

Tempo requerido para bactérias ruminais se adaptarem a alterações na dieta de bovinos confinados: Revisão

Ramon Soares da Silva¹, Renata Pereira da Silva-Marques², Monique Valéria de Lima Carvalhal²

¹Acadêmico Na Fesar-Afya-Curso De Zootecnia. Redenção – PA Brasil.

²Professor Na Fesar-Afya-Curso De Zootecnia. Redenção – PA Brasil.

*Autor para correspondência: rsoars@hotmail.com

Resumo. O sistema de produção de animais confinados é uma excelente estratégia para períodos de escassez alimentar e falta de espaço. Em confinamentos, são utilizadas dietas extremamente concentradas e com altos níveis de carboidrato de rápida digestão. Essa revisão foi realizada com objetivo de abordar o efeito das dietas de confinamento sobre a população bacteriana ruminal de bovinos confinados. Bactérias ruminais respondem rapidamente às alterações dietéticas, tendo em vista que se reproduzem em intervalos menores que 60 minutos. O tempo de colonização das bactérias ruminais indica a velocidade que os microrganismos aderem e penetram no alimento. Os microrganismos ruminais podem associar-se ou aderir-se às partículas dos alimentos em diferentes tempos. O tamanho de partícula dos alimentos é um dos fatores importantes para a degradação, visto que determina a superfície de ataque para os microrganismos e influencia diretamente no tempo de colonização do alimento. Existe uma relação linear entre o tamanho corporal dos animais e a taxa de ruminação, evidenciando que está relacionada ao tamanho do rúmen ou do trato digestivo com o peso corporal dos animais. Protocolos de adaptação de restrição e de escada são os mais utilizados pelos nutricionistas de bovinos de corte confinados. A inclusão de aditivos e probióticos é uma estratégia válida para melhorar o aproveitamento, desde que seja usada em níveis adequados. Para minimizar os efeitos negativos das alterações nas dietas é necessário adaptar de forma gradativa a microbiota ruminal, seja pelos protocolos de adaptação por escada ou por restrição. Ambos os protocolos normalmente melhoram a saúde e maximizam o desempenho dos animais com 14 dias de adaptação.

Palavras chave: Adaptação, bovino, confinamento, rúmen

Time required for ruminal bacteria to adapt to changes in the diet of confined cattle: Review

Abstract. The system of production in animals' feedlot is an excellent strategy for periods of food scarcity and lack of space. In feedlot, concentrated diets with high levels of fast-digesting carbohydrates are used. This review was carried out with the objective of addressing the effect of feedlot diets on the ruminal bacterial population in cattle finished in feedlot. Ruminal bacteria respond rapidly to dietary changes, since they reproduce at intervals of less than 60 minutes. The time of colonization of ruminal bacteria indicates the speed that adhere and penetrate into the food. Rumen microorganisms can be associated with food particles at different times. The particle size of food is one of the important factors for degradation, since it determines the attack surface for microorganisms and directly influences the time of colonization of the food. There is a linear relationship between the body size of the animals and the rumination rate, evidencing that it relates the size of the rumen or digestive tract with the body weight of the animals. Restriction and ladder adaptation protocols are the most used by nutritionists in beef cattle in feedlot The

inclusion of additives and probiotics is a valid strategy to improve utilization, as long as it is used at appropriate levels. To minimize the negative effects of changes in diets, it is necessary to gradually adapt the ruminal microbiota, either by the adaptation protocols by ladder or by restriction. Both protocols typically improve health and maximize the performance of animals with 14 days of adaptation.

Keywords: Adaptation, cattle, feedlot, rumen

Introdução

Na atualidade, o processo de intensificação da pecuária de corte brasileira tem acarretado no aumento da produção de bovinos em sistemas de confinamento ([ANUALPEC, 2022](#)). Deste modo, tornou-se comum fornecer aos animais dietas ricas em carboidratos rapidamente fermentáveis para melhorar a eficiência alimentar dos ruminantes em sistemas de produção intensiva ([Berndt & Tomkins, 2013](#)). Essa intensificação do sistema de produção é proveniente também do aumento do número de animais confinados, que praticamente dobrou entre os anos de 2009 e 2019, de 3,38 milhões para 6,09 milhões de animais abatidos. Deste total, abatidos no ano de 2019, 14,06% são animais oriundos de confinamento ([ANUALPEC, 2022](#)).

Dietas com altos níveis de carboidratos de rápida taxa de degradação, fornecida *ad libitum*, podem resultar em mudanças drásticas no ambiente ruminal, ou seja, diferentes alterações na fermentação ruminal ([Nagaraja et al., 2012](#)). A rápida taxa de fermentação dos carboidratos não fibrosos juntamente com a queda do pH ruminal ([Penner et al., 2007](#)), inibem o crescimento de microrganismos celulolíticos e de protozoários (ambos produtores de acetato), ocorrendo diminuição da proporção molar de acetato e aumento nas proporções de butirato e propionato ([Penner et al., 2009](#)).

Dentre as respostas de adaptação do epitélio ruminal a dietas altamente fermentáveis, o aumento da produção dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) é associado com maior fermentação da dieta ([Sutton et al., 2003](#)). Do mesmo modo, a obtenção da proliferação epitelial é possivelmente uma resposta que potencializa a superfície da área de absorção dos nutrientes. Isto só acontece quando o rúmen está adaptado a níveis crescentes de grãos na dieta, devido a um aumento do tamanho das papilas ruminais maximizando, desta forma, a absorção dos AGCC ([Berndt & Tomkins, 2013](#)).

Além disso, a inclusão de concentrados às dietas dos ruminantes pode acarretar redução na digestibilidade ruminal da fibra, em decorrência do aumento nas proporções dos carboidratos prontamente fermentáveis e da conseqüente redução do pH ruminal, o qual poderá diminuir a atividade das bactérias fibrolíticas. Níveis de pH entre 6,5 e 6,8 são os mais adequados à atividade da maioria das bactérias ruminais ([Nagaraja & Titgemeyer, 2007](#); [Prado et al., 2022](#); [Ramos et al., 2022](#)).

O objetivo desta revisão foi abordar o efeito das dietas de confinamento sobre a população bacteriana ruminal de bovinos confinados.

Bactérias ruminais

Bactérias ruminais possuem formatos de bacilo ou cocos e 0,5 a 2,0 μm de diâmetro e 1,0 a 6,0 μm de comprimento. São classificadas quanto ao tipo de parede celular, onde as gram-positivas possuem uma membrana externa simples, protegida por uma espessa camada glicopeptídica, enquanto bactérias gram-negativas possuem duas membranas externas interligadas por uma camada menos espessa de glicopeptídeos ([Kozloski, 2011](#)). Essa população de bactéria é a mais diversa no rúmen, tanto em termos de número de espécie quanto em capacidade metabólica ([Arcuri et al., 2011](#)). Além disso, respondem rapidamente às alterações dietéticas, uma vez que, se reproduzem a intervalos menores que 60 minutos. Mudanças graduais de um ambiente de digestão de fibra no rúmen para outro de digestão de amido são desejáveis para saúde e desempenho máximo em animais confinados ([Russel & Wallace, 1997](#)).

Estes microrganismos são divididos em dois grupos de acordo com o tipo de carboidrato utilizado: bactérias que fermentam celulose e hemicelulose (carboidratos fibrosos) utilizam apenas amônia como fonte de nitrogênio para sintetizarem proteína, enquanto as bactérias que fermentam açúcares, amido e pectina (carboidratos não fibrosos) utilizam amônia, peptídeos e aminoácidos para sintetizarem proteína ([Russel & Wallace, 1997](#)). Deste modo, as bactérias são o principal grupo que sustenta a degradação e

fermentação de alimentos e, portanto, são a principal fonte de ácidos graxos voláteis (AGV) e de proteína microbiana ([Cheng & Costerton, 1980](#); [Dehority, 2003](#)).

Estudos baseados em cultivo, mesmo com limitações, são necessários para determinar definitivamente o metabolismo, fisiologia e ecologia de novos grupos caracterizados com base nas sequências de genes rRNA ([Creevey et al., 2014](#); [Kim et al., 2011](#); [Wright & Klieve, 2011](#)). No entanto, apenas 6,5% das sequências de genes de 16S rRNA foram recuperados a partir de bactérias ruminais cultivadas ([Kim et al., 2011](#); [Wright & Klieve, 2011](#)). Além disso, dos 180 gêneros bacterianos identificados pelas sequências dos genes 16S rRNA, menos de 50% (88 gêneros) deles tem um representante cultivado ([Firkins & Yu, 2015](#)). [Creevey et al. \(2014\)](#) estudaram bactérias ruminais cultivadas e verificaram 88 gêneros existentes e conhecidos pertencentes a nove filos, com Firmicutes (45 gêneros), Proteobacteria (20 gêneros), Actinobacteria (11 gêneros) e Bacteroidetes (6 gêneros) representando a maior parte dos gêneros.

