminal, considerando que o rebanho brasileiro contribui com apenas 2% do metano global produzido por atividades antrópicas, ou cerca de 10% do metano ruminal global (FAO, 2006). O fato importante é que o manejo inadequado, quando se utiliza o fogo, gerando calor e CO<sub>2</sub> para a atmosfera, e os animais são submetidos à restrição de alimentos, por ocasião do período seco do ano, uma grande quantidade de gases são gerados para produzir um quilo de carne ou de leite, considerando o baixo desempenho dos animais nessas condições.

Os valores padrões de produção de metano por um bovino adulto pastejando em condições normais, podem variar de 40 a 70 kg/animal/ano, o que equivale a 0,92 a 1,61 t/animal/ano de CO<sub>2</sub> equivalente. No entanto, a expectativa de fixação de CO<sub>2</sub> proveniente da atmosfera pelas plantas forrageiras são bem maiores, considerando o potencial de produção de matéria seca das plantas de clima tropical. Uma simulação do balanço dos gases gerados em um sistema de produção de bovinos em pastejo pode ser visualizada na Tabela 2.

Conforme pode ser observado, a atividade pecuária pode ser uma aliada, quanto aos aspectos de seqüestro de carbono, desde que praticada de forma racional. Evidentemente que a produção de CO<sub>2</sub> equivalente pode variar em função, por exemplo, do uso de fogo e também da decomposição dos dejetos dos animais.

Tabela 2 - Simulação do balanço dos gases (CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) produzidos pela atividade pecuária em pastagens

<b>Bovino adulto</b>			
Emissão de CH <sub>4</sub>	60,5 kg/ano <sup>1</sup>	Equivalente CO <sub>2</sub>	60,5 x 23 = 1.391
Emissão de CO <sub>2</sub>	54,0 kg/ano		+ 54
		<b>TOTAL Eq. CO<sub>2</sub></b>	= 1.445
<b>Pastagens</b>			
Seqüestro de CO <sub>2</sub>	60.000 kg/ha/ano <sup>2</sup>	Considerando 0,95 animais/ha	= 63.157
		<b>BALANÇO</b>	= - 61.712

<sup>1</sup>Considerando um bovino adulto consumindo exclusivamente forragem e sal mineral. <sup>2</sup>Considerando a produção anual de matéria seca de forragem de 30 t/ha. (considerando um pasto bem manejado (parte aérea mais raiz). A brachiaria em solo pobre produz de 2 a 5 t/ha/ano de MS de parte aérea). Esta simulação não considera todas as fontes de retenção ou emissão de gases, como o estoque de carbono pelo incremento da matéria orgânica no solo ou a emissão, quando em decomposição.

Uma quantidade de óxido nitroso ( $N_2O$ ) também deve ser reduzida, principalmente na utilização de adubos nitrogenados, ou pela própria fonte de nitrogênio orgânico dos animais, excretado através da urina. Ou por plantas leguminosas fixadoras de nitrogênio do ar. Isso quando houver condições de falta de ar (anaerobismo), como em solos compactados, ou em períodos chuvosos intensos ou em áreas de irrigação com empocamento de água. Outro aspecto que deve ser considerado é que nesta situação não foi considerada a produção de gases pelo processo de eliminação da vegetação original da área, que deve ser acrescentada à quantidade de carbono gerada e diluída pelo tempo produtivo da pastagem. O que não pode ser admitido é a transformação de floresta em pastagem, pois as florestas contêm de 120 a 300 t MS/ha, que se queimados vão gerar 240 a 600 t  $CO_2$ /ha, o que nenhuma atividade agropecuária consegue repor. Agora, transformar uma pastagem degradada em pastagem bem manejada, aí sim, vai haver vantagem no aspecto de retirada de  $CO_2$  atmosférico.

Um aspecto que deve ser considerado é que a queimada gera gases que vão resultar em ozônio troposférico, e este gás, além de prejudicar a saúde vegetal e animal, ainda retira do ar os íons  $OH^*$  que deveriam neutralizar o gás metano eliminado pelos bovinos. Essa prática necessita ser revista. E não é só isso: as queimadas produzem uligem, micropartículas de carbono que podem constituir núcleos de condensação de gotas muito pequenas de água formadoras de nuvens, e que tem dificuldade para precipitar em ambientes quentes. Ou seja, se houver muita área sem cobertura vegetal, quem gera calor, vai aquecer o ar atmosférico, aumentando a demanda por água. Isso aumenta o processo de evapotranspiração das plantas remanescentes, e retirada exagerada de água do solo. Essa água vai ser distribuída para as regiões do entorno. Se houver formação de nuvens, essas nuvens afetadas por fumaça de queimada não vão poder precipitar, pois as gotas são muito leves para vencer a barreira de calor que sobe a partir do solo descoberto e compactado, e podem ser deslocadas por ventos. Sem água e nuvens o calor não pode ser amenizado e as produções despençam, podendo inviabilizar o negócio agrícola ou pecuário.

