

Importância da fibra na nutrição de bovinos. (Fiber importance on cattle nutrition)

Waldmaryan Bianchini*, Érico Rodrigues, André Mendes Jorge*, Cristiana Andrigheto*

*Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Unesp/Botucatu-SP.

Para contactar : cwalbia@fmvz.unesp.br y erzoo@fmvz.unesp.br

REDVET: 2007, Vol. VIII Nº 2.

Recibido: 27.11.2006 / Referencia: 020718 / Aceptado: 26.01.2007 / Publicado: 01 Febrero 2007

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020207.html> concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/recvet/n020207/020718.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®. Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con RECNET® - <http://www.veterinaria.org/revistas/recvet> - <http://www.redvet.es>

Resumen

La fibra es utilizada como fuente energética para los microorganismos del rúmen, bajo la forma de carbohidratos, e se ha utilizado para caracterizar los alimentos y para establecer límites máximos de ingredientes en las raciones. La fibra es esencial, puesto que los ácidos grasos volátiles (AGV) producidos para la fibra durante la fermentación del rumiante son las fuentes energéticas principales para el animal. Las características alimenticias de los carbohidratos de los forrajeras dependen de los azúcares que las componen, de las ligaciones establecidas entre ellos y otros factores de la físico-química de la naturaleza. Así, los carbohidratos das plantas poden ser agrupados en dúos grandes categorías conforme a suya menor o mayor degradación, en estructuráis e non estructuráis, respectivamente. Ale da produción de AGV, a fibra é responsable pela efectividad e fibrosidad, influenciando en la digestibilidad dos alimentos e consecuentemente no consumo animal. El conocimiento de suyas

fracciones, permite o entendimiento de suyas características e importancia no balanceo de las dietas, na avaliación da cualidad dos alimentos e en estimativas de su valor nutricional. Quando referimo-nos al fibra, inevitablemente estaremos atrelados a los métodos laboratoriais disponíveis para a sua análise, portanto sempre estaremos asociando as determinações aos níveis de FDN, já que esta fração é a que apresenta maior correlação nutricional com o tipo de fibra a ser empregado na formulação de dietas para ruminantes.

A continuidade das pesquisas neste aspecto é de grande importância para a identificação de outras características químicas e físicas dos alimentos que influenciam na sua efetividade em manter a ótima função ruminal e saúde animal.

Palabras clave: carbohidratos | clasificación | consumo | digestibilidad | efectividad | rumiante |

Resumo - A fibra é usada como fonte de energia pelos microrganismos do rúmen, na forma de carboidratos, e tem sido usada para caracterizar alimentos e para estabelecer limites máximos de ingredientes nas rações. A fibra é essencial, já que os ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos pela fibra durante a fermentação ruminal são as principais fontes de energia para o animal. As características nutritivas dos carboidratos das forrageiras dependem dos açúcares que os compõem, das ligações entre eles estabelecidas e de outros fatores de natureza físico-química. Assim, os carboidratos das plantas podem ser agrupados em duas grandes categorias conforme a sua menor ou maior degradabilidade, em estruturais e não estruturais, respectivamente. A produção de AGV, a fibra é responsável pela efetividade e fibrosidade, influenciando na digestibilidade dos alimentos e conseqüentemente no consumo animal. O conhecimento de suas frações, permite o entendimento de suas características e importância no balanceamento de dietas, na avaliação da

qualidade dos alimentos e em estimativas de seu valor nutricional. Quando falamos em fibra inevitavelmente estaremos atrelados aos métodos laboratoriais disponíveis para a sua análise, portanto sempre estaremos associando as determinações aos níveis de FDN, já que esta fração é a que apresenta maior correlação nutricional com o tipo de fibra a ser empregado na formulação de dietas para ruminantes. A continuidade das pesquisas neste aspecto é de grande importância para a identificação de outras características químicas e físicas dos alimentos que influenciam na sua efetividade em manter a ótima função ruminal e saúde animal.

Palavras chave: Carboidratos | classificação | consumo | digestibilidade | efetividade | ruminante |

Key words: carbohydrates | classification | consumption | digestibility | effectiveness | ruminant |

Introdução

A fibra é fonte de carboidratos usados como fonte de energia pelos microrganismos do rúmen e tem sido usada para caracterizar alimentos e para estabelecer limites máximos de ingredientes nas rações (VAN SOEST, 1994). No entanto, os nutricionistas não chegaram a um consenso sobre uma definição uniforme de fibra, bem como sobre a concentração de fibra ideal para a otimização do consumo de energia por bovinos (MERTENS et al., 1994), pois a fibra é essencial, já que os ácidos graxos voláteis produzidos pela fibra durante a fermentação ruminal são as principais fontes de energia para o animal (MERTENS, 2001).

