

Consumo voluntário: regulação, modelos de predição e métodos de medição

Hipótese das duas fases, teoria energostática, bovino de corte.

Jéssica Maria Santos Sousa¹
Antônia Leidiana Moreira²

¹Mestranda em Ciência Animal/Programa de Pós Graduação em Ciência Animal/Universidade Federal do Maranhão – UFMA. E-mail: jessicahistozoo@gmail.com
²Doutoranda em Ciência Animal/Programa de Pós Graduação em Ciência Animal/Universidade Federal do Piauí - UFPI

RESUMO

Consumo voluntário pode ser definido como a quantidade de alimento ingerido espontaneamente pelo animal em determinado período de tempo com acesso livre ao alimento. A produção animal é determinada pelo consumo de MS, pois a quantidade de nutrientes ingerida pelo animal afeta diretamente o seu desempenho. O consumo de MS pode ser medido através de modelos de predição, que em animais ruminantes torna-se difícil devido interações que ocorrem entre animais e dieta e pelos poucos estudos para subsidiar o uso de equações. Alimentos com alto teor de parede celular podem se mostrar de mais fácil predição, devido à repleção ruminal, já em dietas de alta qualidade, o consumo pode ser predito pela demanda fisiológica do animal. Assim, objetivou-se abordar conceitos e modelos utilizados na predição e regulação do consumo voluntário em bovinos de corte.

Palavras-chave: Hipótese das duas fases, teoria energostática, bovino de corte.



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 14, Nº 02, mar. / abr. de 2017
ISSN: 1983-9006
www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

VOLUNTARY INTAKE: REGULATION, PREDICTION MODELS AND MEASUREMENT METHODS

ABSTRACT

Voluntary intake may be defined as the amount of food consumed by the animal voluntarily in a given time period with unrestricted access to food. Livestock production is determined by the DM intake, because the amount of nutrients ingested by the animal directly affects their performance. The DM intake can be measured using predictive models, which in ruminant animals becomes difficult due to interactions among animals and diet and the few studies to support the use of equations. Foods with high cell wall content may prove easier to predict due to rumen fill, already in high quality diets, consumption can be predicted by physiological animal demand. Thus, it aimed to address concepts and models used in the production and regulation voluntary intake in beef cattle.

Keyword: Two-phase hypothesis, energostatic theory, beef cattle.

INTRODUÇÃO

Consumo voluntário pode ser definido pela quantidade de alimento ingerido por um animal ou grupo de animais durante um determinado período de tempo, o qual eles têm acesso livre de ração, geralmente é apresentado na unidade de kg de MS/animal/dia, ou ainda em uma medida comparativa relativa ao seu peso vivo, ou peso vivo metabólico em % (NASCIMENTO et al., 2009).

A produção animal é determinada pelo consumo de matéria seca (CMS), valor nutritivo da dieta e resposta do animal. O consumo de matéria seca constitui o primeiro ponto determinante do ingresso de nutrientes necessários ao atendimento das exigências de manutenção e produção animal, e, portanto, é considerado o parâmetro mais importante na avaliação de dietas com alimento volumoso devido sua alta correlação com a produção animal nestas condições (NOLLER et al., 1996).

Restrições na ingestão de nutrientes (quantidade e/ou qualidade) constituem no fator principal que limita a produção dos animais em pastejo, especialmente em regiões tropicais, onde estes estão sujeitos às mudanças contínuas no padrão de suprimento do alimento (GENRO et al., 2004; MOREIRA et al., 2004).

Qualquer decréscimo no consumo voluntário tem efeito significativo sobre a eficiência de produção. Desta forma, o entendimento dos fatores que regulam o consumo de forragem e demais alimentos, pode ser de grande importância para auxiliar no estabelecimento de manejos que permitam superar tais limitações e melhorar a utilização dos alimentos (MAGGIONI et al., 2009). Desta forma, esta revisão objetiva abordar conceitos e modelos utilizados na predição e regulação do consumo voluntário em bovinos de corte.

TEORIAS DESENVOLVIDAS PARA A REGULAÇÃO DE CONSUMO

O valor nutritivo da forragem disponível geralmente tem grande influência na quantidade de forragem consumida pelos ruminantes (MAGGIONI et al., 2009). Euclides et al. (2000) encontraram correlação positiva para o consumo voluntário da matéria seca (CVMS) e digestibilidade *in situ* da matéria seca

(DISMS) e negativa com o conteúdo de FDN da dieta.

Os ruminantes são capazes de controlar a ingestão de energia, contanto que a densidade de nutrientes seja suficientemente alta para que não haja interferência por restrições físicas (FORBES, 1995). Este controle é possível através da detecção dos níveis de ácidos graxos, produzidos pela fermentação, pelos receptores presentes no rúmen e pelos receptores hepáticos (MAGGIONI et al., 2009).