Os pontos relacionados com o impacto ambiental na bovinocultura têm referência direta com dois fatores:

1. A produção de resíduos dos animais;
2. O manejo aplicado na atividade.

Com relação à produção de resíduos, o metano pode ser destacado como o principal produto, proveniente da fermentação ruminal e também dos dejetos estocados de forma a proporcionar fermentação anaeróbia, neste caso proveniente do manejo de animais em confinamento. A emissão de metano tem relação direta com a eficiência fermentativa ruminal, por meio da perda de carbono e conseqüente perda de energia, podendo determinar um menor desempenho animal. Além da baixa eficiência de animais obrigados a fazer longas caminhadas em busca de forragem e de água, não tem sombra disponível, sofrendo com calor, e quando passam fome no período da seca. A produção de metano é parte do processo digestivo dos herbívoros ruminantes e ocorre no rúmen. A fermentação que ocorre durante o metabolismo dos carboidratos do material vegetal ingerido é um processo anaeróbio efetuado pela população microbiana ruminal, e converte os carboidratos celulósicos em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente ácidos acético, propiônico e butírico. Nesse processo fermentativo, é dissipado calor pela superfície corporal e são produzidos dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ).

A emissão de metano varia entre 4 e 9% da energia bruta do alimento ingerido (ou 2% com dieta a base de grãos, mas transferindo o problema dos gases para a agricultura), em média de 6%, mas pode atingir até 18%, em situações de alimentação com déficit de proteína e composta por fibra de baixa qualidade. Desde que a produção de metano varia de acordo com a quantidade e qualidade do alimento digerido, as várias modalidades e condições de sistemas de criação de animais domésticos implicam em fatores diferentes de emissão de metano. As indicações para a redução das emissões desse gás pela pecuária estão ligadas ao manejo alimentar e estratégias nutricionais. Mas o maior impacto sobre a produção de metano está relacionado com a unidade de produto. A redução dos ciclos produtivos reduz drasticamente a produção de metano por unidade de produto, carne ou leite.

Quando se trata do manejo aplicado na atividade pecuária o destaque deve ser dado principalmente pelo uso de queimadas como método de controle de plantas invasoras e recuperação de pastagens e a deficiência da aplicação de técnicas que garantam o melhoramento dos índices zootécnicos, como o melhoramento genético, controle reprodutivo, o manejo estratégico das pastagens e o controle sanitário do rebanho. Esse conjunto de medidas deve elevar os índices produtivos e garantir menor relação de produção de metano por unidade de produto.

#### 4. Manejo nutricional para redução da produção de metano ruminal

As indicações para a redução das emissões de metano pela pecuária estão ligadas à melhoria da dieta, à melhoria de pastagens, à suplementação alimentar, à melhoria genética e outras medidas que resultam na melhor eficiência produtiva, o que num todo, reduziria o impacto ambiental do sistema de produção, e seria mais rentável, permitindo a inclusão social de pequenos produtores de leite, por exemplo.

Em geral, dietas que proporcionam alta taxa de digestão reduzem a emissão de metano, já que o alimento não permanece por tempo prolongado no rúmen (AAFC, 2003). A quantidade de forragem na dieta, conteúdo de proteína bruta, método de preservação, estágio de crescimento da planta forrageira, tamanho de partícula e grau de moagem, a quantidade de grãos na dieta, a adição de lipídeos e aditivos, como os ionóforos, são importantes componentes que afetam e estão envolvidos na produção de  $\text{CH}_4$  no rúmen (Johnson & Johnson, 2002).

Pedreira (2004) mediu as perdas de energia ingerida na forma de metano ruminal, em novilhos, recebendo silagem de sorgo tendo partes crescentes da matéria seca substituída por concentrado energético (Tabela 3), em Jaboticabal/SP, e também cana-de-açúcar picada corrigida com 1% de uréia ou 40% de concentrado energético (Tabela 4), em São Carlos/SP, ambos em condições controladas de ingestão de matéria seca.

