

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

### Desafios da formulação de dietas para ruminantes\*

Arnaud Azevêdo Alves<sup>1</sup>, Bruno Spíndola Garcez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutor em Zootecnia. Professor Associado do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI. arnaud@ufpi.edu.br

<sup>2</sup>Mestre em Ciência Animal. Professor Assistente do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Piauí, Campus Poeta Torquato Neto, Teresina/PI. bruno.spg@hotmail.com

**Resumo:** Com os sistemas de produção de ruminantes cada vez mais exigentes, a adoção de técnicas de formulação de dietas mais eficientes, que visem lucro máximo e custo mínimo, reflete na busca por melhorias quanto aos ganhos por unidade animal e por unidade de área. Nesse sentido, os sistemas de exigências nutricionais, por não serem equivalentes às especificações comerciais das dietas, devem permitir a formulação com margens de segurança, que possibilitem o ajuste e a compensação da ingestão de nutrientes pelos ruminantes, com impacto direto na disponibilidade dos mesmos para atendimento às exigências, assegurando assim, que a ração possa ser consumida de acordo com as metas de produção, seja mais rentável e resulte em produtos de melhor qualidade. Associa-se a esses sistemas, o acesso a tecnologias da informática que permitam flexibilizar e adequar os mesmos a *softwares* que auxiliam a formulação de dietas mais adequadas às exigências dos ruminantes. A este desafio também se deve incluir a necessidade em se adequar suplementos e aditivos nas dietas, como lipídeos, minerais, aminoácidos e tamponantes, além do balanço cátion-aniônico das dietas, visando corrigir tanto desbalanços na formulação, quanto amenizar efeitos deletérios decorrentes do excesso ou redução de nutrientes na dieta, relação energia/proteína e biodisponibilidade de nutrientes. Assim, com essa revisão objetiva-se apresentar e discutir fatores e tecnologias passíveis de adoção para superação dos desafios da formulação de dietas para ruminantes.

**Palavras-chave:** balanceamento de dietas, exigências nutricionais, suplementação alimentar

### Challenges of the formulating diets for ruminants

**Abstract:** To the ruminant production systems more and more demanding, the adoption of techniques to formulating diets most efficient, aiming most profit and minimum cost, reflect in the concern for improvement as to earnings per animal unit and per area unit. In this sense, the systems of nutrient requirements because they are not equivalent to commercial specifications of the diets, should permit the formulation with safety margins, which enable adjustment and compensation of nutrient intake by ruminants, with direct impact on the availability of them to attend the requirements, thus ensuring that the ration can be consumed according to targets manufacturing, be more profitable and result in better quality products. Associates with such systems, access to the informatics technologies allowing for flexibility and adapt them to software for formulating diets best suited to the requirements of ruminants. As a challenge it should also include the need to suit supplements and additives in the diets as lipids, minerals, amino acids and buffers, plus the cation-anion balance (DCAB), both aiming to correct unbalances in the formulation, as mitigate deleterious effects of the excess or decrease of nutrients in the diet, energy:protein ratio and bioavailability of nutrients. Thus, with this review aims to present and discuss factors and technologies that can adopt to overcome the challenges of formulating diets for ruminants.

**Keywords:** balancing diets, nutritional requirements, feed supplementation

---

\*Palestra proferida durante o II Workshop de Modernização da Pecuária - MODERPEC, 13 a 16 de outubro de 2014, em Corrente-PI, promovido pela UESPI/Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros.

\*Lecture held during the *II Workshop de Modernização da Pecuária - MODERPEC* (II Livestock Modernization Workshop), October 13 to 16, Corrente, Piauí State, Brazil, promoted by UESPI/Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros Campus.

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí – UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

### Introdução

Os avanços na produção de ruminantes nos últimos anos são consideráveis, principalmente para produção de leite e de carne. Sem dúvida, a formulação de dietas mais eficientes tanto do ponto de vista do custo mínimo como do lucro máximo tem contribuído para a maior resposta produtiva e econômica dos sistemas de produção. Compete ao nutricionista o conhecimento de tecnologias de processamento de ingredientes, ajustes nos sistemas de exigências, *softwares* para formulação integrados aos sistemas de exigências e maior disponibilidade e uso adequado de suplementos e aditivos.

O processo de formulação de dietas para ruminantes é basicamente subdividido em três etapas: estimativa das exigências nutricionais dos animais, cálculo dos nutrientes fornecidos pelos alimentos e modelagem do problema para a obtenção de uma combinação de ingredientes que possa maximizar o desempenho animal a um custo mínimo. Assim, a adoção de técnicas que permitam a estimativa de exigências adequadas, a fim de proporcionar melhor aproveitamento de nutrientes, reduzindo as perdas durante o metabolismo, torna-se necessária nos sistemas de produção atualmente praticados.

Os métodos de formulação de dietas que se fundamentavam principalmente em cálculos matemáticos de ajuste por tentativas evoluíram consideravelmente nas últimas décadas e passaram também a considerar princípios biológicos e econômicos. Dentre os fatores responsáveis por essa evolução, Barioni et al. (2003) destacam a melhor descrição dos princípios nutritivos e antinutritivos dos ingredientes; a maior precisão das estimativas das exigências nutricionais dos animais e microrganismos do rúmen; o avanço na capacidade de previsão dos níveis de ingestão da matéria seca e do desempenho animal; a aplicação de novos métodos de formulação de dietas capazes de considerar um grande número de restrições e especificar critérios econômicos na formulação.