As teorias clássicas postulam que a alimentação é controlada por um único fator que atua em forma de feedback negativo. Estas incluem principalmente distensão ruminal e estomacal, pressão osmótica e acidez titulável, temperatura hipotalâmica, Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC) de glicose no sangue e concentrações de aminoácidos, depósitos de gordura corporal, e outros (FORBES, 1995).

Teorias energostáticas

A teoria glucostática de Mayer e a teoria termostática de Brobeck foram duas teorias clássicas, sobre o controle de ingestão de alimentos, onde foi proposto que mudanças na ingestão do alimento, possuíam correlação fisiológica, forte o suficiente para inibir a alimentação. De acordo com essas teorias o hipotálamo é considerado como o receptor que conduz essa reação. Tais ideias foram modificadas como evidência experimental acumulada e o termo “glucostático” foi substituído por “energostático” (BOOTH, 1972).

Foi recentemente percebido que as teorias clássicas não são suficientes para explicar como o consumo é controlado em muitas circunstâncias. A ideia expressa foi a seguinte: “Quando a ingestão aumentar o preenchimento gástrico e aumentar a oferta de calorías hepáticas, ambos servem para reduzir a probabilidade de que os animais continuarão a se alimentar. Uma vez que parando de comer, eles permanecerão saciados apesar de o estômago estar vazio, enquanto o fígado continua a obter calorías utilizáveis a partir do intestino” (STICKER & MCCANN, 1985, citado por FORBES, 1995). Este conceito foi o primeiro passo para o desenvolvimento da primeira teoria integrativa do controle da ingestão de alimentos de forma voluntária,

a teoria 'energostática'.

Desenvolvimentos posteriores do conceito integrador de regulação da ingestão de alimentos incluem vários novos aspectos. Destaca-se o presumível papel de tecido adiposo na regulação em longo prazo (FORBES, 1995).

Considerando-se os efeitos inibitórios cumulativos do carboidrato sobre a alimentação são de fato energostáticos, em vez de glicose específica, em seguida, qualquer substância que possa ser facilmente utilizada pelo animal para fornecer energia deve produzir uma compensação apropriada à ingestão de alimentos ao longo de um período de várias horas após o enchimento gástrico (FORBES, 2007).

Os sinais a partir de receptores e vias descritas acima, e outros, necessitam ser integrados ao cérebro. Presumivelmente, estes sinais que oscilam rapidamente em relação às refeições, e são adicionados ao sinal mais constante proveniente do tecido adiposo. Uma mudança relativamente pequena no sinal proveniente do tecido adiposo, em longo prazo pode desempenhar um papel significativo no controle de consumo. Outras teorias atualmente em processo de desenvolvimento incluem a hipótese de que os ruminantes comem a mesma quantidade de alimento por dia em que a produção líquida de energia por mol de oxigênio é maximizada (TOLKAMP & KATELAARS, 1992). Cálculos teóricos baseados em dados do ARC (ARC, 1980) dão suporte a esta afirmação, mas a evidência experimental ainda não está disponível.

Hipótese das duas fases

O conceito atualmente dominante da 'hipóteses das duas fases' (TPH) remonta a um artigo de Svoboda (1937) citado por Pitroff & Kothmann (2001a). Entretanto, tem sido amplamente criticado (GROVUM, 1987; KATELAARS & TOLKAMP, 1992; PITTROFF & KOTHMANN, 1999), mas continua a ser utilizado como base teórica para o desenvolvimento de modelos (FINLAYSON et al., 1995; CHILIBROSTE et al., 1997).

A predição quantitativa precisa do consumo de ração

de ruminantes é um problema a ser resolvido já que o desenvolvimento, de novas hipóteses de pesquisa, pode ser esperado para beneficiamento do todo, se não houver dependência de um tratamento conceitual e matemática rigorosa de modelos quantitativos existentes. Inúmeros modelos quantitativos de predição de consumo, tanto modelos autônomos, quanto componentes de modelos de simulação de sistemas de produção de animais ruminantes, têm sido desenvolvidos (PITROFF & KOTHMANN, 2001b).

Pitroff & Kothmann (2001a) argumentam que a consideração de "peso do animal" implica uma referência para o TPH porque a capacidade de ingestão em modelos que usam explicitamente o TPH calcula a capacidade de ingestão física com base no peso vivo.

O modelo apresentado por Mertens (1987) baseia-se na hipótese de que, para a fase de controle fisiológico assumida, a ingestão é determinada pela relação das necessidades energéticas líquidas para a energia líquida, fornecidas pela dieta. Também determina que a concentração de energia líquida da dieta não depende apenas da digestibilidade, mas também da capacidade metabólica da energia digestível.

Análises dos modelos de predição de ingestão com base no TPH geram dúvidas quanto à adequação deste, hipótese ainda hoje dominante. Modelos de ingestão mais precisos não serão provavelmente baseados no conceito de TPH, atualmente dominando como mais de 30 anos de tentativas de formulação matemática a partir do TPH, entretanto, não produzem um modelo satisfatório (PITTROFF & KOTHMANN, 2001b).