Somente 146 culturas bacterianas estão arquivadas em cinco grandes coleções de culturas internacionais. O filo Bacteroidetes é o segundo mais predominante (em alguns estudos, foi o filo mais predominante), e isto, é particularmente mal representado nessas coleções de culturas ([Firkins & Yu, 2015](#)). São necessárias mais pesquisas para isolar membros deste filo, importante numericamente e funcionalmente em culturas puras, para permitir a caracterização metabólica, fisiológica e genômica ([González et al., 2012](#); [Hernández et al., 2014](#)).

Tempo de colonização em função das diferentes dietas (alto e baixo concentrado)

As proliferações das papilas ruminais em longo prazo, aumentam a taxa de absorção. O tempo de colonização (*lag time*) das bactérias ruminais indica a velocidade que os microrganismos aderem e penetram no alimento, o que caracteriza a digestão ruminal de vários alimentos ([McAllister et al., 1994](#)). Quanto menor o tempo de colonização, mais rápido será a degradação do alimento e quanto maior o tempo de colonização, menor será a taxa de degradação, e o alimento não degradado presente no rúmen impedirá o consumo de mais alimento pelo animal ([Ørskov & McDonald, 1979](#)).

Os microrganismos ruminais podem associar-se ou aderir-se às partículas dos alimentos em diferentes tempos. As bactérias e protozoários aderem às partículas por volta de cinco minutos após a ingestão dos alimentos. A aderência dos microrganismos ao substrato é o passo inicial no processo de digestão, que se inicia quando os microrganismos penetram na superfície das partículas acessando seus substratos ([Berchielli et al., 2011](#); [Hobson & Stewart, 2012](#)).

O tamanho da partícula dos alimentos é um dos fatores importantes para a degradação, visto que determina a superfície de ataque para os microrganismos e influencia diretamente no tempo de colonização do alimento ([Nocek, 1988](#); [Ørskov et al., 1980](#)). Além disso, valores de pH abaixo de 6,0 podem aumentar o tempo de colonização das partículas dos alimentos pelos microrganismos ruminais que degradam a parede celular, o que acarreta redução na digestão dos alimentos ([Van Soest, 1994](#)).

As proliferações das papilas ruminais em longo prazo, aumentam a taxa de absorção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) através do epitélio ruminal e possivelmente contribui com a estabilização do pH ruminal ([Dirksen et al., 1985](#); [Gäbel et al., 2002](#)). Diante disso, o tempo necessário para aumentar de forma mensurável as áreas de superfície das papilas está na faixa de três ([Bannink et al., 2008](#)) a oito semanas ([Dirksen et al., 1985](#); [Gäbel et al., 2002](#)).

No entanto, o aumento individual da área de superfície das papilas pode ser compensado por redução na densidade de papilas ([Malhi et al., 2013](#)). Outro desafio é que a taxa de absorção de AGCC pode aumentar ([Andersen et al., 1999](#); [Sehested et al., 1997](#)) ou reduzir sem corresponder as alterações na área de superfície ([Gäbel et al., 1993](#)). Isto sugere que as alterações ao nível celular ou alterações no fluxo sanguíneo podem também contribuir para a resposta adaptativa ([Etschmann et al., 2009](#)).

Além disso, a estabilidade da população microbiana ruminal é de fundamental importância para que a digestão ocorra de forma adequada. Para isso, é necessária a adaptação de bovinos confinados a dieta rica em grãos a partir de uma dieta rica em forragem, uma vez que alterações dietéticas são conhecidas por alterar o ecossistema ruminal ([Fernando et al., 2010](#); [Geay et al., 2001](#); [McAllister et al., 2006](#)). Mudanças na dieta constitui uma perturbação para o ecossistema ruminal. A perturbação está associada

a mudanças no ambiente dos microrganismos (por exemplo, disponibilidade de nutrientes, pH, degradação, fluxo da digesta). Diante de uma perturbação, a composição microbiana pode ser resistente ou ser alterada com ou sem a capacidade de retornar ao estado inicial (Allison & Martiny, 2008). Neste sentido, Tajima et al. (1999) avaliaram (nos dias 0; 3 e 28) a dinâmica das bactérias ruminais em vacas Holandesas recebendo dieta de alto grão por 4 semanas e verificaram que a quantidade de DNA da *Fibrobacter succinogenes* (predominante em animais da dieta de feno) diminuiu 20 vezes no 3º dia e 57 vezes no 28º dia de mudança para a dieta de alto grão. Já a concentração de DNA da *Ruminococcus flavefaciens* no 3º dia reduziu cerca de 10% do valor inicial (animais na dieta de feno) e manteve-se neste nível até o 28º dia. Além disso, durante o período de transição (3º dia), a quantidade de DNA da *Prevotella ruminicola* aumentou sete vezes e da *Prevotella bryantii* aumentou 263 vezes. No 28º dia, a quantidade de DNA de *P. ruminicola* diminuiu três vezes, enquanto o DNA da *P. bryantii* aumentou ainda 10 vezes em comparação com a quantidade inicial. A quantidade de DNA *Selenomonas ruminantium*-M. multiacida aumentou oito vezes após a mudança de alimentação, mas estabilizou com aumento de duas vezes no 28º dia. Já o DNA da *Streptococcus bovis* aumentou 67 vezes no 3º dia e diminuiu no 28º dia em comparação com o nível inicial. Isto sugere que, para além da atividade amilolítica, esta bactéria pode possuir outras atividades funcionais importantes para a digestão de polissacáridos de plantas no rúmen (Tajima et al., 1999).

Fernando et al. (2010) avaliaram as populações bacterianas de novilhos recebendo feno *ad libitum* por duas semanas, seguidos por quatro fases de alimentação (sete dias cada dieta) do sistema de adaptação em escada (grãos e feno nas proporções de 20:80, 40:60, 60:40, e 80:20) e verificaram mudanças na estrutura da população microbiana ruminal durante as duas fases finais da dieta de escada. Os bancos de genes 16S rRNA demonstraram duas populações microbianas ruminais distintas nos animais alimentados com feno e com alto grão e detectaram apenas 24 unidades taxonômicas operacionais comuns de 398 e 315, respectivamente. Além disso, observaram que os animais alimentados com feno e com alto grão apresentaram, respectivamente, um número significativamente maior de bactérias pertencentes ao filo Fibrobacteres e ao filo Bacteroidetes. A análise de PCR em tempo real detectou aumento em dobro nas populações de *Megasphaera elsdenii*, *Streptococcus bovis*, *Selenomonas ruminantium* e *Prevotella bryantii* e redução gradual das populações de *Butyrivibrio fibrisolvens* e *Fibrobacter succinogenes* durante a adaptação à dieta de alto grão (Fernando et al., 2010).

Monteils et al. (2012) avaliaram a composição do ecossistema ruminal de vacas holandesas alimentadas com dietas à base de feno por dois meses, seguido de três períodos experimentais (PE) de mudanças sucessivas. Cada período foi composto de duas partes. A primeira (10 dias), com uma dieta baseada em silagem de milho (37,6% na MS) e a segunda (25 dias) com uma dieta à base de feno (90,4% na MS) e verificaram redução no pH e aumento na concentração de amônia para a dieta à base de silagem de milho. A concentração de AGV e a quantidade total de bactérias diminuíram entre os PE 1 e 3 para ambas as dietas. Isto pode ser o resultado da seleção de espécies resistentes às mudanças sucessivas na dieta e pode ajudar a explicar as reduções na atividade enzimática por modificação nos microrganismos e menor utilização da amônia para a multiplicação. Além disso, o número de protozoários aumentou ao longo dos PE, com um efeito mais acentuado para a dieta à base de silagem de milho. No entanto a estrutura da comunidade bacteriana não foi afetada pelas mudanças na dieta à base de silagem de milho, ao passo que para a dieta a base de feno foram evidentes grandes diferenças entre PE 1 e 3; PE 2 e 3. Essas mudanças na dieta resultaram em fortes modificações do ecossistema ruminal e alterações na fermentação ruminal, as quais foram reforçadas com a repetição das mudanças na dieta (Monteils et al., 2012).

Petri et al. (2012) determinaram os efeitos de dietas de alto concentrado com forragem (15%) (ACF) e sem forragem (AC) sobre as condições de fermentação ruminal e populações bacterianas do rúmen e verificaram que a dieta AC proporcionou maiores tempos com pH abaixo de 5,2, osmolaridade ruminal e diversidade de espécies dominantes e menores populações de *Fibrobacter succinogenes* e *Ruminobacter amylophilus*. No entanto, não foi verificado diferença nas populações de *Ruminococcus* spp., *Prevotella* spp., *Selenomonas ruminantium*, *Megasphaera elsdenii*, *Streptococcus bovis* entre as dietas. A remoção da forragem aumenta a diversidade bacteriana, apesar da redução associada no pH ruminal ser menos favorável para as populações bacterianas fibrolíticas. As técnicas moleculares

proporcionam maior compreensão dos impactos das mudanças na dieta sobre a natureza das populações bacterianas do rúmen.