O objetivo desta revisão é apresentar e discutir fatores e tecnologias passíveis de adoção para superação dos desafios da formulação de dietas para ruminantes, com vistas ao atendimento de demandas dos sistemas de produção animal cada vez mais tecnificados e eficientes.

### Margens de Segurança de Uma Formulação

As dietas geralmente são formuladas com margens de segurança quanto às exigências nutricionais, devido a não equivalência das exigências com as especificações comerciais das dietas. Este problema decorre do inevitável fato que todas as exigências são determinadas em condições experimentais, que permitem aos animais responderem aos nutrientes avaliados sem a interferência de fatores estressores externos, tais como saúde, densidade, manejo, instalações etc. Para compensar esses fatores, altamente variáveis e em grande parte desconhecidos, na prática é comum se adicionar uma margem de segurança às estimativas das exigências nutricionais publicadas (MAVROMICHALIS, 2014). Assim, este autor indica alguns casos em que a compensação de fatores é adotada:

a) Níveis de garantia do rótulo: por definição, em formulações de custo mínimo, a probabilidade do atendimento de qualquer nutriente é sempre inferior a 50%. Assim, as fórmulas podem ser ligeiramente mais fortificadas para atender concentrações declaradas nos rótulos, em atendimento ao exigido por lei. Minimizar os fatores desconhecidos e monitorar a qualidade dos ingredientes e rações preparadas contribui para reduzir a necessidade da adoção de excessivas margens de segurança;

b) Variabilidade de nutrientes: alguns ingredientes podem ser altamente variáveis quanto à composição de nutrientes. Produtos agroindustriais de origem e qualidade desconhecidas podem causar problemas se não forem analisados com frequência, especialmente se representarem uma parte substancial da dieta;

c) Base da formulação: dietas formuladas com base no total de nutrientes, ao invés de nutrientes digestíveis, são frequentemente mais fortificadas para compensar a variabilidade desconhecida na digestibilidade dos nutrientes, especialmente de ingredientes novos ou de baixa qualidade;

d) Perdas de nutrientes: vários nutrientes (por exemplo, aminoácidos e vitaminas) são susceptíveis à destruição durante o processamento térmico (peletização, expansão), e também durante o armazenamento prolongado, quando podem ocorrer perdas significativas da biodisponibilidade;

e) O animal “médio”: normalmente as exigências nutricionais publicadas consideram o animal “médio”, o qual, na realidade, não existe. Esta definição, por conveniência, resulta em metade dos animais de um grupo subalimentada, enquanto a outra metade é superalimentada. Sistemas de produção

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

com ênfase na terminação rápida exigem altas taxas de crescimento, as quais só podem ser sustentadas por dietas superfortificadas para possibilitar uma adequada nutrição à maioria dos animais.

Diante destes fatores, MAVROMICHALIS (2014) considera que as margens típicas de segurança variam de 5 a 30%, dependendo da variabilidade dos fatores considerados. Como regra geral, considera-se adequada uma margem de segurança de 5 a 10% das exigências quando há um rigoroso programa de controle de qualidade dos ingredientes disponíveis e das rações preparadas. Margens de segurança mais elevadas são necessárias quando são previstas variações significativas na composição de nutrientes devido à seleção dos ingredientes, condições de processamento, estocagem e desempenho animal. Recomenda-se registro continuado do desempenho dos animais (ganho de peso e consumo de ração) para se estabelecer um programa de alimentação mais eficiente e com margens de segurança mais ajustadas no sentido do valor mínimo em relação às exigências nutricionais, podendo-se inclusive gradualmente se realizar ajustes sucessivos de 5 a 10% à medida que se tiver um adequado controle do rebanho.

Além disso, segundo MORAN (2005), a formulação de uma dieta tem como premissas:

- a) Estabelecer as metas de produção de cada animal individualmente ou de todo o rebanho;
- b) Avaliar quais ingredientes se encontram disponíveis na propriedade;
- c) Definir os ingredientes a serem adquiridos;
- d) Assegurar que a ração pode ser consumida para se atingir as metas de produção;
- e) Assegurar que a ração é a mais rentável no presente e ao longo da produção.

### Consumo de Matéria Seca e a Formulação de Dietas

O consumo de matéria seca é um dos principais parâmetros a se considerar na formulação de dietas e tem impacto na disponibilidade de nutrientes para atendimento às exigências dos animais. Além disso, sua estimativa é bastante complexa, por ser influenciada pelo próprio animal, pela dieta e pelo ambiente. Entendemos ser a estimativa do consumo de matéria seca mais complexa ainda quando se busca suplementação de animais a pasto e é necessário se estimar o consumo de forragem pelo rebanho.