Sendo assim, observa-se que embora o modelo TPH seja bastante criticado, ainda não foi criado um modelo que possa substituí-lo conforme a sua designação, além de possuir grande relevância ecológica e econômica, novos modelos possuem falhas na formulação, conforme demonstrado por Pitroff & Kothmann (2001a; 2001b).

Teoria do mínimo desconforto total

Forbes (1999; 2007) propôs uma teoria universal, a qual relata que os animais regulam o consumo de alimentos para minimizar o desconforto total. O autor define desconforto como quaisquer condições metabólicas e fisiológicas afetadas por fatores dietéticos e do meio. O aumento do tempo de busca de alimento que acompanha uma dieta mais seletiva atua como um "desconforto", o que reduz a probabilidade de o animal fazer a seleção perfeita. O autor também caracteriza desconforto como um termo usado deliberadamente, uma vez que implica menos de um processo consciente do que 'descontentamento' ou 'infelicidade'.

A hipótese de Ketelaars & Tolkamp (1992) é outro exemplo de abordagem de otimização. Eles propuseram que os ruminantes adotam esse nível de ingestão de alimentos (incluindo forragem), que permite a máxima eficiência de utilização do consumo de O₂ para o fornecimento de energia líquida (energia utilizada para a "produção" mais a produção de calor em jejum) e que a limitação física de admissão é um conceito errôneo baseado em métodos experimentais inadequados e interpretação.

Forbes (2007) relata que as funções usadas para obter desconfortos de desvios na oferta de recursos devem ser exploradas. Possivelmente, a curva que relaciona o desconforto de desvio na oferta de recursos não deve ser simétrica em relação ao ideal. Segundo o autor, o desconforto pode muito bem ser mais acentuado para um déficit de nutrientes do que para um excesso, em relação aos requisitos, porque um déficit reduz a aptidão enquanto um leve excesso pode ser tolerado, embora com algum aumento de desconforto, podendo haver um intervalo de conforto ideal ao invés de um único ponto ótimo.

Evidências experimentais a partir da literatura sobre a quantidade de desconforto que surge a partir de um desvio do fornecimento de cada recurso a partir do "requisito" (que se assume para a produção de desconforto zero) pode ser utilizado para avançar esta área. Desde o simples conceito de limitação física do consumo de forragem que parecia se encaixar de forma adequada aos dados até a década de 1960, através de várias teorias de contro-

le metabólico (incluindo aquelas que negaram fatores físicos no total), chegou-se a uma hipótese multifatorial sobre o controle da ingestão de alimentos em ruminantes: mínimo desconforto total (FORBES, 2007).

MODELOS DE PREDIÇÃO DE CONSUMO

Os fatores que controlam o consumo de alimentos são complexos, verdadeiramente multifatoriais e não existe um consenso de como os ruminantes regulam esta importante atividade (FORBES, 2007). Interações entre numerosos fatores como: dieta, animal, ambiente e manejo são os principais responsáveis pela falta de precisão das equações de predição de consumo de matéria seca (McMENIMAM et al., 2009).

Para que possa ser planejado um eficiente programa de alimentação capaz de encontrar a melhor formulação de ração para atender as exigências nutricionais, é necessário predizer com maior precisão e acurácia o nível de consumo voluntário de bovinos em crescimento sob alimentação *ad libitum*.

Modelo NRC

As equações de predição de CMS propostas pelo NRC (1984, 2000) foram por muito tempo as mais utilizadas no Brasil. No entanto, estimulantes anabolizantes foram usados nos bovinos do banco de dados do modelo de predição de CMS proposto pelo NRC (1984, 2000). No Brasil, a proibição do uso de anabolizantes para qualquer finalidade teve início em 1961 e atualmente vigora a Portaria Ministerial nº 51 (BRASIL, 1991) que proíbe a produção, importação, comercialização e o uso de produtos para fins de crescimento e ganho de peso dos animais de abate. Para os compostos não esteróides com atividade anabolizante, a proibição se estende, inclusive, para fins terapêuticos.

Além disso, as equações propostas pelo NRC (1984, 2000) foram desenvolvidas principalmente com animais *Bos taurus*. Segundo Magnabosco (1997), 80% do rebanho brasileiro é composto de gado Zebu. Devido às características de fertilidade, rusticidade, adaptabilidade ao ambiente tropical e aos sistemas de produção de carne brasileira, a raça Nelore predomina nos sistemas de produção de carne no Brasil. Fox et al.

Modelo CNCPS

O sistema de proteínas e carboidratos “líquidos” ou “CNCPS - The Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (FOX et al., 1992; RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; O’CONNOR et al., 1993) foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a qualidade da dieta e o desempenho do rebanho bovino.

O Modelo utiliza os princípios básicos da função ruminal, crescimento microbiano, cinética digestiva do alimento (ração) e estado fisiológico do animal, assim como variáveis ambientais e de manejo, o que permite estimativas mais acuradas do desempenho dos rebanhos e da excreção de nutrientes, em diferentes situações (FOX et al., 2003; 2004).