[Petri et al. \(2013\)](#) avaliaram o efeito da dieta (FOR:100% forragem; MIX: 60% de forragem e 40% de concentrado; AG: dieta alto grão: 81% de grãos de cevada, 9% de volumoso e 10% de suplemento concentrado) sobre o microbioma bacteriano ruminal de novilhas e verificaram que a dieta a base de forragem apresentou maior diversidade de unidades taxonômicas em operação (38) identificadas em comparação com a dieta rica em grãos (11), a dieta MIX proporcionou maior quantidade de *Ruminococcus* spp, a dieta AG apresentou menor número de *Fibrobacter succinogenes* e maiores quantidades de *Prevotella* e *Selenomonas ruminantium*. No entanto, as populações de *Streptococcus bovis* e *Megasphaera elsdenii* foram semelhantes nas três dietas. Além disso, as classes e ordens (Bacteroidia/Bacteroidales, Clostridia/Clostridiales), famílias (Lachnospiraceae e Prevotellaceae) e gênero (*Prevotella* spp.) estiveram presentes em todas as dietas. Os animais da dieta FOR apresentaram um distinto núcleo microbiano incluindo 14 gêneros e dois filos adicionais (Espiroquetas e Fibrobacteres). Já a dieta AG apresentou adição dos filos (*Actinobacteria* e *Cyanobacteria*), das classes (4C0d-2 e Gamma proteobacteria), da ordem (Aeromondales), da família (Succinivibrionaceae) e do gênero (12-18). São necessárias mais pesquisas para determinar se existe a possibilidade da programação microbiana ou alteração da sucessão microbiana no rúmen identificar o tempo ótimo para manipular o microbioma, a fim de melhorar a produtividade dos ruminantes, como a resistência à distúrbios digestivos ou aumento da eficiência alimentar ([Petri et al., 2013](#)).

Idade, peso, raça europeia vs. Nelore

[Welch \(1982\)](#) demonstrou que existe uma relação linear entre o tamanho corporal dos animais e a taxa de ruminação, evidenciando que esta relaciona o tamanho do rúmen ou do trato digestivo com o peso corporal dos animais. A taxa de ruminação pode limitar o consumo alimentar, visto que, animais mais jovens apresentam consumo e capacidade de ruminação mais limitada que os adultos ([Van Soest, 1994](#)). A capacidade de consumo dos animais varia com o peso corporal e com a taxa de ganho de peso, determinada pela genética e significativamente afetada pela nutrição, sanidade, pelas instalações e pelo clima ([Cabral et al., 2008](#)). A capacidade digestiva dos animais está relacionada com o seu peso corporal e tamanho metabólico ([Van Soest, 1994](#)). Neste sentido, [Millen et al. \(2009\)](#) entrevistaram 31 nutricionistas de confinamento e verificaram que bezerros, bois e novilhos apresentavam a mesma ingestão de matéria seca (IMS) (% do peso corporal "PC"). No entanto, vacas de descarte apresentaram maior consumo e novilhas consumiram menos do que os machos inteiros e castrados. Quanto ao tipo da raça, os nutricionistas relataram maior IMS (kg/d e % do PC) para mestiços em comparação com bovinos da raça Nelore. Adicionalmente a IMS reduzida por raças *Bos indicus* vs. *Bos taurus* tem sido observada por muitos autores ([Dougherty et al., 1989](#); [Gandra et al., 2011](#); [Krehbiel et al., 2000](#); [Millen et al., 2007](#); [Rogerson et al., 1968](#)). Essas diferenças no consumo de matéria seca entre as categorias animais e entre as raças podem acarretar em mudanças no ecossistema ruminal, uma vez que, vários autores relataram que indivíduos de mesma idade, peso e raça apresentam diferenças na população microbiana ruminal ([Brown et al., 2006](#); [Brulc et al., 2009](#); [Jami & Mizrahi, 2012](#); [Petri et al., 2013](#)). Essas diferenças no microbioma ruminal podem refletir em mudanças no comportamento de pastejo, seleção de dietas, taxa de ingestão e cinética de ambiente ruminal.

[Welkie et al. \(2010\)](#) estudaram as mudanças nas comunidades de bactérias ruminais durante o ciclo de alimentação de vacas leiteiras e verificaram que animais recebendo a mesma dieta podem apresentar diferenças substanciais na composição da comunidade bacteriana. Essas diferenças na estrutura microbiana foram mais enfatizadas em um estudo de meta-genômica que explorou a microbiota ruminal aderida à fibra em três novilhos mestiços. Os autores relataram que um dos animais possuía um microbioma e meta-genômica diferente dos outros dois ([Brulc et al., 2009](#)).

[Petri et al. \(2013\)](#) avaliaram o efeito do hospedeiro (novilhas) alimentadas com (100% forragem; 60% de forragem e 40% concentrado; dieta alto-grão: 81% de grãos de cevada e de 9% de volumoso com 10% de suplemento concentrado) sobre o microbioma bacteriana ruminal e verificaram efeito significativo de hospedeiro para os gêneros de bactérias ruminais 12- 18, *Acidaminococcus*, *Blautia*, *Papillibacter*, *Prevotella*, *RC9*, *Roseburia*, *Selenomonas*, *Solobacterium*, *Succinivibrio*, *Thalassospira* e *Treponema*.

Adicionalmente, [Jami & Mizrahi \(2012\)](#) caracterizaram as populações bacterianas do rúmen de 16 vacas holandesas em lactação, individualmente, alimentadas com a mesma dieta (30% de forragem e 70% de concentrado), verificaram que 32 gêneros de bactérias estavam presentes em todas as amostras e apresentavam alta variabilidade entre as amostras. Apesar de um grande número de espécies não estar presente em todas as amostras, existe uma alta similaridade filogenética entre as comunidades. Estas observações aumentam o conhecimento deste importante ecossistema microbiano, e levanta novas questões para estudos posteriores.

Alteração dietética vs. manejo

De acordo com [Traxler et al. \(1995\)](#) a fase de adaptação representa um dos pontos críticos de controle do confinamento, visto que pode acarretar em consequências negativas por todo o período de alimentação dos animais. Deste modo, é imprescindível que técnicas de manejo operacional e alimentar sejam adotadas a fim de proporcionar um melhor período de adaptação para os bovinos confinados. Além disso, a adoção de um manejo alimentar adequado em confinamentos tem como objetivo reduzir a variação diária da ingestão de matéria seca, uma vez que, que manejo alimentar pode estar intimamente correlacionado com o desempenho animal e com a incidência de distúrbios metabólicos ([Moya et al., 2015](#); [Schwartzkopf-Genswein et al., 2003](#)).

Bovinos recém-chegados aos confinamentos passam por inúmeras mudanças ambientais, fisiológicas, sociais e nutricionais, à medida que estes são aclimatados ao ambiente do confinamento ([Prado, 2010](#)). A transferência de bovinos (em jejum prolongado) do regime a pasto para o confinamento, superlotação das baias, espaçamento de cocho inadequado, bebedouro pequeno e sujo e o surgimento de doenças são fatores que elevam o nível de estresse dos animais afetando a ingestão de alimentos ([Brown et al., 2006](#); [Traxler et al., 1995](#)). Neste contexto, devem ser adotadas medidas que reduzem esses problemas no início do confinamento, permitindo que os animais apresentem comportamento ingestivo normal nos primeiros dias, o qual deve ser monitorado sempre pelo manejo de cocho e escore de fezes, os quais definirão se o período de adaptação está sendo bem conduzido ([Coutinho Filho et al., 2006](#); [Prado, 2010](#)).

Dietas vs. período de adaptação

O período de adaptação às dietas não deve ultrapassar 20% do tempo total de confinamento, uma vez que, os animais poderiam apresentar menor desempenho (menor tempo de consumo da ração de terminação, a qual contém mais energia) ou permanecer por mais tempo no confinamento (aumentado o custo de produção) ([Bevans et al., 2005](#)). No entanto, [Brown et al. \(2006\)](#) relataram que nos confinamentos dos Estados Unidos bovinos adaptados com até 14 dias podem apresentar menor desempenho, devido à saúde ruminal ser prejudicada pelo menor tempo de adaptação. [Vasconcelos & Galyeen \(2007\)](#), em pesquisa realizada com nutricionistas de confinamentos nos Estados Unidos, observaram que 22 dos 29 entrevistados recomendavam a utilização de dietas múltiplas com o aumento gradual de concentrado como protocolo de adaptação nos confinamentos e a maioria deles recomendam que o período de adaptação seja de 21 dias, independentemente do método utilizado. Já [Millen et al. \(2009\)](#), em pesquisa realizada no Brasil, constataram que ao longo do período de adaptação são usadas pelo menos três dietas diferentes, e que esse período tem uma duração de aproximadamente 17 dias.