WEISS (1999) define a fibra como sendo o componente estrutural das plantas, que é a parede celular, e a fração menos digerível do alimento, ou seja aquela que não é digerida por enzimas de mamíferos, além de ser componente essencial para estimular a mastigação e ruminação. As forragens são as importantes fontes de nutrientes na nutrição de ruminantes. Além da proteína e energia, as forragens provêm a fibra necessária nas rações para promover a mastigação, ruminação e saúde do rúmen. Na formulação de dietas para bovinos, a qualidade e a quantidade de forragens é o primeiro fator a ser analisado no atendimento das exigências nutricionais e de fibra. Os componentes concentrados são usados para complementar as contribuições nutricionais das forragens.

Os carboidratos são os principais constituintes das plantas forrageiras, correspondendo de 50 a 80% da MS das forrageiras e cereais. As características nutritivas dos carboidratos das forrageiras dependem dos açúcares que os compõem, das ligações entre eles estabelecidas e de outros fatores de natureza físico-química. Assim, os carboidratos das plantas podem ser

agrupados em duas grandes categorias conforme a sua menor ou maior degradabilidade, em estruturais e não estruturais, respectivamente (VAN SOEST, 1994).

Os carboidratos não estruturais incluem os carboidratos encontrados no conteúdo celular, como glicose e frutose, e os carboidratos de reserva das plantas, como o amido, a sacarose e as frutanas (VITTORI et al., 2000).

Os carboidratos estruturais incluem aqueles encontrados normalmente constituindo a parede celular, representados principalmente pela pectina, hemicelulose e celulose, que são os elementos mais importantes na determinação da qualidade nutritiva das forragens (VAN SOEST et al., 1991).

A natureza e concentração dos carboidratos estruturais da parede celular são os principais determinantes da qualidade dos alimentos volumosos, especialmente de forragens (VAN SOEST, 1994).

1. Definição de fibra

A fibra não é uma substância química específica, constitui uma denominação geral aplicada a diversos materiais compostos de H e C, especialmente a celulose, a hemicelulose e a lignina, organizadas para formar as paredes celulares dos vegetais.

A definição de fibra está vinculada ao método analítico empregado em sua determinação (MERTENS, 2001), sendo assim, é considerado um termo meramente nutricional.

Quimicamente a fibra é um agregado de compostos no qual a sua composição química é dependente de sua fonte e da forma como é medida (MERTENS, 1992). Portanto, o método para a obtenção da fibra deve estar de acordo com os princípios biológicos ou com sua utilidade empírica.

Existem metodologias diferentes para a determinação de fibra, onde devemos avaliar as limitações sobre o método a ser empregado em sua determinação, como, acurácia analítica, alta repetibilidade e ainda, o custo. MERTENS et al. (1994) relata que o objetivo de se analisar qualquer alimento é o de detectar as diferenças nutricionais entre as fontes de alimentos para fornecer informações aos nutricionistas, principalmente os que tratam com ruminantes e, ainda, separar as frações digestíveis, não digestíveis, rapidamente digestíveis, etc.

1.2. Fibra Bruta (FB)

É isolada por ácidos e bases fortes. A extração ácida remove amidos, açúcares e parte da pectina e da hemicelulose dos alimentos. A extração básica retira proteínas, pectinas e hemicelulose remanescentes e parte da lignina (MERTENS, 2001). A FB consiste principalmente de celulose adicionada de pequenas quantidades de lignina e hemicelulose. Este método tem como limitação, ou falha, a solubilização de lignina de forma imprecisa (variável) (VAN SOEST & WINE, 1968). Atualmente quase inexistem novos trabalhos de pesquisa utilizando a FB, pois os métodos FDA e FDN passaram a ter maior precisão para serem utilizados em pesquisa na nutrição de ruminantes.

1.3. Fibra Insolúvel em Detergente Ácido (FDA)

A fração de fibra em detergente ácido (FDA) dos alimentos inclui celulose e lignina como componentes primários além de quantidades variáveis de cinza e compostos nitrogenados. A concentração de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) é usada para determinar a disponibilidade de proteína em alimentos tostados. Taninos, se presente, é uma possibilidade para aumentar a proteína insolúvel associada com a parede celular da planta. Outro é a reação

de *Maillard* ou não enzimática causada pelo aquecimento e secagem. O nitrogênio nestas frações tem baixa disponibilidade biológica e tende a ser recuperado na FDA (VAN SOEST, 1994).

A concentração de NIDA em forragens tem uma alta correlação negativa com a digestibilidade aparente da proteína. A composição química do NIDA e a relação entre concentrações de NIDA e digestibilidade é diferente entre concentrados e forrageiras, portanto, o uso de uma única equação para relacionar NIDA com digestibilidade para todos os alimentos não está correto (WEISS et al., 1999).