O CNCPS está em desenvolvimento há mais de 10 anos e, como a maioria dos sistemas, foi desenvolvido utilizando-se requerimentos nutricionais de animais de raças europeias especializadas, criados em condições controladas (confinados), e com valores de alimentos oriundos de clima temperado. Este modelo usa relações mecanicistas e empíricas no diagnóstico nutricional e para formulação e avaliação de dietas para bovinos (FOX et al., 1995). A partir de características nutricionais dos ingredientes da dieta e de suas interações com os requerimentos do animal e práticas de manejo, permite, sob diferentes condições de produção, uma predição confiável do desempenho de bovinos. Fundamenta-se na sincronização da digestão ruminal de proteínas e carboidratos, visando o máximo desempenho do hospedeiro e comunidades microbianas ruminais, redução das perdas de nitrogênio e de energia decorrentes da fermentação ruminal e minimização da excreção de nutrientes (FOX et al., 2000).

Embora o CNCPS baseie-se em uma estrutura biológica e mecanicista que, teoricamente, permite sua aplicação em diversas condições de ambiente e manejo, com diferentes raças e alimentos, sua aplicação em condições tropicais deve ser estudada, antes de o modelo ser recomendado para estes sistemas de produção (MOLINA et al., 2004), onde as raças e seus graus de sangue, os alimentos e o manejo são, na maioria das vezes, muito diferentes daqueles adotados em regiões de clima temperado. A composição e estrutura da parede celular das

forrageiras tropicais diferem muito das espécies temperadas, sendo, geralmente, de menor qualidade, pois apresentam menor digestibilidade e maior teor de fibra em detergente neutro (FDN). Além disso, o ambiente ao qual os animais estão submetidos pode fazer com que os requerimentos de manutenção e a ingestão de matéria seca variem consideravelmente (FOX & TYLUTKI, 1998).

Em regiões tropicais, estas variações podem ser decorrentes do maior desgaste causado por altas temperaturas e maior insolação, maior gasto energético para obtenção de alimento (sistemas de pastejo) e possíveis adaptações às forragens de baixa qualidade. Nos trópicos, os animais são criados basicamente a pasto, e a produtividade dos rebanhos é em geral menor, seja pela baixa qualidade das forrageiras, seja pela falta de tecnologia empregada. No entanto, ressalta-se a importância destas regiões na estratégia de atender o aumento da demanda por produtos de origem animal (TEDESCHI et al., 2002).

O aumento da demanda por alimentos, decorrente do crescimento constante da população mundial, associada à questão ambiental, implica na melhoria da eficiência econômica e produtiva dos rebanhos, a um menor custo e com redução das perdas energéticas e nitrogenadas que ocorrem nos processos de digestão e absorção (TAMMINGA, 2003). A melhoria do manejo nutricional é o mais importante meio para obter o aumento da produtividade (TEDESCHI et al., 2002).

Na elaboração da versão 4.0 houve uma série de modificações, com o objetivo de ajustar o modelo às condições tropicais. Foram adicionados ajustes como: requerimentos de energia líquida de manutenção (NEm), peso ao nascimento e pico de lactação para um maior número de raças tropicais, incluindo raças denominadas de duplo-propósito (*Bos taurus* x *Bos indicus*); equação de predição do consumo de matéria seca, proposta por TRAXLER (1997), para vacas de duplo propósito; e adição de um banco de dados de alimentos tropicais (TEDESCHI et al., 2002).

A última versão do modelo CNCPS (versão 5.0) possui um banco de dados sobre alimentos tropicais

atualizados e expandido, o que, teoricamente, permite melhor ajuste nas predições do desempenho em sistemas de produção de bovinos em condições tropicais. Entretanto, mesmo com a inclusão desse banco de dados e a possibilidade de atualização dos dados, a aplicação do modelo em condições tropicais deve ser avaliada (ELYAS et al., 2009).

Fox et al. (2000) chamaram a atenção para a falta de informações referentes aos alimentos tropicais, sugerindo a realização de pesquisas nesta área, para atualizar e possibilitar o uso mais confiável do banco de dados de alimentos tropicais para as predições do CNCPS. Porém, poucos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de avaliar e/ou validar a utilização do modelo em condições tropicais, sendo, em sua maioria, simulações.

Modelo BR- CORTE

Segundo Neal et al. (1984), as equações de CMS deveriam ser testadas em condições semelhantes àquelas em que se destina serem utilizadas. Portanto, não existe uma única equação que se aplica em todas as situações, existindo necessidade de desenvolver e validar equações de predição do CMS em condições tropicais.

Por isso, equações para prever o CMS de gado de corte em condições brasileiras e com zebuínos (raça Nelore) foram desenvolvidas e validadas por Valadares Filho et al. (2006a; 2006b), que aliados às exigências de energia, proteína e minerais resultou no sistema BR-CORTE. As equações de CMS propostas indicaram que os valores preditos foram equivalentes aos observados em condições práticas de alimentação de bovinos de corte confinados em condições tropicais.