[Millen et al. \(2009\)](#) relataram que a média que os bezerros, bois, novilhos, novilhas e vacas de descartes permanecem confinados no Brasil são, respectivamente, de 123,6; 83,6; 74; 67,5 e 57,4 dias. Devido a isso, os animais são adaptados a dietas de alto concentrado no menor tempo possível, uma vez que, os confinadores alegam de que como período de engorda (terminação) é pequeno, o período de adaptação não pode ser estendido ([Prado, 2010](#)).

O período de adaptação às dietas é de extrema importância para adaptar e estabilizar a microbiota ruminal de bovinos acostumados com dietas ricas em forragens para dietas com alta proporção de concentrado (carboidratos prontamente fermentáveis) ([Bevans et al., 2005](#); [Brown et al., 2006](#); [Mir et al., 2008](#)), afim de minimizar ou prevenir distúrbios nutricionais como acidose ([Ornaghi et al., 2022](#); [Prado et al., 2022](#); [Ramos et al., 2022](#)).

A mudança gradual na dieta tem como finalidade dar oportunidade aos microrganismos do rúmen (que regulam a taxa de fermentação ou produzem produtos finais desejáveis) de se estabelecerem, enquanto reduz a chance do crescimento exacerbado de microrganismos ruminais indesejáveis, como a bactéria *Streptococcus bovis*, que se reproduz em intervalo próximo de 12 minutos quando o pH ruminal se encontra próximo de 5,5 ([McAllister et al., 1993](#)).

O estabelecimento gradual das populações bacterianas está inteiramente relacionado com as rações utilizadas no período de adaptação. Normalmente, as populações de microrganismos ruminais se adaptam à nova dieta em até três dias. No entanto, as papilas do epitélio ruminal demoram de 5 a 7 dias para se desenvolver, e assim se adaptam ao novo ambiente de fermentação proporcionado pela nova dieta ([Bevans et al., 2005](#)). Se as mudanças nas dietas não forem graduais durante a transição para a ração de terminação, a diferença entre os tempos de adaptação da microbiota e das papilas ruminais pode acarretar quadros de acidose, visto que, a produção de ácidos excederá a capacidade absorviva das papilas. E isto poderá lesionar o epitélio ruminal, e conseqüentemente acarretar aos animais confinados desempenho aquém do esperado ([Bevans et al., 2005](#)).

De acordo com [Millen et al. \(2009\)](#) os protocolos de adaptação de restrição e de escada são os mais utilizados pelos nutricionistas de bovinos de corte confinados no Brasil. O protocolo de restrição consiste no fornecimento da ração de terminação de forma restrita por quantidade de matéria seca desde o primeiro dia de confinamento até os animais atingirem o consumo à vontade, estimado ao final da adaptação. Já o protocolo de escadas consiste no fornecimento de níveis crescentes de concentrados até que seja atingido o nível desejado para a ração de terminação.

[Bevans et al. \(2005\)](#) descreveram que o menor desenvolvimento das papilas ruminais ao final da fase de adaptação de 14 dias em comparação com adaptação de 21 dias, não prejudicou o desempenho de bovinos Nelore terminados em confinamento e desta forma, os animais podem ser adaptados em 14 dias independente do protocolo utilizado (escada e restrição). Adicionalmente, [Bevans et al. \(2005\)](#) relataram que bovinos Nelore podem ser adaptados tanto em nove quanto em 14 dias, independente do protocolo de adaptação adotado (escada e restrição). No entanto, ressaltaram que apesar de desempenho similar, os animais adaptados em nove dias apresentam menor superfície absorviva e conseqüentemente menor digestibilidade dos nutrientes após a fase de adaptação.

[Choat et al. \(2002\)](#) adaptaram bovinos utilizando os protocolos de restrição (seis e nove dias) e de escada (seis e nove dias) e relataram que os métodos de adaptação por restrição seis dias ou por escadas em nove dias apresentaram menor incidência de ruminites. No entanto, os animais adaptados por protocolo de escadas apresentaram maior ganho de peso diário, neste sentido, pode-se concluir que adaptar bovinos Nelore em 9 dias usando o protocolo de escada é a opção mais viável. [Bierman & Pritchard \(1996\)](#) adaptaram bovinos para uma dieta de 92% de concentrado com acesso *ad libitum* às dietas com 45, 65, 75 e 82% de concentrado durante um período de 11 dias ou por meio da restrição da ingestão da dieta final (1,74% do peso inicial), seguido por aumentos graduais até o consumo *ad libitum* ser alcançado e verificaram que ganho médio diário dos bovinos não diferiu entre os protocolos. No entanto os bovinos que foram adaptados pelo protocolo de restrição apresentaram menor IMS, sendo, portanto, 11% mais eficientes. [Parra et al. \(2019\)](#) avaliaram protocolos de adaptação à dieta de 85% de concentrado, em escada (14 e 21 dias de duração) e restrição a dieta final (14 e 21 dias de duração) em bovinos Nelore e observaram que os protocolos de adaptação não afetaram o peso corporal final, ganho de peso diário, ingestão de matéria seca em quilos, conversão alimentar e eficiência alimentar. Contudo, o peso de carcaça quente e o rendimento de carcaça foram maiores para os animais adaptados por 14 dias, comparado com os adaptados por 21 dias.

Dieta vs. adaptação da microbiota ruminal

Na maioria das vezes, todos os animais que chegam ao confinamento são oriundos de pastagens e, muitas vezes, nunca receberam alimentos concentrados. Esses animais passam por várias mudanças fisiológicas à medida que são ambientados ao sistema, necessitando assim de um período para se adaptar ao manejo de trato, estrutura social na baia e adaptação aos novos alimentos ([Almeida et al., 2018](#)).

O período de adaptação de uma dieta rica em forragem para uma dieta com alta proporção de concentrado é amplamente considerado um período de tempo crítico em que as práticas de gestão

nutricionais podem promover ou prejudicar o desempenho e saúde do animal ([Brown et al., 2006](#)), alterar a taxa e extensão da digestão, concentração e perfil de ácidos graxos no rúmen, pH, concentração de amônia ruminal ([Prado, 2010](#)) e causar grande impacto no perfil microbiano ruminal ([Prado, 2010](#); [Schwartzkopf-Genswein et al., 2003](#)). Mudanças abruptas na dieta promovem um desequilíbrio nas espécies microbianas, podendo acarretar em distúrbios ruminais ([Cheng & Costerton, 1980](#); [Van Soest, 1994](#)).

A maioria dos programas de adaptação de bovinos em confinamento utilizam os protocolos com fornecimento *ad libitum* das dietas de alto concentrado, com inclusão gradual de concentrado ([Brown et al., 2006](#)). Nesses protocolos a microbiota ruminal se adapta e se desenvolve em condições com baixo pH, e isto favorece a redução na variação do consumo e ocorrência de acidose subclínica nos animais ([Choat et al., 2002](#)). Assim sendo, a manutenção da fermentação ruminal depende da população de bactérias que utilizam o lactato e de protozoários ciliados (engloba bactérias amilolíticas), os quais degradam e fermentam os grânulos de amido englobados de forma mais lenta que as bactérias, evitando assim, a queda abrupta de pH ([Coe et al., 1999](#); [Hobson & Stewart, 2012](#); [Hungate, 1966](#); [Van Soest, 1994](#)).

Na maioria das vezes, no período inicial do fornecimento de dietas com alto concentrado, as bactérias utilizadoras de lactato (*Veillonella* e *Selenomonas*) que são sensíveis ao pH ruminal baixo são substituídas pelas tolerantes (*Anaerovibrio*, *Propionobacterium* e *Megasphaera*). Bactérias amilolíticas pertencentes ao gênero *Prevotella* são substituídas pelas produtoras de lactato (gênero *Lactobacillus*, *Eubacterium* e *Streptococcus*) ([Coe et al., 1999](#); [Hobson & Stewart, 2012](#); [Hungate, 1966](#); [Van Soest, 1994](#)). Neste contexto, [Bevans et al. \(2005\)](#) avaliaram o aumento do concentrado da dieta de novilhas, de 40 para 90% (na MS) para adaptação rápida (65% de concentrado da dieta fornecido durante três dias) ou para adaptação gradual (cinco dietas intermediárias contendo 48,3; 56,7; 65,0; 73,3 e 81,7% de concentrado, fornecidos durante três dias cada) e verificaram maiores variações de pH ruminal para as novilhas adaptadas rapidamente do que com o protocolo de adaptação gradual durante a adaptação de 65 e 90% de concentrado. Esta maior variância significa propensão a ocorrência de acidose. Os métodos de adaptação não afetaram a concentração de AGV ruminal, IMS ou variação diária na IMS.