1.4.Fibra Insolúvel em Detergente Neutro (FDN)

A fração de fibra em detergente neutro inclui celulose, hemicelulose e lignina como os componentes principais. Existem três modificações principais no método de FDN, cada qual gerando valores diferentes que dependem do alimento que é analisado.

O método original de FDN descrito por VAN SOEST & WINE, 1968 usa sulfito de sódio para remover proteínas contaminantes da FDN partindo ligações disulfídicas e dissolvendo muitas ligações de proteína (MERTENS, 2001). Foi demonstrado que o método original não remove adequadamente amido dos grãos e de silagem de grãos. Uma modificação no resíduo de detergente neutro foi desenvolvido, incluindo uma amilase estável a quente no procedimento para remover amido, porém, sulfito foi removido do procedimento por causa de preocupações sobre a possível perda de lignina e compostos fenólicos (VAN SOEST et al.,1991).

A FDN amilase-tratada modificada (aFDN) foi desenvolvida para medir FDN em todos os tipos de alimentos e usa amilase e sulfito de sódio para obter FDN com contaminação mínima de amido ou proteína. Este método modificado foi adotado como o método de referência para FDN pela *National Forage Testing Association* e está sendo avaliado em um estudo colaborativo para aprovação pela AOAC como um método oficial. O uso de sulfito de sódio é crucial para a remoção de contaminação de nitrogênio de alimentos tratados com calor. Se o objetivo é medir a fibra total com precisão em alimentos com contaminação mínima através de proteína digestível ou amido o método de aFDN é preferido.

O método de determinação de FDN é considerado mais difícil e variável que outros métodos de fibra. As maiores fontes de variação em FDN entre laboratórios são devido a diferenças em método e técnica de laboratório. Ambos os problemas podem ser minimizados seguindo um método de FDN padronizado. Embora o conceito de fibra seja baseado em um critério nutricional, a medida química de fibra é definida pelo método de laboratório que é usado. Modificações do método de FDN afetam a "fibra" que está sendo medida, causas de valores diferentes entre laboratórios, dá a impressão errônea que FDN não pode ser medido com precisão.

Embora o método de FDN resolva muitos problemas para medir fibra em alimentos com amido, não eliminou todas as dificuldades para estabelecer o FDN como um método preciso, rotineiro. Infelizmente, os resultados de todos os três métodos (FDN, NDR, e aFDN) são geralmente chamados FDN embora os resultados dos três métodos possam ser bastante diferentes. Então, é importante saber o que está sendo definido como FDN e entender que algumas das discrepância entre laboratórios, e os resultados de FDN podem ter diferenças devido ao método utilizado.

Embora as diferenças possam ser pequenas para forragens, quando alimentos estão aquecidos (como destilados ou grãos de cervejaria) o uso de sulfito de sódio fica crucial para a remoção da proteína que é desnaturada ou é incrustada com o carboidrato em *Reação de Maillard*. Porque sulfito remove contaminação de proteína, os valores de aFDN darão substancialmente mais baixos para fibra em alimentos secos do que o método de RDN e resultará em estimativas mais precisas de fibra (WEISS, 1999).

1.5. Fibra Alimentar Total (FAT)

Desde que surgiu o interesse de se utilizar a fibra na alimentação humana iniciou-se o interesse pela FAT, esta tem sido definida como polissacarídeos e lignina-resistentes a ação de enzimas digestivas de mamíferos.

Metodologicamente, um dos métodos mais conhecidos é o de PROSKY et al (1984) que foi adotado pelo AOAC desde 1985, e envolve o tratamento das amostras com amilase, protease e amiloglicosidade de forma sucessiva, seguida pela adição de quatro volumes de etanol a 95%, recuperando o precipitados e determinada gravimetricamente.

O método de SOUTHGATE (1969) usa colorimetria, onde o resíduo insolúvel do alimento é gelatinizado sofrendo uma hidrólise ácida, tratado com *Takadiastase* para digerir o amido e os monossacarídeos estimados por colorimetria.

O AOAC adotou o procedimento enzimogravimétrico baseado em PROSKY (1984) e através de uma série de estudos confirmou este método como eficiente para a determinação da FAT dos alimentos (AOAC, 1990).

Através da FAT podemos estimar eficientemente os componentes estruturais totais, porém não tem sido usado na nutrição de ruminantes, pois são métodos mais onerosos e sofisticados e muitos demandam mais tempo que muitos dos métodos disponíveis, e ainda, pouco devem melhorar a formulação de dietas de desempenho de animais (JUNG, 1997).