Tabela 3. Perda de metano por novilhas mestiças zebuínas ingerindo silagem de sorgo com substituição crescente de MS por concentrado energético.

Concentrado %	PV		----- MSI -----		----- emissão CH <sub>4</sub> -----											
	kg		kg/d	% PV	g/d	kg/ano	g/d.kg PV	% EBI	g/kg MSI							
0	467	a	5,6	c	1,2	c	125	b	46	c	0,27	b	7,3	a	22	a
30	459	a	8,0	b	1,7	b	150	a	55	a	0,33	a	6,2	b	19	b
60	456	a	8,8	a	1,9	a	140	ab	51	b	0,31	a	5,4	c	16	c

Fonte: Pedreira, 2004. Concentrado de grãos substituíram parte da matéria seca (MS) da silagem de sorgo. Proteína bruta na dieta com 0, 30 e 60% de concentrado, foi de 5,4, 7,5 e 9,6%, respectivamente; e FDN de 70, 56 e 42% respectivamente. I = ingerida; EBI = energia bruta ingerida calculada. Animais com peso variando entre 400 e 540 kg. Média seguidas de mesmas letras não diferem entre si (P<0,05, Tukey).

Tabela 4. Perda de metano por novilhas leiteiras mestiças zebuínas ingerindo cana-de-açúcar com diferentes qualidades e tratamentos

Can a	Trat.	PV kg	MSI		emissão CH <sub>4</sub>					
			kg/d	% PV	g/d	kg/ano	g/d.kg PV	% EBI	g/kg MSI	
IAC 86-2480, com relação FDN/Pol de 2,3										
1	+ uréia	357 a	6,9 b	1,9 b	113 b	41 bc	0,32 b	5,4 ab	17 ab	
1	+ conc.	372 a	10,9 a	2,9 a	166 a	61 a	0,45 a	4,9 b	15 bc	
IAC 87-3184, com relação FDN/Pol de 3,0										
2	+ uréia	370 a	7,3 b	2,0 b	122 b	45 bc	0,33 b	5,3 ab	17 ab	
2	+ conc.	399 a	11,2 a	2,8 a	140 b	51 b	0,36 b	4,4 b	13 c	
2	pura	370 a	5,3 c	1,4 c	101 c	37 c	0,27 b	6,4 a	19 a	

Fonte: Pedreira, 2004. Trat. = tratamento: pura = cana picada pura, + uréia = com 1% uréia, + conc. = 40% da MS na forma de concentrado de grãos com 20% de PB. Proteína bruta final da dieta de 10,5%. Cana: variedade com relação FDN/sacarose de 2,3 = 1 e de 3,0 = 2; I = ingerida; EB = energia bruta calculada. DIVMOD: 1 = 64%, 2 = 55%. FDN, das canas 1 e 2, de 41 e 50%, respectivamente. Lignina % MS foi de 3,4 e 5,2%, respectivamente. Animais com peso variando entre 300 e 450 kg. Média seguidas de mesmas letras não diferem entre si (P < 0,05, Tukey).

Conforme pode ser observado, o fornecimento de alimentos concentrados, nas duas situações estudadas, proporcionou aumento na ingestão de nutrientes pelos animais e, conseqüentemente maior produção de metano por dia, mas reduziu a produção desse gás por unidade de matéria seca, matéria orgânica e energia digestível ingerida.

A redução de CO<sub>2</sub> a metano, realizada pelas bactérias metanogênicas no rúmen, desempenha importante função, agindo na remoção contínua de H<sup>+</sup> resultante da fermentação da matéria orgânica. Dessa forma a redução ou eliminação da metanogênese pode exigir o estabelecimento de outra rota para evitar o acúmulo de H<sup>+</sup> e o adequado

funcionamento do rúmen (Weimer, 1998), caso contrário, determinados sistemas enzimáticos podem ser inibidos comprometendo o desenvolvimento dos microrganismos ruminais.

Normalmente, compostos que causam redução na produção de metano resultam em redução da produção de acetato e amônia e aumento na produção de propionato e, algumas vezes, butirato.