Uma recomendação prática para avaliação da eficiência no consumo de matéria seca é apresentada por Linn (2011), sugerindo-se que quando o consumo de matéria seca for maior que 5% do predito se deve avaliar a acurácia da alimentação, quanto à calibração do misturador e ao grau de mistura da ração total; avaliar as sobras de alimento em relação às características dos ingredientes da ração; e também o correto conteúdo de matéria seca da ração, quando os pesos dos animais estão adequados e a eficiência alimentar dentro da margem esperada. Caso se verifique consumo de matéria seca inferior ao predito, se deve avaliar a palatabilidade da ração, o acesso ao alimento, o teor de fibra da ração, o consumo de água, o estresse calórico e o excesso de proteína não degradável no rúmen.

Diferentes modelos para a predição do consumo de matéria seca têm sido desenvolvidos, variando desde modelos de equações de regressões múltiplas, relativamente simples, a modelos teoricamente muito mais complexos, englobando submodelos relativos às características de animal, alimento e ambiente (KEADY et al., 2004). Segundo esses autores, ao se tentar determinar o consumo de matéria seca, se deve considerar o fator peso vivo, pois as exigências de energia são relacionadas à taxa de ganho, e dessa forma, a ingestão de nutrientes deve ser predita antes da formulação das dietas para satisfazerem às exigências para ganho médio diário.

Há várias equações preditivas do consumo de matéria seca, como as indicadas pelo NRC (2001) para animais mais exigentes, como vacas em lactação, onde se considerada como fatores de ajuste a produção de leite corrigida para 4% de gordura, o peso metabólico e o período da lactação.

O NRC (2001) estabelece o consumo de matéria seca por novilhas não lactantes com base apenas em variação no peso metabólico e na exigência de energia líquida para manutenção. Segundo este sistema, a evolução das equações de predição do consumo de matéria seca dos modelos atuais decorreu dos anteriores não estimarem esse parâmetro a curto prazo, considerando inteiramente o equilíbrio de energia (a um longo prazo, o consumo de energia seria equivalente ao gasto energético), além de não considerarem a depressão do consumo e a variação do peso corporal ao longo da lactação.

Para predição do consumo de matéria seca por pequenos ruminantes o AFRC (1993) adota equações que consideram as exigências energéticas, correlacionando-as ao consumo de matéria seca e ao peso metabólico, o que permite estimar as variações nas exigências dos animais ao longo do tempo e em diferentes sistemas de produção.

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí – UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

### Sistemas de Exigências para Formulação de Dietas

Os ruminantes apresentam dois tipos de exigências por nutrientes, a exigência animal ou dos tecidos, essencial para manutenção das reações bioquímicas necessárias à vida, saúde e produção, e a exigência para crescimento da população microbiana no rúmen. Assim, as dietas devem ser formuladas para atender estas exigências. A formulação de dietas para atender às reais exigências nutricionais dos ruminantes, sem excesso de um ou vários nutrientes, deve otimizar o desempenho animal, minimizar a excreção de nutrientes no ambiente e resultar em eficiente custo de alimentação (LINN, 2011).

Dentre os sistemas de exigências nutricionais comumente adotados para ruminantes, destacam-se o britânico, AFRC (*Agricultural and Food Research Council*, 1993); os americanos, NRC (*National Research Council*, 2000, 2001, 2007) e de Cornell, *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS), este último preconizado por Fox et al. (1992) e adaptado e validado para alimentos e animais em ambiente tropical por Lanna, Fox e Boin (1996), e o sistema francês do *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA, 2007). De acordo com Resende et al. (2008), estes sistemas diferem quanto aos valores preconizados para as exigências, em função das metodologias, fatores de correção e eficiência de utilização de nutrientes, devendo-se avaliar cada sistema e suas peculiaridades, visando-se propiciar a escolha do mais adequado às reais exigências dos animais.

O sistema de Cornell adota o fracionamento dos carboidratos e proteínas, que associado à estimativa da dinâmica do processo, pode prever com precisão o desempenho dos animais, estimando-se a quantidade de proteína microbiana sintetizada e o escape ruminal de nutrientes. Com isso, determina-se a energia e a proteína metabolizável a partir dos dados relativos às frações de carboidratos e proteínas vinculados às suas taxas de degradação (GESUALDI JUNIOR et al., 2005).

As exigências nutricionais para ruminantes adotadas no Brasil foram geralmente desenvolvidas em outros países e nem sempre condizem com o desempenho observado, uma vez sofrerem influência de vários fatores, como condições ambientais, nível nutricional, raça, espécie etc. (RESENDE et al., 2008). Na tentativa de minimizar os problemas relacionados a esses métodos, buscou-se o desenvolvimento de sistemas que preconizam as exigências para ruminantes nas condições brasileiras, dentre estes, destaca-se o Sistema Viçosa de Formulação de Rações (LANA, 2007), por avaliar exigências sob condições diferentes dos sistemas oriundos de clima temperado, que adotam tabelas de composição de alimentos cujos valores diferem dos existentes no Brasil (GESUALDI JÚNIOR et al., 2005).