[Brown et al. \(2006\)](#), em uma revisão, relataram que a adaptação de bovinos confinados com aumento significativo de concentrado na dieta (cerca de 55 a 90% na MS da dieta) no período de até 14 dias, em comparação ao acesso *ad libitum* à dieta, geralmente resulta em desempenho reduzido durante a adaptação ou sobre todo o período de confinamento. Além disso, indivíduos que parecem regular eficazmente o consumo voluntário durante a adaptação geralmente exibem um aumento constante na IMS conforme aumenta o concentrado na dieta; e animais que lidam de forma menos favorável com a adaptação dos grãos apresentam ciclo repetidos de consumo excessivo seguidos por redução acentuada no pH ruminal.

Os protozoários (principalmente *Entodinium* spp.) foram mais numerosos em dietas com aproximadamente 60% de concentrado; enquanto as bactérias que utilizam lactato (destacando-se as do gênero *Selenomonas* e *Magasphaera*) aumentaram de forma mais acentuada após dois a sete dias da introdução de dietas com mais de 70% de concentrado. Além disso, a quantidade de bactérias amilolíticas aumentou à medida que incluiu o concentrado na dieta, as quais apresentaram aumento mais pronunciado, em relação à utilizadoras de lactato, por apresentarem maior taxa de crescimento. Mais pesquisas são necessárias para caracterizar como o aumento no consumo de concentrado influencia o ecossistema ruminal, identificando os recursos biológicos que permitem que certos animais se adaptem mais rápido dietas com alta proporção de concentrado ([Brown et al., 2006](#)).

Aditivos vs. probióticos nas dietas

Segundo [Bevans et al. \(2005\)](#) e [Owens \(2007\)](#) as concentrações de nutrientes (proteínas, minerais, vitaminas e aditivos) deveriam ser maiores em dietas de adaptação, pois nesse período os animais apresentam baixo consumo. Sendo assim, os aditivos são utilizados nas dietas de bovinos confinados com o objetivo de modular a fermentação ruminal, o que acarreta em melhorias na conversão alimentar e/ou produção (ganho de peso) e/ou melhoria na saúde ruminal ([Bretschneider et al., 2008](#); [Russell & Strobel, 1989](#)).

Os aditivos podem ser caracterizados como de origem dietética, antibióticos ionóforos (monensina sódica, lasalocida e salinomicina sódica), antibióticos não ionóforos (virginiamicina, flavomicina,

tilosina), vacinas, probióticos (microrganismos), ácido dicarboxílico, plantas e extrato de plantas e enzimas exógenas (fibrolíticas, amilolíticas e proteolíticas) ([Bergen & Bates, 1984](#); [Goodrich et al., 1984](#); [Ipharraguerre & Clark, 2003](#); [Martineau et al., 2007](#); [Tedeschi et al., 2011](#); [Yang et al., 2010](#)).

[Millen et al. \(2009\)](#) realizaram um levantamento com 31 nutricionistas responsáveis pelo atendimento de aproximadamente 3,2 milhões de cabeças de animais confinados, e relataram que a inclusão média de ingredientes volumosos nas dietas foi de 28,8% com base na matéria seca, sendo que 77,4% dos nutricionistas utilizavam entre 56 e 80% de concentrado (base na MS) e 100% dos clientes destes utilizavam ionóforos como principal aditivo alimentar.

[Coe et al. \(1999\)](#) avaliaram a influência da virginiamicina (VM) e monensina + tilosina (MT) sobre a população microbiana ruminal e produtos da fermentação em bovinos durante a rápida adaptação a uma dieta com alta proporção de concentrado, e verificaram que o pH ruminal, a contagem de protozoários e as concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal e AGV não foram afetadas pelos aditivos (VM ou MT). Entretanto, a VM apresentou influência moderada sobre a fermentação ruminal, diminuindo as populações de *Lactobacillus* e *Streptococcus bovis*, que são bactérias produtoras de ácido lático. Em relação ao *Fusobacterium necrophorum* (principal agente etiológico dos abscessos hepáticos), a inclusão de VM e MT impediram sua multiplicação quando o teor de concentrado na dieta foi aumentado. Além disso, [Klieve et al. \(2003\)](#) inocularam os microrganismos (cepas bacterianas): *Megasphaera elsdenii* YE34 (degradadora de ácido lático) e *Butyrivibrio fibrisolvens* YE44 (utiliza amido, alternativa para *Streptococcus bovis*) no rúmen de bovinos de corte quando a dieta baseada em forragem mudou para grãos e verificaram que todos os novilhos rapidamente adaptados para a dieta à base de grãos não apresentaram sinais de acidose (exceto um animal controle). Além disso, as populações de *S. bovis* permaneceram constantes (exceto no animal acidótico), de *Megasphaera elsdenii* YE34 não foram detectadas nos animais sem grão na dieta, mas apresentou aumento de 100 vezes nos primeiros quatro dias após a inoculação e de *Butyrivibrio fibrisolvens*, diminuiu rapidamente com a introdução de grãos na dieta e não foi detectada oito dias após a introdução de grãos. A população de *Megasphaera elsdenii* se estabeleceu rapidamente no rúmen de bovinos alimentados com grãos 7-10 dias mais cedo do que nos bovinos não inoculados. Deste modo, essas cepas bacterianas podem ser utilizadas como probióticos.

[Ghorbani et al. \(2002\)](#) determinaram a inclusão de microrganismos utilizadores de ácido lático (*Propionibacterium* P15 “P15”) ou a combinação deste com microrganismos produtores de ácido lático (P15 + *Enterococcus faecium* EF212 “PE”) na dieta de alto concentrado de bovinos confinados após duas semanas de adaptação e verificaram que a IMS, pH ruminal e do sangue, não foram afetados pelos tratamentos. No entanto, a adição de P15 na dieta aumentou o número de protozoários com um concomitante aumento da concentração de NH₃ no rúmen e diminuiu o número de bactérias amilolíticas em comparação com o controle (sem inclusão de microrganismos). Já a inclusão de PE reduziu numericamente a *Streptococcus bovis*. A inclusão de microrganismos na dieta tem potencial de ser usado como parte de estratégias nutricionais para reduzir a incidência de acidose em bovinos confinados alimentados com dietas altamente fermentáveis. [Squizatti \(2019\)](#) concluiu em seu trabalho que é possível adaptar animais em 14 dias consumindo virginiamicina como único aditivo alimentar. Porém, não se recomenda encurtar a adaptação desses animais para 6 ou 9 dias.

Dieta vs. saúde ruminal

De acordo com [Hernández et al. \(2014\)](#) a alta ingestão de carboidratos não estruturais (dietas de alto grão, processamento de grãos “pequenas partículas”, combinação inadequada de grãos de cereais “tipo e quantidade”); a capacidade inadequada de tampão ruminal (aumento de ácidos graxos voláteis, perda da capacidade de salivação “incluindo a atividade de ruminação”, baixa proteína bruta e fibra em detergente neutro na dieta); e manejo inadequado de cochos (interrupções nos padrões normais de consumo de ração, alimentação inadequada (incluindo mudanças na dieta) e fatores de estresse) são fatores que podem produzir acidose ruminal de forma isolada ou em combinação.

O comportamento alimentar é o novo foco para acidose, devido ao fato de que a ingestão da matéria seca determina a produção de ácido, e a atividade de mastigação determina a capacidade de tampão, e ambos, em conjunto, determinar o pH do rúmen. Mas é importante ressaltar que a suscetibilidade de sofrer com este problema é individual, portanto, animais do mesmo lote não vão necessariamente

desenvolver este problema, possivelmente relacionados com padrões de hierarquia ou dominância. ([Hernández et al., 2014](#)).

[Calsamiglia et al. \(2012\)](#) definiram a acidose como a “síndrome do concentrado”, porque este processo está relacionado a dois fatos diferentes: diminuição do pH ruminal e alterações na população microbiota ruminal em ambos de forma conjunta são responsáveis pelo processo. Além disso, a acidose subclínica e clínica em bovinos está relacionada com os efeitos combinados do nível de consumo de ração, taxa de ingestão, a triagem dos alimentos, taxa de salivação, a população microbiana ruminal, exposição prévia a acidose, a taxa de passagem de alimentos a partir do rúmen, e outros aspectos da fisiologia e comportamento ([Beauchemin & Penner, 2009](#)).