Ribeiro et al. (2008) avaliaram o CMS por grupos genéticos zebuínos e compararam os valores observados com os preditos por meio dos sistemas NRC (2000), CNCPS 5.0 e BR-CORTE. Estes autores observaram que o sistema brasileiro BR-CORTE se mostrou mais eficiente nas predições de CMS por raça e para os zebuínos como um todo.

Valadares Filho et al. (2006b) também observaram falta de ajuste para as equações propostas pelo NRC (1984, 2000) para prever o CMS de bovinos de corte em condições tropicais. Neste sentido, as equações propostas pelo NRC (1984, 2000) seriam

incapazes de explicar maior porcentagem da variação observada no CMS, quando comparada às equações adotadas pelo BR-CORTE.

MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE CONSUMO VOLUNTÁRIO

A nutrição e o desempenho de herbívoros em pastejo dependem diretamente da capacidade do animal para selecionar uma dieta que possui alta digestibilidade e tem um alto consumo voluntário, que por sua vez depende da qualidade e da disponibilidade de pastagem. O método clássico de determinação da digestibilidade *in vivo* da matéria orgânica (DMO) e matéria seca ou orgânica do consumo voluntário (DMS ou DMO) é baseado na medição da quantidade e da qualidade da dieta ingerida e excreção fecal, entretanto, geralmente requer habitação animal em gaiolas metabólicas (DEMARQUILLY et al., 1995; ANDUEZA et al., 2007). Porém este método consome muito tempo, e assume que a forragem colhida e oferecida para o animal é uma representação da forragem que seria selecionada pelo animal durante o pastejo. É difícil, portanto, para mensurar a digestibilidade do pasto, consumo voluntário e composição da ingestão em pastejo ou das pastagens, especialmente durante longos períodos. A fim de resolver estes problemas, foram desenvolvidos métodos que ligam a digestibilidade *in vivo* e/ou ingestão de uma série de medições de laboratório (DECRUYENAERE et al., 2015).

O método da pepsina no fluido ruminal, desenvolvido por Tilley e Terry (1963) é provavelmente o método mais antigo para estimar a digestibilidade *in vitro*, mas a sua reprodutibilidade pode ser considerada fraca (WAINMAN et al., 1981, citado por ADEGOSAN et al., 2000).

O teor de proteína na dieta tem correlação positiva com consumo em vacas lactantes, sendo este efeito por conta do aumento da proteína degradável no rúmen e a melhoria da digestibilidade dos alimentos (SOUZA, 2013). Allen (2000) sugeriu que a correlação positiva entre proteína bruta na dieta e consumo pode ser efeito da redução da produção de propionato quando a proteína substitui o amido. Teores críticos do consumo de proteína provocam queda no consumo voluntário, sendo que para ruminantes o limite crítico é mais baixo devido ao comprometimento do crescimento microbiano e,

consequentemente, a degradação da FDN, aumentando-se o efeito de repleção ruminal (SOUZA, 2013).

Os métodos convencionais para o estudo do comportamento animal e indiretamente, da dieta selecionada, têm incluído observação direta dos animais, durante o pastejo, análise de amostras obtidas de fístulas esofágicas, trato digestivo ou fezes (por exemplo, usando a análise micro-histológica) e a gravação automática ou manual dos movimentos dos animais ou atividades. Uma grande desvantagem de todos estes métodos é que eles são mão de obra intensiva e, geralmente, há dificuldade de repetição (HOLECHEK et al., 1982).

Modelos dinâmicos simplificados que predizem o consumo diário, somando-se, eventos de refeição ou pela interação de soluções para se chegar ao estado estacionário, podem ser usados para descrever as informações atuais sobre regulação do consumo e explicar as interações entre os mecanismos. No entanto, os modelos dinâmicos têm utilidade limitada como sistemas de predição porque não podem ser facilmente resolvidos por retro solução, para obter as características da dieta e dos animais que correspondem a um nível desejado de consumo (MERTENS, 1987).

Outra abordagem envolve a aplicação de espectroscopia de refletância de infravermelho proximal para fezes (FNIRS), a fim de prever a composição e atributos de dietas baseadas em forragens (DECRUYENAERE et al., 2015). Ao longo das últimas três décadas diversos estudos têm destacado a capacidade e o papel da FNIRS na medição da dieta selecionada e gerenciamento da nutrição de ruminantes em pastejo (COATES, 2004; DIXON & COATES, 2009). Usando a tecnologia FNIRS, observa-se que há semelhança em relação ao uso de NIRS para predição de análises de forragens, composição da dieta e outros atributos (COLEMAN et al., 1989; STUTH et al., 1989; COLEMAN & Murray, 1993; LEITE & STUTH, 1995; BOVAL et al., 2004; DIXON & COATES, 2009; COATES & DIXON, 2011). Calibrações da FNIRS foram desenvolvidas para medir a qualidade da dieta herbívora e ingestão em condições tropicais e subtropicais no Mediterrâneo (KELI et al., 2008; LANDAU et al., 2008) e em ambientes temperados