### Classes de Ingredientes para a Formulação de Dietas

Os alimentos são classificados de acordo com os seus teores de fibra bruta e de outros nutrientes, em cinco grandes grupos (GONÇALVES et al., 2009):

Volumosos - Pelo menos 18% de fibra bruta (FB) ou 25% de fibra em detergente neutro (FDN) na matéria seca. De acordo com o teor de umidade podem ser subdivididos em volumosos secos e volumosos suculentos;

- Concentrados: Em geral, possuem menos que 18% de fibra bruta e mais de 60% de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) e podem ser subdivididos em:
  - Energéticos (contêm menos de 20% de proteína bruta): representados pelos grãos de cereais e seus subprodutos.
  - Proteicos (contêm mais de 20% de proteína bruta na matéria seca): Podem ser de origem vegetal ou de origem animal.
- Suplementos minerais: Fontes de macro e micronutrientes minerais, adicionadas às rações ou em mistura mineral.
- Suplementos vitamínicos: Consistem de misturas de vitaminas, que são adicionadas às rações para complementar as deficiências dos alimentos.
- Aditivos: Incluídos em pequenas quantidades nas rações e compreendem os antibióticos, anabolizantes, corantes, graxas, hormônios, antioxidantes e fungicidas.

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

### Processamento de Ingredientes e a Formulação de Dietas

Um dos fatores que pode influenciar diretamente a formulação de dietas é o processamento de ingredientes incluídos nas rações. O processamento inadequado pode alterar o conteúdo de nutrientes, por torná-los indisponíveis aos microrganismos ruminais, reduzindo assim o seu aproveitamento e consequentemente o desempenho animal.

Os principais tipos de processamento de alimentos para ruminantes são:

- Extrusão: É um processo de cozimento à alta pressão, umidade e temperatura em curto intervalo de tempo, que causa gelatinização e expansão dos grânulos de amido, além de alterar as estruturas terciária e quaternária da proteína (RIBEIRO et al., 2007). Quando realizada de forma inadequada, pode promover alterações no amido, formando uma fração resistente à degradação pelos microrganismos ruminais, por complexação com outros nutrientes do alimento, além de alterar o conteúdo lipídico, por aumento extratibilidade dessa fração (BERTIPÁGLIA et al., 2008).

- Peletização: É um processo onde pequenas partículas são forçadas a agregarem-se formando um grânulo compacto de fácil manejo e menor tamanho, denominado *pellet*. Dentre as vantagens desse processo, destaca-se a redução da seletividade, destruição de microrganismos patogênicos devido à temperatura, melhoria da palatabilidade e ingestão adequada de nutrientes. No entanto, se deve considerar as características de cada ingrediente quando da peletização, visto que cada um possui características próprias de absorção de água, teor de lipídeos e abrasividade (COSTA et al., 2008).

### Custo dos Ingredientes e a Formulação de Dietas

Quando da seleção dos ingredientes para a formulação de uma dieta, entre estes os alimentos volumosos e concentrados energéticos e proteicos, deve-se identificar ingredientes de menor custo, o que é possível pelo método de programação linear (Dietas de Custo Mínimo), no entanto, nem sempre isso é possível, devido envolver cálculos computacionais (ALVES et al., 2006). Assim, uma maneira prática para a escolha de ingredientes consiste em calcular o custo unitário dos nutrientes contidos no mesmo, segundo o grupo ao qual pertence o alimento, especialmente no que se refere à proteína e energia, que representam a maior proporção de nutrientes da dieta, para o que se adota a fórmula:

$$\text{CUN (R\$)} = a / (b * c * 100)$$

Sendo:

CUN = Custo Unitário do Nutriente (R\$)

a = preço de 100 kg de alimento com base na matéria natural (R\$)

b = percentagem de matéria seca (MS) do alimento (%)

c = percentagem do nutriente, com base na MS (%)

### Softwares para a Formulação de Dietas

A utilização de *softwares* para formulação de dietas para ruminantes, tornou-se uma prática comum no decorrer dos anos, associado à facilidade do acesso as tecnologias computacionais, bem como a maior adequação dos sistemas de exigências a essas tecnologias. Dentre os *softwares* utilizados na formulação de dietas, destaca-se o NRC (2000, 2001) para bovinos de corte e de leite, respectivamente, o CNCPS (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*), CQBAL 3.0 e BR-CORTE, da Universidade Federal de Viçosa e o Sistema Viçosa de Formulação de Rações (LANA, 2007).

Dentre as vantagens da formulação de dietas utilizando-se *softwares*, Valadares Filho et al. (2013), cita a adequada geração de relatórios para cada espécie, categoria e nível de produção, a compilação de dados de composição química, a facilidade de ajustes no momento da formulação e a adequação do sistema a diferentes exigências nutricionais.

Os *softwares* CQBAL 3.0 e BR-CORTE fornecem, respectivamente, dados de composição de alimentos e de exigências nutricionais de bovinos de corte, apresentando em seu banco de dados valores de composição química provenientes de teses e dissertações gerados nos últimos anos em várias universidades brasileiras, obtidos sob diferentes condições climáticas, experimentais e de análise, com o objetivo de se obter valores que representem as condições reais de cada região, inclusive com suas limitações (VALADARES FILHO et al., 2013).

O Sistema Viçosa de Formulação de Dietas fundamenta-se no sistema de Cornell e é composto por tabelas de composição de alimentos, recomendações de uso em rações e validação de dietas e

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí – UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

suplementos minerais para atender às exigências nutricionais de bovinos nas condições do Brasil (GESUALDI JÚNIOR et al., 2005).