A dieta é o principal determinante da quantidade e qualidade dos nutrientes fornecidos à população microbiana ruminal e para o animal ([Hall & Huntington, 2008](#); [Huntington, 1997](#)). Além disso, fatores como o estado imune, os danos nos tecidos e as próprias flutuações metabólicas do animal pode alterar a resposta à dieta. O estabelecimento de uma microflora estável durante a transição de uma dieta de forragem para concentrado não é imediata. A introdução de dietas com alto teor de CNF ou baixo teor de CF promove aumento nas taxas de digestão e produção de AGCC e conseqüentemente redução no pH ruminal (< 6,0), que exerce efeitos negativos nos microrganismos celulolíticos ruminais (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus* e *Ruminococcus flavefaciens*) e nas bactérias consumidoras de lactato, como *Megasphaera elsdenii* e *Selenomonas ruminantium* (converter lactato para piruvato) e pode aumentar atividade das bactérias produtoras de lactato (*Streptococcus bovis*) ([Nagaraja & Titgemeyer, 2007](#)), reduzindo a eficiência microbiana, e conseqüentemente acarreta em diminuição na digestibilidade da dieta ([Owens et al., 1998](#)) e consumo de nutrientes ([Stock et al., 1995](#)), acarretando em prejuízos no desempenho dos animais.

Um exemplo da alteração que o pH ruminal causa nos microrganismos ruminais é a bactéria *Streptococcus bovis*, que em pH neutro produz formato, acetato e etanol utilizando a enzima piruvato-formato e, com o decréscimo de pH do meio, ocorre, em paralelo, redução do pH intracelular, inibindo a ação desta enzima e, conseqüentemente, há produção de lactato ([Russell et al., 1992](#)).

Embora a produção de lactato gere menos ATP por unidade de glicose fermentada em comparação com a produção de acetato ou formato, a produção de ATP por unidade de tempo aumenta com a produção de lactato, o que permite a *S. bovis* manter elevadíssimas taxas de crescimento (tempo de duplicação de cerca de 12 min). Sob estas condições, *S. bovis* aumenta o seu número no rúmen de cerca de 10⁴-7 células/g para 10¹¹ cell/g teor ruminal ([Nagaraja & Titgemeyer, 2007](#)).

Se a ingestão de amido continua a aumentar rapidamente, mais ácido láctico será produzido por *S. bovis*, o que predispõe à uma redução ainda mais drástica do pH do rúmen, podendo alcançar valores abaixo de 5,0. Sob estas condições, o crescimento de bactérias fermentadores de lactato é diminuída, o que resulta no acúmulo de ácido láctico no líquido ruminal provocando com isso, uma queda mais acentuada do pH do rúmen. Quando o pH ruminal está abaixo de 5,0, o crescimento de *S. bovis* é reduzido, enquanto o *Lactobacillus* spp. aumenta seu número rapidamente, o que provoca um aumento dramático na produção e acúmulo de ácido láctico no rúmen, caracterizando, desta forma, a acidose ruminal clínica ([Nagaraja & Titgemeyer, 2007](#)).

[Castillo-Lopez et al. \(2014\)](#) determinaram a incidência, prevalência, severidade e fatores de risco para a acidose ruminal em dietas de adaptação (dia 1 a 20), de transição (dias 21 a 40), de início da terminação (dias 41 a 91) e final da terminação (dias 92 a 143) de novilhos confinados e verificaram que a maior incidência, prevalência e gravidade da acidose ruminal foram observados no final da fase de terminação e foram associados com dias de confinamento e IMS. Embora a prevalência e a severidade da acidose ruminal ter sido baixa em novilhos confinados, as associações entre pH ruminal baixo, menor ganho de peso e diminuição da eficiência alimentar sugerem que as estratégias para regular o pH ruminal pode ter um impacto positivo no desempenho dos animais.

Considerações finais

As alterações na dieta de bovinos confinados acarretam uma série de mudanças no ecossistema ruminal, que conseqüentemente pode potencializar ou prejudicar a produtividade dos animais. Para minimizar os efeitos negativos das alterações nas dietas é necessário adaptar de forma gradativa a

microbiota ruminal, seja pelos protocolos de adaptação por escada ou por restrição. Ambos os protocolos normalmente melhoram a saúde e maximizam o desempenho dos animais com 14 dias de adaptação.

Referências bibliográficas

- Allison, S. D., & Martiny, J. B. H. (2008). Resistance, resilience, and redundancy in microbial communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(Suppl), 11512–11519. <https://doi.org/10.17226/12501>.
- Almeida, M. T. C., Ezequiel, J. M. B., Paschoaloto, J. R., Perez, H. L., Carvalho, V. B., Castro Filho, E. S., & van Cleef, E. H. C. B. (2018). Effects of high concentrations of crude glycerin in diets for feedlot lambs: feeding behaviour, growth performance, carcass and non-carcass traits. *Animal Production Science*, *58*(7), 1271–1278.
- Andersen, J. B., Sehested, J., & Ingvarsten, K. L. (1999). Effect of dry cow feeding strategy on rumen pH, concentration of volatile fatty acids and rumen epithelium development. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, *49*(3), 149–155. <https://doi.org/10.1080/090647099424051>.
- ANUALPEC. (2022). *Anuário da Pecuária Brasileira* (20th ed., Vol. 1). Instituto FNP.
- Arcuri, P. B., Lopes, F. C. F., & Carneiro, J. (2011). Microbiologia do rumen. In T. T. Berchielli, A. V. Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Issue 2th ed., pp. 115–148). FUNEP.
- Bannink, A., France, J., Lopez, S., Gerrits, W. J. J., Kebreab, E., Tamminga, S., & Dijkstra, J. (2008). Modelling the implications of feeding strategy on rumen fermentation and functioning of the rumen wall. *Animal Feed Science and Technology*, *143*(1–4), 3–26. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.002>
- Beauchemin, K., & Penner, G. (2009). New developments in understanding ruminal acidosis in dairy cows. *Tri-State Dairy Nutrition Conference, 2009*, 1–12.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V., & Oliveira, S. G. (2011). *Nutrição de Ruminantes*. FUNEP.
- Bergen, W. G., & Bates, D. B. (1984). Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. *Journal of Animal Science*, *58*(6), 1465–1483. <https://doi.org/0.2527/jas1984.5861465x>.
- Berndt, A., & Tomkins, N. W. (2013). Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. *Animal*, *7*(2), 363–372.
- Bevans, D. W., Beauchemin, K. A., Schwartzkopf-Genswein, K. S., McKinnon, J. J., & McAllister, T. A. (2005). Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, *83*(5), 1116–1132. <https://doi.org/10.2527/2005.8351116x>.
- Bierman, S. J., & Pritchard, R. H. (1996). *Effect of feed delivery management on yearling steer performance*. South Dakota State University.
- Bretschneider, G., Elizalde, J. C., & Pérez, F. A. (2008). The effect of feeding antibiotic growth promoters on the performance of beef cattle consuming forage-based diets: A review. *Livestock Science*, *114*(2–3), 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.12.017>.
- Brown, M. S., Ponce, C. H., & Pulikanti, R. (2006). Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: Performance and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science*, *84*(13 Suppl), E25–E33.
- Brulc, J. M., Antonopoulos, D. A., Berg Miller, M. E., Wilson, M. K., Yannarell, A. C., Dinsdale, E. A., Edwards, R. E., Frank, E. D., Emerson, J. B., & Wacklin, P. (2009). Gene-centric metagenomics of the fiber-adherent bovine rumen microbiome reveals forage specific glycoside hydrolases. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(6), 1948–1953. <https://doi.org/10.1073/pnas.0806191105>.
- Cabral, L. S., Santos, J. W., Zervoudakis, J. T., Abreu, J. G., Souza, A. L., & Rodrigues, R. C. (2008). Consumo e eficiência alimentar em cordeiros confinados. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, *9*(4), 703–714.
- Calsamiglia, S., Blanch, M., Ferret, A., & Moya, D. (2012). Is subacute ruminal acidosis a pH related problem? Causes and tools for its control. *Animal Feed Science and Technology*, *172*(1–2), 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.007>.