2. Componentes da fibra

2.1.Celulose

É o polissacarídeo mais abundante da natureza e principal constituinte da maioria das paredes celulares, exceto de algumas sementes, seu teor varia de 20 a 40% na MS de plantas superiores (VAN SOEST, 1994).

A celulose é formada por resíduos de D-glicopiranosos unidos por ligações beta 1,4 que formam longas cadeias lineares com alto grau de polimerização e elevado peso molecular (RALPH, 1996).

2.2.Hemicelulose

A hemicelulose é uma mistura homogênea de polissacarídeos amorfos com grau de polimerização muito inferior ao da celulose (VAN SOEST, 1994). Em células maduras, a hemicelulose encontram-se mais associadas à lignina por ligações covalentes do que a outros polissacarídeos, tornando-se indisponíveis à solubilização. As espécies vegetais apresentam grandes variações de hemicelulose (10 a 25% da MS) em forragens, farelos, polpas e menores valores em grãos de cereais (2 a 12%) (REIS, 1993)

2.3.Lignina

A lignina constitui um polímero fenólico que se associa aos carboidratos estruturais, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular, alterando significativamente a digestibilidade destes carboidratos das forragens (VAN SOEST & WINE, 1968).

O procedimento para determinação de lignina em detergente ácido (LDA) inclui ambos os métodos hidrolítico (ácido sulfúrico) e oxidativo (permanganato de potássio); a variante ácida sulfúrica de LDA é o mais popular. A lignina de Klason é o resíduo remanescente depois de um hidrólise por ácido sulfúrico em duas fases, que é comumente usada para determinar os

componentes de açúcar neutro dos polissacarídeos da parede celular. A lignina de Klason é um melhor marcador para a digestibilidade que a lignina de permanganato.

A correlação entre a digestibilidade de forragem e concentrações de lignina em detergente ácido e lignina de Klason foram estudadas por Jung et al., 1997 citada por MERTENS, 2001. Neste trabalho, trinta e seis forragens, incluindo C3, leguminosas e gramíneas C3 e C4, foram analisadas para lignina de detergente ácido, lignina de Klason, e digestibilidade *in vitro* da MS e FDN. Vinte destas forragens também eram usadas em um experimento com cordeiros, com ingestão restrita para medir a digestibilidade da MS e da FDN. Digestibilidade *in vivo* e *in vitro* da MS e FDN das forragens foram negativamente correlacionadas com as medidas de lignina.

2.4. Outros componentes

Outros componentes como a sílica, as cutinas e os taninos estão presentes na parede celular, associados ou não a polissacarídeos estruturais. Mesmo presentes em pequenas quantidades, estes compostos possuem importantes características físico-químicas que influenciam nos processos de digestão e absorção dos componentes da parede celular e do conteúdo celular (VAN SOEST, 1994). Também existem proteínas que são encontradas na fibra dos alimentos. Estas se dividem em três grandes grupos: as extensinas (função estrutural), as ricas em glicinas (associadas à lignificação) e ainda, as proteínas ricas em prolina (atuantes na formação dos nódulos radiculares das leguminosas). Parte dessas proteínas são solubilizadas na determinação da fibra, outra permanece como constituinte da mesma (VALADARES et al., 1997).

3. Efeitos da fibra na alimentação

3.1. Produção de AGV

A proporção geralmente é influenciada pela dieta e o estado da população metanogênica do rúmen. Apesar dos grandes balanços, é uma população bastante estável entre dietas com variáveis proporções de concentração de forragem (fibra) e concentrado, porém, as proporções ruminais de AGV são amplamente dependentes do pH (HALL, 2000).

À medida que celulose e hemicelulose aumentam em relação aos carboidratos solúveis e amido, a relação acetato:propionato também tende a aumentar (BACKES et al., 2000)

Os tipos e quantidade de AGV podem ser manipulados pelos tipos de carboidratos utilizados na ração com possíveis efeitos no rendimento e composição do leite ou crescimento corporal. Atualmente devemos ser capazes de prever a disponibilidade de nutrientes metabolizáveis que o animal recebe para estimar seu desempenho. Para estimar a disponibilidade de nutrientes metabolizáveis, a taxa e o local de digestão dos componentes dos alimentos deve ser conhecida. A digestão de um carboidrato em particular ou proteína no rúmen ou no intestino delgado determina o quanto o animal absorve de ácido orgânico ou glicose, ou quanto de proteína está disponível para digestão ou está sendo excretada. A digestão do nitrogênio no rúmen determina o quanto este nitrogênio vai alcançar o intestino delgado como aminoácido ou NNP proveniente dos alimentos ou do microorganismos do rúmen (HALL et al., 1999).