Os *softwares* do NRC (2000, 2001), a exemplo do sistema de Cornell, também consideram o fracionamento da proteína e carboidratos dos alimentos, porém esse sistema é oriundo de países de clima temperado e a composição dos alimentos de suas tabelas difere da composição dos alimentos disponíveis no Brasil. Outro aspecto é que tanto o sistema de Cornell quanto o NRC estabelecem as exigências dos animais com base em raças britânicas, portanto, precoces em maturação e com peso de abate ideal fixado em 450 kg (GESULALDI JUNIOR, 2005).

Assim, quando da utilização de *softwares* é necessário se reconhecer e considerar as limitações dos mesmos quanto às entidades nutricionais. O NRC (2001) considera PDR como uma entidade única, desconsiderando que na realidade esta representa peptídeos, aminoácidos e amônia, o que pode dificultar o ajuste quando da suplementação com fontes proteicas ou de NNP (VALADARES FILHO et al., 2010).

### Frequência de Ajuste da Formulação

O efeito da frequência de ajuste da formulação de dietas e do clima no desempenho de bovinos foi modelado por White e Capper (2014), evidenciando-se que a maior frequência no ajuste da formulação aumenta o consumo de matéria seca, o balanço de energia metabolizável e a produção de leite por vacas, sugerindo-se ajustes mensais. Merece destaque o papel das condições climáticas, com efeito sobre o consumo de matéria seca e o balanço de energia metabolizável. Assim, são recomendados ajustes mensais na formulação, devido à maior margem de erro admissível para os sistemas de alimentação (2,5%). No entanto, com previsibilidade de controle desta margem para próximo de 1%, levado pelo maior controle dos fatores de erro, durante a pesagem dos ingredientes, a mistura dos ingredientes, e o transporte, estocagem e fornecimento da ração, também poderão ser admitidos de forma econômica ajustes semanais das formulações das dietas.

### Adequação do Uso de Suplementos e Aditivos

A utilização de aditivos alimentares em dietas de ruminantes é justificada pela necessidade de adensamento energético, frente às limitações de consumo; fornecimento de nitrogênio não proteico de elevada solubilidade no ambiente ruminal para estimular o crescimento microbiano ou corrigir desbalanços na relação energia/proteína total; fornecimento de aminoácidos para a complementariedade do valor biológico de proteínas da dieta, frente às limitações de aminoácidos em ingredientes, para atendimento a elevada demanda destas moléculas para a síntese proteica de produtos em sistemas de elevada produção; inclusão de minerais quelatados com vistas ao benefício de maior biodisponibilidade destas formas de minerais, com êxito em alguns sistemas de produção; adição de tamponantes para atenuar o impacto de elevadas proporções de grãos nas dietas ou baixa proporção de fibra fisicamente efetiva; suplementação com minerais para ajustes no balanço cátion-aniônico da dieta, principalmente no periparto, embora sujeito à influência de muitos fatores.

#### a) Suplementação com lipídeos

A justificativa para a adição de lipídeos em dietas para ruminantes decorre da necessidade de adensamento energético, reduzindo assim o custo com alimentos concentrados, além das alterações nos padrões de fermentação ruminal, com melhorias na produção de propionato quando em níveis adequados. Em dietas onde a energia se torna limitante e a quantidade máxima de grãos tem que ser respeitada para que se evitem distúrbios fermentativos como a acidose, a inclusão de lipídeos é comumente recomendada. Além disso, a adição de lipídeos nas rações aumenta a capacidade de absorção de vitaminas lipossolúveis, fornece ácidos graxos essenciais e atua como precursores de diferentes metabólitos (BASSI et al., 2012).

A inclusão de lipídeos em proporções superiores a 7% da matéria seca da dieta relaciona-se a efeitos deletérios no ambiente ruminal, como recobrimento físico da fibra, efeitos tensoativos sobre as membranas microbianas e diminuição na disponibilidade de cátions, o que pode influenciar o pH e limitar o crescimento da população microbiana no rúmen (SILVA et al., 2007). Segundo Jenkins et al. (2008), a utilização de ácidos graxos pelas bactérias ruminais é restrita, e excesso de ácidos graxos insaturados e triglicérides pode causar alteração na fermentação ruminal, devido à supressão das

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

atividades de bactérias celulolíticas e metanogênicas, geralmente gram-positivas, podendo prejudicar o consumo, e levar à redução da digestibilidade e do aproveitamento dos nutrientes.

A utilização de gorduras inertes ou protegidas surgiu como uma possibilidade de redução dos efeitos deletérios do excesso de lipídeos em dietas para ruminantes, além do aproveitamento de ácidos graxos de alta qualidade sem efeito da biohidrogenação ruminal. Esses suplementos têm sido desenvolvidos para melhoria do incremento energético, com o mínimo de interferência no ambiente ruminal. Os métodos de proteção de sabões de cálcio (SILVA et al., 2007).