(DECRUYENAERE et al., 2002, 2009, 2015; ANDUEZA et al., 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consumo voluntário do animal é influenciado por diversos fatores, sejam eles: físicos, psicogênicos ou fisiológicos, estes se relacionam e influenciam diretamente na eficiência da produção animal. Nesse sentido, relata-se a importância de estudos mais profundos acerca da inter-relação desses fatores, a fim de preconizar modelos matemáticos mais eficientes, bem como, teorias relacionadas à predição e exigências do consumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGOSAN, A.T., GIVENS, D.I., OWENS, E. Measuring chemical composition and nutritive values in forages. **IN:** 't Mannetje, L., Jones, R.M. (Eds.), *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. University Press, Cambridge, UK, pp. 263–278, 2000.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC) Energy and protein requirements of ruminants. **Cambridge: CAB International**, 1993.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598, 2000.
- ANDUEZA, D., PICARD, F., JESTIN, M., ANDRIEU, J., BAUMONT, R. NIRS prediction of the feed value of temperate forages efficacy of four calibration strategies. **Animal** 5, 1002–1013, 2011.
- ANDUEZA, D., PICARD, F., PECATTE, J.R., GALLARD, Y., HASSOUN, PH., VIUDES, G., EGAL, D., PRADEL, PH., TROCQUIER, O., THOMAS, D., DELABY, L., AGABRIEL, J., BAUMONT, R., 2007. Variability within and among laboratories of in vivo digestibility and voluntary intake of two hays evaluated in sheep. **Renc. Rech. Rum.** 14, 247(in French).
- ARC. **The Nutrient Requirements Ruminant Livestock**. Common wealth Agricultural Bureaux, Slough, p.351, 1980.
- Booth, D.A., 1972. Postabsorptively induced suppression of appetite and the energostatic control of feeding. **Physiol. Behav.** 9, 199-202.
- BOVAL, M., COATES, D.B., LECOMTE, P., DECRUYENAERE, V., ARCHIMÈDE, H., 2004. Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, in vivo ingestibility and intake of tropical grass by Creole cattle. **Anim. Feed Sci. Technol.** 114, 19–29.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Portaria 51, de 24 de maio de 1991. Proíbe a produção, importação,