O fornecimento de lipídeos insaturados está associado à redução na produção de metano no rúmen por exercer ação deletéria sobre as metanogênicas e protozoários e consumir  $H^+$  pelo processo de biohidrogenação (MacHmüller et al., 1998), sendo que a intensidade com que ocorre a inibição da produção de metano é determinada pelo grau de saturação da gordura utilizada e a quantidade suplementada. No entanto, Weimer (1998) citou que a utilização de alimentos comumente fornecidos na alimentação animal pode apresentar baixa eficiência como acceptor de elétrons, reduzindo de forma insignificante a metanogênese. Por exemplo, a quantidade de gordura insaturada para reverter a perda causada pela produção de metano em uma vaca que produz 90 kg de metano por ano seria muito alta (4 kg /d), inviabilizando assim o emprego da técnica.

Os ionóforos, principalmente a monensina, são bastante empregados na tentativa de reduzir a produção de metano de origem ruminal. De acordo com Tedeschi et al. (2003), os ionóforos podem reduzir a produção de  $CH_4$  em 25% e a ingestão de alimentos em 4%, sem afetar o desempenho animal. A molécula de monensina é um poliéter carboxílico, devendo ser não-protonado, que se liga a íons metálicos e assim cataliza a saída de potássio através da membrana das bactérias sensíveis, as Gram-positivas (maiores produtoras de  $H^+$ ) (Lanna & Russell, 2001). No entanto, Sauer et al. (1998) citaram que mesmo as bactéria Gram-positivas podem desenvolver mecanismos de resistência após um período e exposição à monensina, entre eles, modificação nos polissacarídeos extracelulares, aumento na atividade da bomba de íons e ciclo fútil de íons. Jonhson & Jonhson (2002) citaram que a adaptação pode ocorrer com 30 dias de administração da monensina, observando que após a queda na produção de metano, no início do fornecimento do produto, os valores retornam aos níveis iniciais, acrescentando também que a ação da monesnina na redução da produção de  $CH_4$  se dá, possivelmente, por meio da redução no consumo e não por efeito direto sobre a metanogênese.



Outra substância empregada com resultados satisfatórios sobre a inibição da emissão de  $\text{CH}_4$  é 9,10-antraquinona, composto de ocorrência natural em algumas plantas, insetos e microrganismos (Garcia-Lopez et al., 1996). Kung Jr. et al. (2003) destacaram que a 9,10-antraquinona é um potencial redutor da produção do gás em ruminantes, apresentando como vantagens resultados mesmo quando presente em pequenas quantidades, não causar efeito negativo sobre a digestão ou saúde animal e aparentemente não ocorrer adaptação à substância. Garcia-Lopez et al. (1996) demonstraram que a redução na produção de metano foi acompanhada do aumento na concentração ruminal de  $\text{H}^+$ . O acúmulo de  $\text{H}^+$  sugere que provavelmente a 9,10-antraquinona possui efeito direto sobre as metanogênicas, enquanto que ionóforos, como a monensina, inibem a produção de metano por afetar negativamente os microrganismos que suprem com  $\text{H}^+$  o ambiente ruminal.

A utilização de drenos alternativos para remoção de  $\text{H}^+$  constitui-se em outra alternativa para redução da metanogênese. Segundo Weimer (1998) a melhor alternativa é o processo de acetogênese, onde o  $\text{CO}_2$  é reduzido produzindo acetato. Esse processo apresenta como vantagens a utilização de  $\text{H}^+$  presente no meio e a produção de acetato, que representa fonte de energia prontamente disponível para o ruminante. Entretanto, esse processo encontra determinadas barreiras. Entre elas, a principal é que a metanogênese possui maior afinidade por elétrons do que a acetogênese. A capacidade dos microrganismos acetogênicos em competir com os metanogênicos *in vivo* depende dos fatores ambientais e das interações entre os microrganismos. As interações entre diferentes populações são essenciais para sustentar o ecossistema ruminal. A maior vantagem na utilização desta estratégia é que consiste em um processo natural, onde intervenções envolvendo antibióticos e aditivos químicos deixam resíduos no leite e carne podendo causar uma resistência aos produtos pelos consumidores (Joblin, 1999).