### b) Suplementação com nitrogênio não proteico

A suplementação com ureia não é uma tecnologia recente, e tem permitido o aproveitamento de alimentos volumosos de baixa qualidade pelos ruminantes, além do fornecimento de nitrogênio não proteico (NNP). Nesse sentido, a ureia pode ser incluída na dieta com as finalidades de substituir o nitrogênio da proteína verdadeira, visando redução no custo da ração, ou com o objetivo de elevar o teor de nitrogênio dos volumosos de baixa qualidade, aumentando o consumo e o aproveitamento pelos microrganismos do rúmen, mas sempre em dietas com adequado teor de carboidratos de rápida fermentação, com adequada suplementação com minerais, principalmente enxofre, e a animais com o ambiente do rúmen devidamente adaptado à utilização deste ingrediente.

Quanto aos níveis de substituição, a maioria dos pesquisadores tem recomendado a substituição de até 33% do nitrogênio proteico por NNP, com limitação em até 1,0% da matéria seca total da dieta. Porém, segundo Hoffman et al. (2014), a adição de até 1,5% de ureia em misturas múltiplas para animais mantidos em sistema de pasto não apresenta resultados deletérios quanto a ingestão de matéria seca e desempenho animal. A limitação no uso desse ingrediente decorre da elevada taxa de hidrólise o que se torna um problema, pela rápida liberação de amônia e acúmulo de N-NH<sub>3</sub> no rúmen. A ingestão em excesso, além de levar à intoxicação, reduz a disponibilidade de energia ao animal, devido ao gasto de energia para seu metabolismo hepático e excreção renal (PARIS et al., 2013).

Dentre os cuidados com a utilização de NNP, destaca-se o uso de fontes de energia prontamente disponíveis. Segundo Van Soest (1994), dietas pobres em carboidratos solúveis e ricas em carboidratos estruturais da parede celular limitam o uso de NNP, devido à baixa energia desprendida e à lenta taxa de degradação dos carboidratos potencialmente degradáveis. Assim, a adequada utilização de NNP para aumentar a síntese de proteína microbiana está atrelada à quantidade de energia disponível na fermentação em relação à digestibilidade do alimento e à presença de carboidratos solúveis na dieta (MORAES et al., 2013).

### c) Suplementação com aminoácidos

Para que se possa trabalhar balanceamento de aminoácidos em dietas, além da determinação das exigências desses nutrientes, torna-se imprescindível também o conhecimento da degradabilidade ruminal e da digestibilidade da proteína bruta no intestino delgado, além do conhecimento da eficiência de síntese microbiana (ALVES, 2004). O NRC (2001) reconhece que há dificuldades em se estabelecer as recomendações de aminoácidos para vacas leiteiras, considerando as variações nas fases produtivas, com diferentes necessidades principalmente de lisina e metionina.

As exigências aminoacídicas de ruminantes são estimadas de três maneiras, Segundo Vrisman (2013), pelo método fatorial, adotado pelo sistema CNCPS, onde multiplica-se as exigências líquidas de proteína pela composição aminoacídica do produto formado e divide-se pela eficiência de uso de aminoácidos para manutenção, crescimento e produção de leite; pelo método direto de resposta à dose, o qual consiste no fornecimento de quantidades crescentes de lisina e metionina via infusão no abomaso ou duodeno, ou através do fornecimento de aminoácidos protegidos da degradação ruminal; e, pelo método indireto, estimando-se por equações de regressão as porcentagens dos aminoácidos presentes na digesta duodenal, utilizando-se dados da literatura.

Há duas opções para o atendimento das exigências aminoacídicas de ruminantes: a primeira é baseada no balanceamento com os aminoácidos dos alimentos disponíveis para a absorção intestinal (sem desconsiderar as implicações do metabolismo da proteína inerente aos ruminantes) e a segunda opção é a utilização de aminoácidos protegidos. A proteção de aminoácidos decorre das grandes modificações ocorridas nas fontes proteicas durante fermentação no rúmen, portanto, os aminoácidos não devem ser

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

suplementados em sua forma livre, e alguns métodos devem ser adotados para a proteção desses compostos da ação dos microrganismos ruminais, permitindo a suplementação específica para absorção direta no intestino delgado (ALVES, 2004).

### d) Suplementação com minerais quelatados

Minerais quelatados são compostos formados por minerais associados a compostos orgânicos, como aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos, que proporcionam alta biodisponibilidade biológica, estabilidade e solubilidade (PEIXOTO et al., 2005). Estes minerais têm sido desenvolvidos com a finalidade de garantir melhor absorção no trato intestinal, sem entrar no processo de competição iônica (pressão iônica da mucosa intestinal), normalmente determinada pela presença de maior concentração dos íons minerais (BATISTA et al., 2012). O interesse no uso desses compostos como suplementos se deve a relatos de melhoria no desempenho animal, como ganho de peso, eficiência da conversão alimentar, alteração na composição da carcaça e aumento na produção de leite.

Um mineral quelatado realmente eficaz deve apresentar alta solubilidade em água, permanecer estável durante todo o processo digestivo, ser altamente absorvível e gerar respostas produtivas no animal. Para ruminantes, a estabilidade torna-se particularmente importante, pois, para que um mineral complexado ou quelatado seja nutricionalmente funcional, deverá ser estável no rúmen e abomaso e capaz de alcançar o intestino delgado intacto (HADDAD e ALVES, 2006).