- comercialização e uso de substâncias naturais ou artificiais, com atividade anabolizante, ou outras, dotadas dessa atividade para fins de crescimento e ganho de peso dos animais de abate. **Diário Oficial**, Brasília, 1991.
- CHILIBROSTE, P., AGUILAR, C., GARCIA, F. Nutritional evaluation of diets. Simulation model of digestion and passage of nutrients through the rumen-reticulum. **Anim. Feed Sci. Technol.** 68, 259. 1997.
- COATES, D.B. Faecal NIRS—technology for improving nutritional management of grazing cattle. IN: Final Report of Project NAP3.121. **Meat and Livestock Australia**, Sydney, Australia, 2004. Disponível em: <www.mla.com.au> Acesso em: 10 set. de 2015.
- COATES, D.B., DIXON, R.M. Developing robust faecal near infrared spectroscopy calibrations to predict diet dry matter digestibility in cattle consuming tropical forages. **J. Near Infrared Spectrosc.** 19, 507–519, 2011.
- COLEMAN, S.W., MURRAY, I. The use of near-infrared reflectance spectroscopy to define nutrient digestion of hay by cattle. **Anim. Feed Sci. Technol.** 44, 237–249, 1993.
- COLEMAN, S.W., STUTH, J.W., HOLLOWAY, J.W. Monitoring the nutrition of grazing cattle with near-infrared analysis of faeces. IN: XVI International Grassland Congress, Nice, France, pp.881–882, 1989.
- DECRUYENAERE, V., LECOMTE PH DEMARQUILLY, C., AUFRERE, J., DARDENNE, P., STILMANT, D., BULDGEN, A. Evaluation of green forage intake and digestibility in ruminants using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): developing a global calibration. **Anim. Feed Sci. Technol.** 148, 138–156, 2009.
- DECRUYENAERE, V., STILMANT, D., LECOMTE, P., BULDGEN, A., DARDENNE, P. Improvement and validation of the NIRS analysis applied to faeces to measure grass intake in pasture. IN: Durand, J.L., Emile, J.C., Huygue, C., Lemaire, G.(Eds.), Multi-function Grasslands, Quality Forages, Animal Products and Landscapes, 7. Grassland Science in Europe, pp.196–197, 2002
- DECRUYENAERE, V., V. PLANCHON. P. DARDENNE, D. STILMANT. Prediction error and repeatability of near infrared reflectance spectroscopy applied to faeces samples in order to predict voluntary intake and digestibility of forages by ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, 205 49–59, 2015.
- DECRUYENAERE, V. PLANCHON, V. DARDENNE, P. STILMANT, D. Prediction error and repeatability of near infrared reflectance spectroscopy applied to faeces samples in order to predict voluntary intake and digestibility of forages by ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 205, Pages 49-59, July 2015.
- DEMARQUILLY, C., CHENOST, M., GIGER, S. Pertes fécales et digestibilités des aliments et des rations. IN: Jarrigue, R., Ruckenbusch, Y., Demarquilly, C., Farce, M.-H., Journet, M. (Eds.), Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion. INRA, France, pp.601–647, 1995.
- DIXON, R., COATES, D. Review: near infrared spectroscopy of faeces to evaluate the nutrition and physiology of herbivores. **J. Near Infrared Spectrosc.** 17, 1–31, 2009.
- ELYAS, A. C. W.; PAIVA, P. C.A.; LOPES, F. C. F.; VILELA, D.; ARCURI, P. B.; MORENZ, M. J. F. Avaliação do modelo CNCPS na predição do consumo de matéria seca em vacas da raça Holandesa em pastejo. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.6, p.1096-1103, 2009.
- EUCLIDES, V.P.B.; CARDOSO, E.G.; MACEDO, M.C.M.; Oliveira, M.P. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.2200-2208, 2000.
- FINLAYSON, J.D., CACHO, O.J., BYWATER, A.C. A simulation model of grazing sheep. I. Animal growth and intake. **Agric. Syst.** 48, 1, 1995.
- FORBES J.M. Minimal total discomfort as a concept for the control of food intake and selection. **Appetite**, 33, 371, 1999.
- FORBES, J.M. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. **Nutritional Research Reviews**.132-146, 2007.
- FORBES, J.M. Voluntary feed intake. IN: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. **Cambridge: University Press**. 2007.
- FORBES, J.M. Voluntary feed intake. IN: Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Ed. CAB International, 1995.
- FOX, D.G. and TYLUTKI, T.P. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v.81, p.3085-3095, 1998.
- FOX, D.G., BARRY, M.C., PITT, R.E. et al. Application of the Cornell net carbohydrate and protein model for cattle consuming forages. **J. Anim. Sci.** v.73, p. 267, 1995.
- FOX, D.G., TYLUTKI, T.P., CZYMMEK, K.J. et al. Development and application of the Cornell University Nutrient Management Planning System. in Proc. Cornell. Nutr. Conf. Feed Manuf., **Cornell University**, p. 167-179, 2000.
- FOX, D.G., TYLUTKI, T.P., TEDESCHI, L.O. et al. The Net Carbohydrate and Protein System for evaluating herd nutrition and nutrient excretion (CNCPS version 5.0). Model documentation.

- Animal Science Mimeo** 213, Department of Animal Science, Cornell University, 2003.
- 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.
- FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P. et al. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion **Animal Feed Science and Technology**, v.112, n.1/4, p.29-78, 2004.
- GENRO, T.C.M.; EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R. Ingestão de matéria seca por animais em pastejo. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.
- HOLECHEK, J.L., SHENK, J.S., VAVRA, M., ARTHUM, D. Prediction of forage quality using near-infrared reflectance spectroscopy on oesophageal fistula samples from cattle on mountain range. **J. Anim. Sci.** 55, 971–975, 1982.
- KELI, A., ANDUEZA, D., DE VEGA, A., GUADA, J.A. Validation of the n-alkane and NIRS techniques to estimate intake, digestibility and diet composition in sheep fed mixed lucerne: ryegrass diets. **Livest. Sci.** 119, 42–54, 2008.
- KETELAARS JJMH & TOLKAMP BJ. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants. 3. Optimum feed intake: in search of a physiological background. **Lives Prod Sci** 31, 235–258, 1992.
- LANDAU, S., GIGER-REVERDIN, S., RAPETTI, L., DVASH, L., DORLEANS, M., UNGAR, E.D. Data mining old digestibility trials for nutritional monitoring in confined goats with aids of near-infrared spectroscopy. **Small Rumin. Res.** 77,146–158, 2008.
- LEITE, E.R., STUTH, J.W., 1995. Fecal NIRS equations to assess diet quality of free ranging goats. **Small Rumin. Res.** 15,223–230.
- MAGGIONI, D.; MARQUES, J. A.; ROTTA, P. P.; ZAWADZKI. F. ; ITOL, R. H.; PRADO, I. N. Ingestão de alimentos (Feed intake). **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 30, n. 4, p. 963-974, out./dez. 2009.
- MAGNABOSCO, C.U. Estimativas de parâmetros genéticos em características de crescimento de animais da raça Nelore usando os métodos de Máxima Verossimilhança Restrita e Amostragem de Gibbs. Ribeirão Preto, SP, 83p. **Tese** (Doutorado em Ciências) –Universidade de São Paulo, 1997.
- McMENIMAN, J.P.; DEFOOR, P.J.; GALYEAN. Evaluation of the national research council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1138-1146, 2009.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **J. Anim. Sci.** 64, 1548, 1987.
- MOLINA, D.O.; MATAMOROS, I.; ALMEIDA, Z. et al. Evaluation of the dry matter intake predictions of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System with Holstein and dualpurpose lactating cattle in the tropics. **Animal Feed Science and Technology**, v.114, n.1/4, p.261-278, 2004.
- MOREIRA, F.B.; PRADO, I.N.; CECATO U.; WADA, F.Y.; MIZUBUTI, I.Y. Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v.113, p.239-249, 2004.
- NASCIMENTO, M. L; FARJALLA, Y.B.; NASCIMENTO, J. L. Consumo voluntário de bovinos - Bovines voluntary intake. **REDVET. Revista electronica de Veterinaria**. ISSN: 1695-7504, Vol. 10, n.10, 2009.
- NATIONAL RESEACH COUNCIL – NRC. *Predicting feed intake of food-producing animals*. Washington: **National Academy Press**, 1987.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL–NRC (1984) Ruminant Nitrogen Usage. 6 ed. **National Academic Press**. Washington, D.C. 138p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL–NRC (2000) Nutrient requirements of beef cattle. 7 rev. ed. **National Academy Press**, Washington, D.C. 242p.
- NEAL, H.D.C., THOMAS, C. AND COBBY, J.M. Comparison of equations for predicting voluntary intake by dairy cows. **The Journal of Agricultural Science**, 103, 1-10, 1984, Nice, France, pp. 889–890.
- NOLLER, C. H., NASCIMENTO JÚNIOR, D., QUEIROZ, D. S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. IN: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGENS, 13, 1996, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 1996. P. 319-352.
- O'CONNOR, J.D., SNIFFEN, C.J., FOX. D.G., CHALUPA, W. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting aminoacid adequacy. **J. Anim. Sci.**, 71:1298-1311, 1993.
- PITTROFF, W.; KOTHMANN, M.M. Regulation of intake and diet selection by herbivores. IN: Nutritional Ecology of Herbivores, [HG Jung and GC Fahey, editors]. Savoy, IL: American Society of Animal Science, pp. 366–422, 1999.
- PITTROFF, W., KOTHMANN, M.M. Quantitative prediction of feed intake in ruminants I. Conceptual and mathematical analysis of models