3.2. Efetividade e fibrosidade

Uma das principais características dos carboidratos, principalmente relacionada aos de forragens é a efetividade em promover a atividade física motora do trato gastro-intestinal. Seletivamente as vacas retêm fibra no rúmen por um tempo adequado de digestão, ingerindo partículas grandes enquanto comem. Estas partículas grandes formam um *mat* flutuante no

rúmen e provém o "incentivo" de arranhão que estimula a atividade de ruminação (DAVID, 2001).

Depois de vários ciclos de ruminação ou de mastigação, as partículas fibrosas são reduzidas a um tamanho tal que pode escapar do rúmen. Entretanto, quando vacas são alimentadas com rações contendo um mínimo de fibra, pode haver muito pouca fibra efetiva para promover ótima fermentação ruminal e produção. Desta maneira, vários pesquisadores têm sugerido que relações ideais para forragem:concentrado (F:C) para vacas leiteiras estaria entre 40:60 e 60:40. MERTENS et al. (1994) propôs um sistema que usa o nível ideal de FDN da forragem e as exigências de energia de vacas leiteiras para determinar a relação ideal de forragem:concentrado que maximiza utilização da forragem na dieta (FOX, 1992).

Segundo este autor, quando a maioria da fibra de dietas de vacas leiteiras está na forma fibra longa ou de forrageiras grosseiramente picadas, a FDN também pode ser usada para formular rações com mínimo de fibra, o que não é recomendado quando as forragens são finamente picadas ou fontes de fibra de origem não forrageira (subprodutos) são utilizadas.

Segundo MERTENS (2001), com o advento de programas de formulação de ração de mínimo-custo, estimulou-se o interesse no desenvolvimento de um método quantitativo para assegurar que um mínimo no requerimento de forragens seja estabelecido. Foi observado que, se concentrados eram fontes de menor custo relativo de nutrientes que forragens, estes programas formulariam rações para vacas leiteiras que contivessem níveis pequenos ou praticamente nenhuma forragem, o que seria fatal a saúde e a produtividade de vacas leiteiras a longo prazo, não havendo suficiente estímulo para o funcionamento normal do rúmen e manutenção da porcentagem de gordura do leite.

Tentativas iniciais para descrever a efetividade dos alimentos em relação as exigências de forragem foram baseadas em equivalentes feno, no ajuste de valores de fibra bruta como uma exigência mínima, ajuste de valores como FDN. Deve-se ressaltar que determinações químicas da fibra, seja como fibra bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, nem sempre satisfazem as necessidades de fibra efetiva. Algumas formas físicas da fibra (finamente moída) nem sempre são efetivas na manutenção da porcentagem de gordura do leite, o que conduz ao conceito de fibra efetiva. Na literatura ainda existem poucos dados disponíveis e poucos claros sobre a determinação da efetividade dos alimentos. Embora o critério para determinar fibra efetiva fosse porcentagem de gordura no leite, foi aceito que ambas as propriedades, físicas e químicas da fibra são importantes na determinação da efetividade.

Da mesma maneira em que se desenvolveu o conceito de fibra efetiva, determinou-se que as propriedades físicas dos alimentos afetam a digestibilidade, a taxa de passagem e a função ruminal.

MERTENS (2001), propôs que a atividade de mastigação por unidade de matéria seca (MS) poderia ser uma medida biológica das propriedades físicas de um alimento, o que ele chamou de característica de fibrosidade. Os mesmos autores unificaram o procedimento medindo a atividade de mastigação e definindo um índice de valor de forragem (IVF) para uma variedade de alimentos (minutos de mastigação total por quilograma de MS). Além disso, eles propuseram que um mínimo de IVF de 30 minutos de mastigação / kg de MS era necessário em rações de vacas leiteiras para manter a porcentagem de gordura do leite.

Considerando estas características, foi definido o índice de fibrosidade de um alimento como os minutos gastos na atividade de mastigação por kg de MS e avaliaram o seu potencial como uma ferramenta na formulação de rações de vacas leiteiras. Estes pesquisadores observaram que o índice de fibrosidade era altamente correlacionado com a concentração de fibra bruta nos alimentos e com o nível de ingestão de matéria seca. Deve-se considerar que a atividade mastigatória (soma do tempo de mastigação e ruminação) é afetada pela raça, tamanho

corporal, idade, ingestão de matéria seca, concentração de fibra e tamanho de partícula do alimento e possivelmente pelo método de medir a atividade mastigatória (monitoramento automatizado ou visual, tempo não monitorado durante a ordenha, etc.), MERTENS (2001).

3.2.1. FDN efetivo e fisicamente efetivo

Estes dois conceitos são relacionados, pois a efetividade da fibra na manutenção da percentagem de gordura do leite é diferente da efetividade da fibra em estimular a atividade de mastigação (ARMENTANO & PEREIRA, 1997).