Resultados obtidos para suplementação com minerais quelatados em ruminantes são bastante variáveis, e depende do nível de suplementação, tipo de animal e biodisponibilidade dos minerais. Montémor e Marçal (2009), avaliando o desempenho de bovinos suplementados com carboaminofosfoquelato de cromo, observaram peso médio final superior para suplementação (258,20 kg) em relação ao tratamento controle (252,28 kg), além de melhorias no ganho de peso, no entanto Zanetti et al. (2003), suplementando bezerras com 0,4 mg/kg/MS de Cromo quelato, não encontraram diferenças no ganho em peso e eficiência alimentar e sugeriram que em condições normais alguns minerais quelatados não apresentam efeitos sobre o desempenho animal, pois os níveis de minerais da dieta são suficientes para o adequado desenvolvimento animal.

### e) Tamponamento de dietas

O uso de compostos tamponantes em dietas para ruminantes visa a manutenção de um pH do ambiente do rúmen favorável ao aproveitamento dos nutrientes, principalmente da fibra, além de evitar distúrbios metabólicos como acidose, resultantes da grande quantidade de ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação. Aditivos utilizados como tampões incluem bicarbonato de sódio, carbonato de cálcio e óxido de magnésio, e seu uso pode ser benéfico em rações contendo alto teor de grãos, na adaptação a novas dietas, quando do fornecimento de silagem de milho e de grãos com alta umidade (LEAL et al., 2007).

### f) Balanço cátion-aniônico de dietas

A manipulação do balanço eletrolítico de dietas para ruminantes tem ocorrido com mais frequência nos últimos anos, em rebanhos de vacas leiteiras, no sentido de reverter e/ou prevenir distúrbios metabólicos relacionados. Se tem obtido resultados de pesquisas muito relevantes quanto à prevenção de distúrbios como hipocalcemia periparturial, edema de úbere, e complicações secundárias como retenção de placenta, deslocamento de abomaso e metrite (SCHAFHÄUSER, 2006).

Por balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) compreende-se a diferença entre “íons fortes” de carga positiva e os de carga negativa presentes na dieta. Os íons fortes são capazes de promover uma mudança no balanço ácido-básico do sangue (SOARES et al., 2006), com sucesso na busca pelo equilíbrio pelo cálculo do BCAD. Assim, o BCAD consiste na manipulação dos íons sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cloro ( $\text{Cl}^-$ ) e enxofre ( $\text{S}^{2-}$ ) da dieta:

$$\text{BCAD} = \text{meq} (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})$$

Sendo: BCAD = diferença cátion-ânion da dieta (expresso em miliequivalentes por 100 g ou kg de matéria seca da dieta).

Quando o BACD é positivo, a dieta é considerada catiônica, provocando no animal uma ligeira alcalose metabólica, porém quando o BACD é negativo, a dieta é considerada aniônica, o que pode

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí – UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

acarretar acidose metabólica. Assim, são necessários cuidados quando da manipulação dietética desses íons, pois apesar de pequenos deslocamentos no equilíbrio ácido-básico não causarem problemas fisiológicos nem de saúde ao animal, provocam respostas fisiológicas devido à necessidade do organismo em manter a sua neutralidade iônica (CORREIA et al., 2009).

### Literatura Citada

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. AFRC. *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. Wallingford, UK: CAB International, 1993. 159p.

ALVES, A.A.; LACERDA, M.S.B.; AZEVÊDO, D.M.M.R. Formulação de dietas para ruminantes com base em espécies forrageiras nativas e introduzidas na região Nordeste. IN: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 10., Petrolina, 2006. *Anais...* Petrolina, 2006. 1 CD-ROM.

ALVES, D.R. Nutrição aminoacídica de bovinos. *Revista Brasileira de Agrociências*, v.10, n.3, p.265-271, 2004.

BARIONI, L.G.; TEDESCHI, L.O.; MARTA JÚNIOR, G.B. *Formulação de Dietas de Custo Mínimo da Matéria Seca para Bovinos utilizando Planilhas Eletrônicas*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 7p. (Embrapa Cerrados: Comunicado Técnico n° 98).

BASSI, M.S.; LADEIRA, M.M.; CHIZZOTTI, M.L. et al. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.2, p.353-359, 2012.

BATISTA, C.G.; COELHO, S.G.; LANA, A.M.Q. et al. Utilização de minerais iônicos ou complexos orgânicos de minerais no pré-parto de vacas Holandesas. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.64, n.5, p.1232-1238, 2012.

BERTIPÁGLIA, L.M.A.; MELO, G.M.P.; SUGOHARA, A. et al. Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.11, p.2003-2010, 2008.

CORREA, L.B.; ZANETTI, M.A.; DEL CLARO, G.R. et al. Resposta em parâmetros sanguíneos e urinários de vacas leiteiras ao aumento no balanço cátion-aniônico da dieta. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.3, p.655-661, 2009.

COSTA, R.G.; MEDEIROS, A.N.; FURTADO, D.A. et al. Desempenho de cabritos Saanen em diferentes instalações alimentados com rações farelada e peletizada. *Revista Científica de Produção Animal*, v.10, n.1, p.9-14, 2008.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *Journal of Animal Science*, v.70, n.11, p.3578-3596, 1992.