- for sheep. **Livestock Production Science**, 71, 131–150, 2001a.
- PITTROFF, W., KOTHMANN, M.M. Quantitative prediction of feed intake in ruminants III. Comparative example calculations and discussion. **Livestock Production Science**, 71, 171–181, 2001b.
- RIBEIRO, J. S. ; LADEIRA, M.M ; GONÇALVES, T.M ; WHATELY, M.A ; BASSI, M.S ; VALLONE, M.M . Avaliação das predições de consumo de matéria seca obtidas por meio dos sistemas de exigências nutricionais para grupos zebuínos confinados. IN: 45ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008, Lavras. **Anais...** 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Lavras, 2008.
- RUSSELL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **J. Anim. Sci.**, 70(11):3551- 3561, 1992.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, M. C. Meta-análise do consumo de matéria seca de vacas leiteiras em condições tropicais. **Dissertação**-mestrado – Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em zootecnia na transição do cerrado Amazônia, Sinop, 2013.
- SVOBODA, F. Das Sattigungs problem bei der Milchviehfütterung. Ber. d. XI. **Milchw. Weltkongr.** Berlin. 1, 168, 1937.
- TAMMINGA, S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. **Liv. Prod. Sci.**, v.84, p.101-111, 2003.
- TEDESCHI LO, BOIN C, FOX DG, LEME PR, ALLEONI GF & LANNA DP. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. **Journal of Animal Science**, 80: 1671-1682. 2002.
- TILLEY, J.H.A., TERRY, R.A., 1963. A two-stage technique for 'in vitro' digestion of forage crops. **Grass Forage Sci.** 18,104–111.
- TRAXLER, M.J. Predicting the effect of lignin on the extent of digestion and evaluation of alternative intake models for lactating cows consuming high FDN forages. **Dissertation** (Doctor of Philosophy), Cornell University, 1997.
- VALADARES FILHO SC, PAULINO PVR & MAGALHÃES KA, PAULINO MF & DETTMAN E. Tabelas de composição de alimentos e exigências nutricionais de Zebuínos: dados brasileiros. IN: Simpósio de Produção de Gado de Corte, Viçosa. **Anais**, Universidade Federal de Viçosa. p. 47-80. 2006b.
- VALADARES FILHO SC, PAULINO PVR & MAGALHÃES KA. **Exigências nutricionais de Zebuínos e tabelas de composição de alimentos**. BR-Corte. 1 ed. Viçosa: Suprema Gráfica Ltda. 142 p. 2006a.
- WAINMAN, F.W., DEWEY, P.J., BOYNE, A.W. **Compound Feedingstuffs for Ruminants**. Third Report, Feedingstuffs Evaluation Unit. Rowett Research Institute, Aberdeen, UK, pp. 49, 1981.