A FDN efetiva está relacionada com a habilidade total de um alimento em diminuir a fibra de maneira que a percentagem de gordura no leite não se altere. A FDN fisicamente efetiva está relacionada com as propriedades físicas da fibra (principalmente o tamanho da partícula) que estimula a atividade de mastigação e estabelece uma estratificação bifásica dos conteúdos ruminais (uma camada flutuante de grandes partículas em uma piscina líquida com pequenas partículas). A FDN fisicamente efetiva vai sempre ser menor que a FDN, no entanto a FDN efetiva pode ser menor ou maior que a concentração de FDN em um alimento (FIGURA 1).

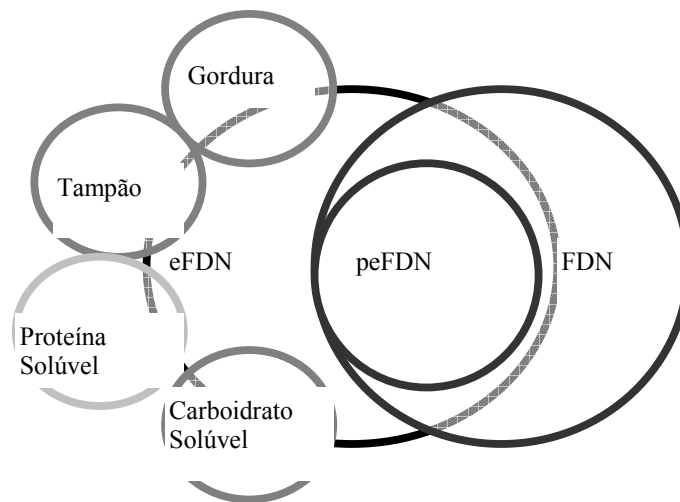


Figura 1. Ilustração das relações entre FDN, FDN fisicamente efetivo, e FDN efetivo (MERTENS, 2001).

Segundo MERTENS (2001) a efetividade da fibra na manutenção da porcentagem de gordura do leite é diferente da efetividade de fibra bem estimular a atividade de mastigação. Para esclarecer estes conceitos dois novos termos foram desenvolvidos: FDN efetivo (eFDN), que está relacionado à habilidade total de um alimento em substituir a forragem de forma que a porcentagem de gordura do leite seja mantida e FDN fisicamente efetivo (peFDN), que esta relacionado às propriedades físicas da fibra (principalmente tamanho da partícula) que estimula a atividade mastigatória e estabelece a estratificação bifásica do conteúdo ruminal (flutuam no *mat* partículas grandes em um conteúdo líquido e partículas pequenas) (HALL,1999).

O peFDN deveria ser sempre menor do que o FDN, ao passo que eFDN pode ser menor ou maior que a concentração de FDN em um alimento. Estes conceitos podem ser visualizados na Figura 6. Segundo Mertens (2001) a efetividade da fibra na manutenção da porcentagem de gordura do leite é diferente da efetividade de fibra em estimular a atividade de mastigação. Para esclarecer estes conceitos dois novos termos foram desenvolvidos: FDN efetivo (eFDN), que está relacionado à habilidade total de um alimento em substituir a forragem de forma que a porcentagem de gordura do leite seja mantida e FDN fisicamente efetivo (peFDN), que esta

relacionado às propriedades físicas da fibra (principalmente tamanho da partícula) que estimula a atividade mastigatória e estabelece a estratificação bifásica do conteúdo ruminal (flutuam no mat partículas grandes em um conteúdo líquido e partículas pequenas).

O peFDN deveria ser sempre menor do que o FDN, ao passo que eFDN pode ser menor ou maior que a concentração de FDN em um alimento. Conceitualmente, peFDN é relacionado a característica de fibrosidade, índice de valor forrageiro, estrutura física e índice de fibrosidade porque todos foram relacionados a atividade mastigatória (HALL, 2001). Porém, peFDN difere destes conceitos porque é um atributo do alimento que está baseado em uma escala fixa de valores de referência (idêntico ao conceito de UVF proposto por Mertens em 1986, em vez de ser apenas uma resposta biológica (minutos de mastigação/kg de MS) que varia com as condições sobre as quais foram feitas as medidas. O peFDN fornece uma medida mais consistente da fibra efetiva que a atividade mastigatória, porque está baseado em duas propriedades fundamentais dos alimentos: fibra e tamanho de partícula, e independência de fatores animais. O conceito de eFDN pode representar todas as características do alimento que ajudam a manter a síntese de gordura do leite.

Embora baixa porcentagem de gordura de leite seja um indicador de dietas inadequadas, podem ser observado laminite em rebanhos, sem depressão de gordura do leite que sugere que a depressão na gordura do leite não seja o melhor indicador de função ruminal ou saúde animal. Assim, eFDN pode ser um indicador menos sensível que peFDN da efetividade da fibra prevenindo depressão de consumo, acidose, laminite, ou deslocamento de abomaso em vacas leiteiras (HALL, 2001).