- Castillo-Lopez, E., Wiese, B. I., Hendrick, S., McKinnon, J. J., McAllister, T. A., Beauchemin, K. A., & Penner, G. B. (2014). Incidence, prevalence, severity, and risk factors for ruminal acidosis in feedlot steers during backgrounding, diet transition, and finishing. *Journal of Animal Science*, *92*(7), 3053–3063.
- Cheng, K. J., & Costerton, J. W. (1980). The formation of microcolonies by rumen bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, *26*(9), 1104–1113. <https://doi.org/10.1139/m80-183>.
- Choat, W. T., Krehbiel, C. R., Brown, M. S., Duff, G. C., Walker, D. A., & Gill, D. R. (2002). Effects of restricted versus conventional dietary adaptation on feedlot performance, carcass characteristics, site and extent of digestion, digesta kinetics, and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science*, *80*(10), 2726–2739. <http://www.journalofanimalscience.org/content/80/10/2726.abstract>
- Coe, M. L., Nagaraja, T. G., Sun, Y. D., Wallace, N., Towne, E. G., Kemp, K. E., & Hutcheson, J. P. (1999). Effect of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet and during an induced acidosis. *Journal of Animal Science*, *77*(8), 2259–2268. <https://doi.org/77/8/2259>.
- Coutinho Filho, J. L. V., Peres, R. M., & Justo, C. L. (2006). Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *35*(5), 2043–2049.
- Creevey, C. J., Kelly, W. J., Henderson, G., & Leahy, S. C. (2014). Determining the culturability of the rumen bacterial microbiome. *Microbial Biotechnology*, *7*(5), 467–479. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12141>.
- Dehority, B. A. (2003). *Rumen microbiology*. University Press.
- Dirksen, G. U., Liebich, H. G., & Mayer, E. (1985). Adaptive changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance. *The Bovine Practitioner*, *20*, 116–120.
- Dougherty, C. T., Bradley, N. W., Cornelius, P. L., & Lauriault, L. M. (1989). Accessibility of herbage allowance and ingestive behavior of beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, *23*(1–2), 87–97. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0168-1591\(89\)90009-9](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0168-1591(89)90009-9)
- Etschmann, B., Suplie, A., & Martens, H. (2009). Change of ruminal sodium transport in sheep during dietary adaptation. *Archives of Animal Nutrition*, *63*(1), 26–38. <https://doi.org/10.1080/17450390802506885>.
- Fernando, S. C., Purvis, H. T., Najar, F. Z., Sukharnikov, L. O., Krehbiel, C. R., Nagaraja, T. G., Roe, B. A., & DeSilva, U. (2010). Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. *Applied and Environmental Microbiology*, *76*(22), 7482–7490.
- Firkins, J. L., & Yu, Z. (2015). Ruminant nutrition symposium: how to use data on the rumen microbiome to improve our understanding of ruminant nutrition. *Journal of Animal Science*, *93*(4), 1450–1470. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8754>.
- Gäbel, G., Aschenbach, J. R., & Müller, F. (2002). Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: implications and limitations. *Animal Health Research Reviews*, *3*(1), 15–30. <https://doi.org/10.1079/ahrr200237>.
- Gäbel, G., Marek, M., & Martens, H. (1993). Influence of food deprivation on SCFA and electrolyte transport across sheep reticulorumen. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, *40*(1-10), 339–344. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1993.tb00637.x>.
- Gandra, J. R., Freitas Jr, J. E., Barletta, R. V., Filho, M. M., Gimenes, L. U., Vilela, F. G., Baruselli, P. S., & Rennó, F. P. (2011). Productive performance, nutrient digestion and metabolism of Holstein (*Bos taurus*) and Nelore (*Bos taurus indicus*) cattle and Mediterranean Buffaloes (*Bubalis bubalis*) fed with corn-silage based diets. *Livestock Science*, *140*(1–3), 283–291. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2011.04.005>
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J. F., & Culioli, J. (2001). Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction Nutrition Development*, *41*(1), 377. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0035033629&partnerID=40&md5=89f3c61bdc55637f8c903eab2cd3e8d0>

- Ghorbani, G. R., Morgavi, D. P., Beauchemin, K. A., & Leedle, J. A. Z. (2002). Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, *80*(7), 1977–1985. <https://doi.org/10.2527/2002.8071977x>.
- González, L. A., Manteca, X., Calsamiglia, S., Schwartzkopf-Genswein, K. S., & Ferret, A. (2012). Ruminal acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *Animal Feed Science and Technology*, *172*(1–2), 66–79. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.009>
- Goodrich, R. D., Garrett, J. E., Gast, D. R., Kirick, M. A., Larson, D. A., & Meiske, J. C. (1984). Influence of monensin on the performance of cattle. *Journal of Animal Science*, *58*(6), 1484–1498. <https://doi.org/10.2527/jas1984.5861484x>.
- Hall, M. B., & Huntington, G. B. (2008). Nutrient synchrony: Sound in theory, elusive in practice. *Journal of Animal Science*, *86*(suppl_14), E287–E292.
- Hernández, J., Benedito, J. L., Abuelo, A., & Castillo, C. (2014). Ruminal acidosis in feedlot: from aetiology to prevention. *The Scientific World Journal*, *2014*, ID 702572. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004>.
- Hobson, P. N., & Stewart, C. S. (2012). *Rumen microbial ecosystem* (2nd ed.). Blackie Academic & Professional.
- Hungate, R. E. (1966). The Rumen and its microbes. In *The rumen and its microbes* (Academic P). <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-3308-6.50005-X>
- Huntington, G. B. (1997). Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, *75*(3), 852–867. <https://doi.org/10.2527/1997.753852x>.
- Ipharraguerre, I. R., & Clark, J. H. (2003). Usefulness of ionophores for lactating dairy cows: a review. *Animal Feed Science and Technology*, *106*(1–4), 39–57. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00065-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00065-8)
- Jami, E., & Mizrahi, I. (2012). Composition and similarity of bovine rumen microbiota across individual animals. *PLoS One*, *7*(3), e33306. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033306>.
- Kim, M., Morrison, M., & Yu, Z. (2011). Status of the phylogenetic diversity census of ruminal microbiomes. *FEMS Microbiology Ecology*, *76*(1), 49–63. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.01029.x>.
- Klieve, A. V., Hennessy, D., Ouwerkerk, D., Forster, R. J., Mackie, R. I., & Attwood, G. T. (2003). Establishing populations of *Megasphaera elsdenii* YE 34 and *Butyrivibrio fibrisolvens* YE 44 in the rumen of cattle fed high grain diets. *Journal of Applied Microbiology*, *95*(3), 621–630.
- Kozloski, G. V. (2011). *Bioquímica dos ruminantes* (3a Ed., Vol. 1). Editora Universidade Federal de Santa Maria.
- Krehbiel, C. R., Kreikemeier, K. K., & Ferrell, C. L. (2000). Influence of *Bos indicus* crossbreeding and cattle age on apparent utilization of a high-grain diet. *Journal of Animal Science*, *78*(6), 1641–1647. <https://doi.org/10.2527/2000.7861641x>.
- Malhi, M., Gui, H., Yao, L., Aschenbach, J. R., Gäbel, G., & Shen, Z. (2013). Increased papillae growth and enhanced short-chain fatty acid absorption in the rumen of goats are associated with transient increases in cyclin D1 expression after ruminal butyrate infusion. *Journal of Dairy Science*, *96*(12), 7603–7616. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6700>
- Martineau, R., Benchaar, C., Petit, H. V., Lapierre, H., Ouellet, D. R., Pellerin, D., & Berthiaume, R. (2007). Effects of lasalocid or monensin supplementation on digestion, ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *90*(12), 5714–5725. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0368>.
- McAllister, T. A., Bae, H. D., Jones, G. A., & Cheng, K.-J. (1994). Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *Journal of Animal Science*, *72*(11), 3004–3018. <https://doi.org/10.2527/1994.72113004x>.
- McAllister, T. A., Dong, Y., Yanke, L. J., Bae, H. D., Cheng, K.-J., & Costerton, J. W. (1993). Cereal grain digestion by selected strains of ruminal fungi. *Canadian Journal of Microbiology*, *39*(4), 367–376. <https://doi.org/10.1139/m93-054>.