#### 4.2. Sistemas de Manejo e o potencial de produção animal

O incremento na utilização de energia é citada por O'Hara et al. (2003) como estratégia mais eficaz na redução na emissão de metano por unidade de produto (carne ou leite) pelos ruminantes. O fornecimento de dietas que possuem em maior quantidade

carboidratos rapidamente digestíveis, a manutenção de altos níveis de ingestão, a utilização de forragens de melhor qualidade e o melhoramento genético dos animais, priorizando maior desempenho produtivo, constituem os principais recursos conhecidos e disponíveis. Moss & Givens (2002) citaram que o desempenho mais elevado dos animais pode reduzir a emissão de metano em função da redução no número de animais no sistema de produção, considerando ainda que, em criações que visam produção de carne, o acréscimo no desempenho dos animais resulta em menor permanência do animal no sistema, reduzindo a produção do gás durante o ciclo de vida. Dessa forma pode-se afirmar que as atuações zootécnicas que resultam em aumento da produtividade são as medidas mais importantes e de impacto sobre a produção de metano, relativo ao produto ou a área explorada. A simulação descrita na Tabela 5 demonstra claramente esses dois paralelos. A redução da idade de abate de 38 para 31 meses poderia representar uma redução da produção de metano da ordem de 1,2 milhões de toneladas, considerando que foram abatidos 44 milhões de cabeças no ano de 2005 (ANUALPEC, 2006) e que a produção anual de metano por animal adulto seja de 60 kg. Para que essa situação ocorra, existe a necessidade de proporcionar ao animal um maior ganho de peso/dia, especialmente reduzindo as perdas por fome, calor e longas caminhadas. Sendo assim a relação de produção de metano por quilo de carne passaria de 0,75:1,0 para 0,55:1,0, considerando esta fase de produção, e as tecnologias necessárias para se alcançar esses índices estão disponíveis e são relativamente simples.

Quando visto sob uma perspectiva gráfica (Figura 4) pode-se visualizar claramente que a redução da idade de abate é um fato que deve ser considerado quando se trata de perspectivas de mitigação dos gases gerados pela pecuária. Esta representação considera quatro situações de produção em que os animais passam por distintos sistemas de manejo de alimentação, considerando a possibilidade de redução da idade de abate de 43 meses para 20 meses. O que se espera é que a produção de metano por animal acumulada durante o ciclo produtivo passe de cerca de 125 kg/animal para aproximadamente 50 kg.

Tabela 5 - Estimativa da produção de metano em função da variação dos índices produtivos

Idade ao abate meses	Ganho peso/dia (a partir 8º mês) kg	Emissão de metano (kg)		Obs:
		total	Por unidade de produto	
31	0,370	85,2	0,55:1,0	Peso de abate = 450 kg
38	0,282	112,8	0,72:1,0	
diferença/animal		27,6		
animais abatidos em 2005		1.214.400.000 ou 1,2 milhões t		

Obs: emissão de metano por animal = 164 g/dia ou 60 kg/ano; Rebanho abatido em 2005 = 44 milhões de animais.

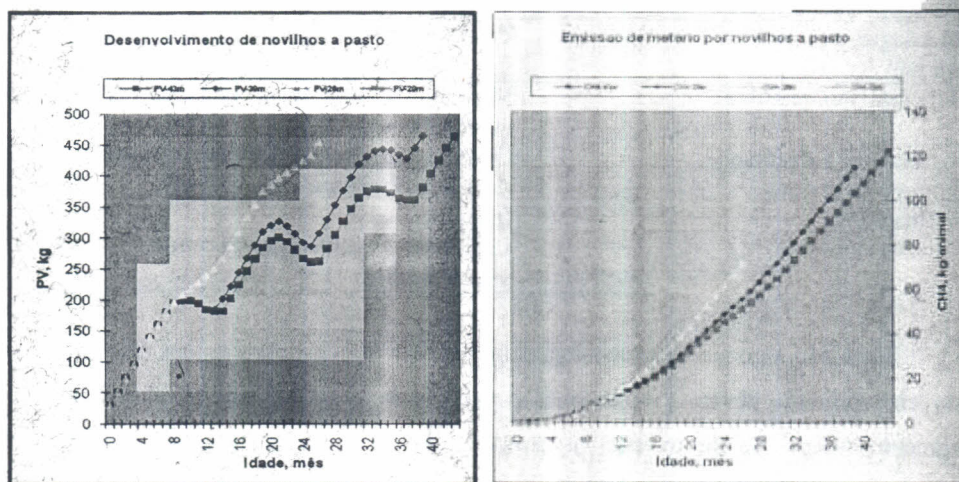


Figura 4. Estimativas do desenvolvimento de novilhos a pasto e a produção de metano potencial acumulada nas fases de produção.

Diversas tecnologias foram e estão sendo desenvolvidas para a pecuária brasileira, e que precisam ser aplicadas para que os índices zootécnicos continuem sendo melhorados.