Para MERTENS (2001) uma redução no nível de fibra efetiva na dieta, resulta numa série de eventos que ocorrem em cascata: menor mastigação pelo animal, menor secreção de saliva "tamponante", maior produção de ácidos graxos voláteis, decréscimo no pH ruminal, mudança nas populações microbianas, redução na relação acetato:propionato (A:P), depressão da gordura do leite e "desvio" de nutrientes para engorda. Dos métodos de determinação de fibra a FDN é a melhor medida do conteúdo de fibra total de um alimento, servindo como base para determinar fibra efetiva. MERTENS (2001) usou a atividade mastigatória para desenvolver os fatores de efetividade física que são necessários para calcular peFDN do FDN e compilando os dados de atividade de mastigação de 45 experimentos publicados. MERTENS et al.(1994) concluiu que duas variáveis (ingestão de FDN e forma física) eram as maiores características dos alimentos que afetam a atividade mastigatória. Assim, ingestão de FDN de cada fonte e forma física foram determinadas para cada uma das 274 combinações de vacas e tratamentos.

3.3. Digestibilidade da fibra

Tecnicamente, a digestibilidade pode ser descrita como a proporção da fibra ingerida que não é excretada nas fezes. A fibra por sua vez tem uma fração indigestível e outra potencialmente digestível. O processo de digestão: hidrólise de polissacarídeos e conversão dos monossacarídeos. Resultantes em AGV, gases da fermentação e calor.

Muitos fatores da dieta, tais como, FDN indigestível, interação com o limite do consumo e taxa de fermentação de carboidratos rapidamente fermentáveis, são importantes neste aspecto. A taxa na qual a FDN potencialmente disponível é fermentada é outro fator importantes que afeta a utilização da fibra (REIS and RODRIGUES, 1993).

A interferência dos carboidratos não estruturais (CNE) na digestão da fibra está ligada principalmente à aspectos como a redução do pH ruminal e um efeito negativo na digestão da fibra, que pode ser inibida pelos CNE ou pelos produtos de sua digestão (HOOVER, 1996).

3.4. Respostas fisiológicas da fibra

Analisando os efeitos fisiológicos da forma de digestão da fibra e a função do rumen é onde vamos encontrar as maiores variações, considerando que a forma física é afetada pelo método de coheita, ensilagem, extrusão, peletização, mistura ou qualquer outro método de processamento ao qual o alimento é submetido. A forma física está associada com a efetividade dos alimentos fibrosos em estimular a ruminação e a motilidade ruminal (HALL et al.,1999).

No caso dos concentrado, a forma física também vai influenciar a sua digestão. Por exemplo, com milho, o tamanho da partícula, o processamento, a hidratação, a integridade do pericarpo (acesso a matriz protéica) vão afetar sua digestibilidade. Os fatores físicos afetam as taxas de digestão ruminal, bom como as taxas de passagem, que ditam onde e em qual extensão os materiais vão ser digeridos. Os métodos correntes para estimativa de digestão *in vitro* ou *in vivo* estão ligados ao processamento dos alimentos, que em muito podem eliminar os efeitos da forma física. Métodos que avaliam os efeitos da forma física na taxa de digestão dos componentes dos alimentos são necessários (HALL, 2000).

Se menos forragem e fibra são incluídas na ração, o animal responde de uma maneira que diminui o pH ruminal e altera a fermentação ruminal. Quando a fibra é reduzida ao mínimo (<10%FDN) e existem mudanças abruptas na dieta (provenientes do manejo do animal ou respostas ao estresse) pode ocorrer uma acidose láctica aguda resultando em uma laminite e talvez até a morte. No entanto uma acidose sub-aguda prolongada está sempre relacionada à problemas de saúde incluindo abcessos no rúmen e no fígado e possibilidade de deslocamento de abomaso. Devido essas doenças serem raras, elas podem ser diagnosticadas facilmente utilizando-se de ações corretivas. As respostas digestivas e metabólicas dos bovinos associadas com um limite perto da acidose são muito mais difíceis de se detectar.

Como a fibra efetiva é reduzida na dieta, a cascata de eventos tipicamente ocorre. Menos fibra efetiva resulta em menos mastigação pelo animal.

Porque os animais secretam mais saliva quando mastigando do que descansando, menor mastigação resulta em menos salivação e efeito tamponante dentro do rúmen. Diminuição da salivação, combinada com maior produção de AGV, resulta no decréscimo ruminal de pH. Como o pH é alterado, a população microbiana muda. O produto final da fermentação troca do acetato para o propionato e a proporção acetato:propionato é reduzida. A redução desta proporção está associada com a depressão da gordura do leite e desvia os nutrientes para a engorda (LIRA et al., 2000).