- McAllister, T. A., Forster, R. J., Teather, R. M., Sharma, R., Attwood, G. T., Selinger, L. B., & Joblin, K. N. (2006). Chapter 19 Manipulation and characterization of the rumen ecosystem through biotechnology. In J. Z. R. Mosenthin & T. Żebrowska (Eds.), *Biology of Growing Animals: Vol. Volume 4* (pp. 559–583). Elsevier. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1877-1823\(09\)70106-7](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1877-1823(09)70106-7)
- Millen, D. D., Pacheco, R. D. L., Arrigoni, M. D. B., Galyean, M. L., & Vasconcelos, J. T. (2009). A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, *87*(10), 3427–3439.
- Millen, D., Pacheco, R. D. L., Arrigoni, M. B., Parrili, M., Matsuhara, S. A., Fossa, M. V, Sarti, L. M. N., Martins, C. L., Bastos, J. P. S. T., & Mariam, T. M. (2007). Feedlot performance and rumen parakeratosis incidence in *Bos indicus* type bullocks fed high-grain diets and monensin or polyclonal antibody preparations against rumen bacteria. *Journal of Animal Science*, *85*, 552.
- Mir, P. S., Schwartzkopf-Genswein, K. S., Entz, T., Klein, K. K., Okine, E., & Dodson, M. V. (2008). Effect of a short duration feed withdrawal followed by full feeding on marbling fat in beef carcasses. *Livestock Science*, *116*(1–3), 22–29. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2007.08.015>
- Monteils, V., Rey, M., Silberberg, M., Cauquil, L., & Combes, S. (2012). Modification of activities of the ruminal ecosystem and its bacterial and protozoan composition during repeated dietary changes in cows. *Journal of Animal Science*, *90*(12), 4431–4440. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4321>.
- Moya, D., He, M. L., Jin, L., Wang, Y., Penner, G. B., Schwartzkopf-Genswein, K. S., & McAllister, T. A. (2015). Effect of grain type and processing index on growth performance, carcass quality, feeding behavior, and stress response of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, *93*(6), 3091–3100.
- Nagaraja, T. G., Newbold, C. J., Van Nevel, C. J., & Demeyer, D. I. (2012). Manipulation of ruminal fermentation. In P. N. Hobson & C. S. Stewart (Eds.), *The rumen microbial ecosystem* (Vol. 1, pp. 523–632). Black Academic & Professional.
- Nagaraja, T. G., & Titgemeyer, E. C. (2007). Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, *90*(Supp), E17–E38. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-478>.
- Nocek, J. E. (1988). In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, *71*(8), 2051–2069. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79781-7](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79781-7).
- Ornaghi, M. G., Stuaní, O. F., Ramos, T. R., Penha, G. P., Prado, R. M., & Prado, I. N. (2022). SARA (Subacute Ruminal Acidosis) e medidas preventivas para minimizar seus efeitos em bovinos: Revisão. *PUBVET*, *16*(6), 1–11. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n06a1137.1-12>.
- Ørskov, E. R., Hovell, F. D. d., & Mould, F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*, *5*(3), 195–213.
- Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, *92*(2), 499–503. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>.
- Owens, F. (2007). Adaptação de gado confinado a dietas ricas em grãos: distúrbios metabólicos e desempenho. *Simpósio Sobre Bovinocultura de Corte*, *6*, 221–235.
- Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J., & Gill, D. R. (1998). Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, *76*(1), 275–286. <https://doi.org/10.2527/1998.761275x>.
- Parra, F. S., Ronchesel, J. R., Martins, C. L., Perdígão, A., Pereira, M. C. S., Millen, D. D., & Arrigoni, M. D. B. (2019). Nellore bulls in Brazilian feedlots can be safely adapted to high-concentrate diets using 14-day restriction and step-up protocols. *Animal Production Science*, *59*(10), 1858–1867. <https://doi.org/10.1071/AN18207>.
- Penner, G B, Beauchemin, K. A., & Mutsvangwa, T. (2007). Severity of ruminal acidosis in primiparous Holstein cows during the periparturient period. *Journal of Dairy Science*, *90*(1), 365–375.
- Penner, Gregory B, Aschenbach, J. R., Gäbel, G., Rackwitz, R., & Oba, M. (2009). Epithelial capacity for apical uptake of short chain fatty acids is a key determinant for intraruminal pH and the susceptibility to subacute ruminal acidosis in sheep. *The Journal of Nutrition*, *139*(9), 1714–1720. <https://doi.org/10.3945/jn.109.108506>.

- Petri, R M, Forster, R. J., Yang, W., McKinnon, J. J., & McAllister, T. A. (2012). Characterization of rumen bacterial diversity and fermentation parameters in concentrate fed cattle with and without forage. *Journal of Applied Microbiology*, 112(6), 1152–1162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05295.x>.
- Petri, Renee M, Schwaiger, T., Penner, G. B., Beauchemin, K. A., Forster, R. J., McKinnon, J. J., & McAllister, T. A. (2013). Characterization of the core rumen microbiome in cattle during transition from forage to concentrate as well as during and after an acidotic challenge. *PloS One*, 8(12), e83424. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083424>.
- Prado, I. N. (2010). *Produção de bovinos de corte e qualidade da carne* (Vol. 1, Issue 1). Eduem.
- Prado, I. N., Ramos, T. R., Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Stuani, O. F., & Penha, G. P. (2022). SARA (Subacute Ruminal Acidosis) sobre o desempenho e comportamento de bovinos: Revisão. *PUBVET*, 16(6), 1–11. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n06a1136.1-11>.
- Ramos, T. R., Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Stuani, O. F., Penha, G. P., & Prado, I. N. (2022). SARA (Subacute Ruminal Acidosis) sua caracterização e consequências em bovinos: Revisão. *PUBVET*, 16(6), 1–11. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n06a1135.1-11>.
- Rogerson, A., Ledger, H. P., & Freeman, G. H. (1968). Food intake and live-weight gain comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* steers on a high plane of nutrition. *Animal Science*, 10(4), 373–380. <https://doi.org/10.1017/S0003356100026404>.
- Russel, J. B., & Wallace, R. J. (1997). Energy-yielding and energy-consuming reactions. In P. N. Hobson & C. S. Stewart (Eds.), *The rumen microbial ecosystem* (p. 246282). Blackie Academic & Professional.
- Russell, J. B., O'connor, J. D., Fox, D. G., Van Soest, P. J., & Sniffen, C. J. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3551–3561. <https://doi.org/10.2527/1993.7151298x>.
- Russell, J. B., & Strobel, H. J. (1989). Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(1), 1–6. <https://doi.org/10.1128/aem.55.1.1-6.1989>.
- Schwartzkopf-Genswein, K. S., Beauchemin, K. A., Gibb, D. J., Crews, D. H., Hickman, D. D., Streeter, M., & McAllister, T. A. (2003). Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: A review. *Journal of Animal Science*, 81(14 suppl 2), E149–E158.
- Sehested, J., Basse, A., Andersen, J. B., Diernæs, L., Møller, P. D., Skadhauge, E., & Aaes, O. (1997). Feed-Induced Changes in Transport Across the Rumen Epithelium. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 118(2), 385–386. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0300-9629\(96\)00324-6](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0300-9629(96)00324-6)
- Squizatti, M. M. (2019). *Redução do tempo de adaptação com uso de virginiamicina em dietas para bovinos nelore confinados: padrão de fermentação ruminal e aproveitamento de nutrientes*. Universidade Estadual Paulista (Unesp).
- Stock, R. A., Laudert, S. B., Stroup, W. W., Larson, E. M., Parrott, J. C., & Britton, R. A. (1995). Effect of monensin and monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 73(1), 39–44.
- Sutton, J. D., Dhanoa, M. S., Morant, S. V., France, J., Napper, D. J., & Schuller, E. (2003). Rates of Production of Acetate, Propionate, and Butyrate in the Rumen of Lactating Dairy Cows Given Normal and Low-Roughage Diets. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3620–3633. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73968-X](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73968-X)
- Tajima, K., Aminov, R. I., Nagamine, T., Ogata, K., Nakamura, M., Matsui, H., & Benno, Y. (1999). Rumen bacterial diversity as determined by sequence analysis of 16S rDNA libraries. *FEMS Microbiology Ecology*, 29(2), 159–169. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-6496\(99\)00008-2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0168-6496(99)00008-2)
- Tedeschi, L. O., Callaway, T. R., Muir, J. P., & Anderson, R. C. (2011). Potential environmental benefits of feed additives and other strategies for ruminant production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 291–309.

- Traxler, M. J., Fox, D. G., Perry, T. C., Dickerson, R. L., & Williams, D. L. (1995). Influence of roughage and grain processing in high-concentrate diets on the performance of long-fed Holstein steers. *Journal of Animal Science*, 73(7), 1888–1900.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. In *Nutritional Ecology of the Ruminant* (Vol. 1, Issue 2). Cornell University Press. <https://doi.org/10.7591/9781501732355>
- Vasconcelos, J. T., & Galyean, M. L. (2007). Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. *Journal of Animal Science*, 85(10), 2772–2781.
- Welch, J. G. (1982). Rumination, particle size and passage from the rumen. *Journal of Animal Science*, 54(4), 885–894. <https://doi.org/10.2527/jas1982.544885x>.
- Welkie, D. G., Stevenson, D. M., & Weimer, P. J. (2010). ARISA analysis of ruminal bacterial community dynamics in lactating dairy cows during the feeding cycle. *Anaerobe*, 16(2), 94–100.
- Wright, A.-D. G., & Klieve, A. V. (2011). Does the complexity of the rumen microbial ecology preclude methane mitigation? *Animal Feed Science and Technology*, 166–167(0), 248–253. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.015>.
- Yang, W. Z., Ametaj, B. N., Benchaar, C., He, M. L., & Beauchemin, K. A. (2010). Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: Intake, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. *Journal of Animal Science*, 88(3), 1082–1092. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1608>.

Histórico do artigo:**Recebido:** 16 de agosto de 2022**Aprovado:** 12 de setembro de 2022**Disponível online:** 21 de setembro de 2022**Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.