GESUALDI JUNIOR, A.; QUEIROZ, A.C.; RESENDE, F.D. et al. Validação dos sistemas VIÇOSA, CNCPS e NRC para formulação de dietas para bovinos nelore e caracu, não-castrados, selecionados em condições brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p.997-1005, 2005.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. *Alimentos para Gado de Leite*. 1 ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p

HADDAD, C.M.; ALVES, F.L. Novos conceitos e tecnologias na suplementação mineral de bovinos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2. São Paulo, 2006. *Anais...* São Paulo, 2006. CD-ROM

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. INRA. *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins: Besoins des Animaux – Valeurs des Aliments - Tables INRA 2007*. Versailles, France: Editions Quae, 2007. 307p.

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

- JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J. et al. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, v.86, n.2 p.397-412, 2008.
- KEADY, T.; MAYNE, C.; KILPATRICK, D. et al. An evaluation of five models commonly used to predict food intake of lactating dairy cattle. *Livestock Production Science*, v.89, n.23, p.129-138, 2004.
- LANA, R.P. *Sistema Viçosa de Formulação de Rações*. 4.ed. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2007. 91p.
- LANNA, D.P.D.; FOX, D.G.; BOIN, C. Validation of the Cornell net carbohydrate and protein system estimates of nutrient requirements of growing and lactating Zebu germplasm in tropical conditions. *Journal of Animal Science*, v.72, p.287, 1996. (Suppl. 1: Annual Meeting).
- LEAL, M.L.R.; MORI, C.S.; ORTOLANI, E.L. Estudo da capacidade alcalinizante de tampões metabolizáveis em bovinos sadios. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.4, p.965-970, 2007.
- LINN, J. Nutrition & health: guidelines for formulating dairy cattle diets. *Feedstuffs*, p.38-50, 2011.
- MAVROMICHALIS, I. How to formulate with minimal safety margins. *Feed International*, p.22-23, 2014.
- MONTÉMOR, C.H.; MARÇAL, W.S. Desempenho de bovinos da raça nelore suplementados com cromo orgânico. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 30, n.3, p.701-708, 2009.
- MORAES, M.G.; GOMES, C.S.L.; LEMPP, B. et al. Consumo e digestibilidade de nutrientes em bovinos submetidos a diferentes níveis de ureia. *Arquivos de Zootecnia*, v.62, n.238, p.239-246, 2013.
- MORAN, J. Formulating a diet. In: *Tropical Dairy Farming: Feeding Management for Small Holder Dairy Farmers in the Humid Tropics*. Collingwood, Austrália: Landlinks Press, 2005. 312p. cap.12, p.133-145.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6<sup>th</sup> rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 232p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7<sup>th</sup> rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient Requirements of Small Ruminant: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Washington: National Academy Press, 2007. 362p.
- PARIS, W.; MARCHESAN, R.; PROHOMAN, P.E.F. et al. Utilização de ureia de liberação lenta em sal mineral na suplementação de bovinos de corte em pastagem de Tifton-85. *Semina: Ciências Agrárias*, v.34, n.1, p.409-418, 2013.
- PEIXOTO, P.V.; MALAFAIA, P.; BARBOSA, J.D. et al. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.25, n.3, p.195-200, 2005.
- RESENDE, K.T.; SILVA, H.G.O.; LIMA, L.D. et al. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, p.161-177, 2008. (Supl.).
- RIBEIRO, G.M.; SAMPAIO, A.A.M.; FERNANDES, A.R.M. et al.feito da fonte proteica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.2082-2091, 2007. (supl.).
- SCHAFHÄUSER, J. O balanço de cátions e ânions em dietas para vacas leiteiras no período de transição. *Revista da FZVA*, v.13, n.1, p.112-127, 2006.

## II WORKSHOP DE MODERNIZAÇÃO DA PECUÁRIA - MODERPEC

Universidade Estadual do Piauí – UESPI

Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros

13 a 16 de outubro de 2014

Corrente/PI

---

SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F. et al. Efeitos da suplementação de lipídeos sobre a digestibilidade e os parâmetros de fermentação ruminal em cabras leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.1, p.246-256, 2007.

SOARES, J.P.G.; DERESZ, F.; AROEIRA, L.J.M. *Balanço Iônico em Dietas para Ruminantes na Prevenção da Febre do Leite*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006. (Embrapa Gado de leite: Comunicado técnico n° 113).

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR-CORTE*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV/DZO, 2010, 193p.

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; FURTADO T. et al. BR-CORTE 2.0: Programa de formulação de dietas e de avaliação de desempenho para gado de corte – disponível *on line*. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 10. Itapetinga, 2013. *Anais...* Itapetinga, 2006. CD-ROM.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VRISMAN, D.P. Influência da dieta aminoacídica na composição do leite: revisão de literatura. *Revista Nucleus Animalium*, v.5, n.2, p.129-146, 2013.

WHITE, R.R.; CAPPER, J.L. Precision diet formulation to improve performance and profitability across various climates: modeling the implications of increasing the formulation frequency of dairy cattle diets. *Journal of Dairy Science*, v.97, n.3, p.1563–1577, 2014.

ZANETTI, M.A.; SALLES, M.S.V.; BRISOLA, M. L. et al. Desempenho e resposta metabólica de bezerros recebendo dietas suplementadas com cromo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1532-1535, 2003.