Portanto a redução da produção da saliva pode ser um dos principais fatores na diminuição do pH ruminal, existem mudanças concomitantes na ração quando a fibra é reduzida que resultam no aumento de AGV. Em geral a proporção de PB, EE e cinzas é relativamente constante em rações para vacas de leite.

3.5. Consumo de fibra

O papel da fibra na regulação do consumo não tem sido bem aceito. Isto ocorre devido à falta de conhecimento da complexidade e interações de compensação que ocorrem ao se determinar o consumo de um determinado grupo de animais alimentados com uma dieta específica.

Se a densidade da dieta é alta energeticamente (baixa fibra) em relação às exigências do animal, o consumo será limitado pela demanda energética deste animal e o rúmen ficará repleto. Entretanto, parece bastante lógico que se a ração foi formulada para uma densidade energética baixa (alta fibra) relativa aos requerimentos do animal, o consumo será limitado pelo efeito de enchimento do alimento. Se a disponibilidade do alimento é limitada, nem o

enchimento, nem a demanda de energia seriam importantes para predizer o consumo (BACKES et al., 2000).

Outro ponto que merece ser considerado na previsão do consumo é que o enfoque utilizado para desenvolver um sistema depende das informações conhecidas e das razões para a predição deste consumo. /estas podem ser: Para formulação de rações, ou para predição do desempenho, ou então, para estimativa de demanda de alimentos ou exigências. Portanto, considerando que os animais obedecem às leis de conservação de massa e energia, a predição de consumo no terceiro caso torna-se relativamente fácil porque tanto a dieta quanto a produção animal são, geralmente, conhecidas. Apesar da primeira alternativa de predição seja mais importante quando se trata de nutrição aplicada, a maioria das pesquisas que envolvem predição de consumo se baseia em condições associadas com o segundo objetivo (BRIGSTOCK & WILSON, 1987).

O uso de equações ou sistemas para predizer consumo baseado em dados obtidos em dietas "quase" excelentes não é o adequado para o uso em formulações que realmente são excelentes.

Existem muitos tipos de fibras na maioria das forragens. A Lignina, que é indigestível, está inversamente relacionada com a digestibilidade, mas não há uma relação consistente dela com o consumo voluntário (FORBES, 1995).

VAN SOEST (1968) foi o pioneiro no fracionamento das forragens, medidas através do método de FDN para a predição do preenchimento físico criado pelo alimento no rúmen. Para uma grande variedade de forrageiras, incluindo muitas espécies tropicais, foi encontrado grande semelhança no consumo constante de FDN, através da fórmula:

$$I = 110 - 1716 / (100 - CWC)$$

Onde, **I** é o consumo voluntário (g MS/kg PV^{0,75}), **CWC** é o constituinte da parede celular (%). Em bovinos a redução da digestibilidade pela inclusão de mais de 30% de palha na composição do alimento para crescimento pode ser compensado por um aumento no consumo, mas não é sempre suficiente para manter a mesma taxa de crescimento (FORBES, 1995).

3.6. Fontes de fibra

As fibras para alimentação de ruminantes podem ser provenientes tanto de fibras de forragens, que são ao mais comumente identificadas e por fibras não provenientes de forragens, que são menos populares e vêm sido mais conhecidas nos últimos anos.

Fontes de fontes de fibras não forragens (FNF) têm sido usadas como alternativa de alimentação em muitas operações com base no seu preço e disponibilidade. Tradicionalmente as FNF têm sido usadas como fontes de concentrado porque muitas possuem uma alta energia e moderadas concentrações de Proteína Bruta (PB). No entanto, em situações nas quais fontes tradicionais de forragem tem sido em supridas em pequenas quantidades, devido a seca ou disponibilidade, FNF têm sido usadas com sucesso para suprir as necessidades de forragem (LINN et al., 1997).

4. Efeitos no consumo

Alimentos com alta fibra tipicamente diminuem o consumo de matéria seca, pois são de baixa digestibilidade. Esta pode ser uma consequência do material indigestível, que pode estar tomando lugar na capacidade física do rumen. O alimento ingerido deve ser removido do rumen via fermentação ou passagem para dar espaço a entrada de consumo, o adicional (MERTENS et al., 1994).

No entanto algumas fibras não forragens, como o caroço de algodão (CAL), por exemplo, não afetam o consumo da mesma forma que outras fontes de alta fibra relativamente indigestíveis. O consumo tende a aumentar com a adição do CAL na dieta de bovinos de leite (MORALES et al, 1989) e novilhos (MOORE et al., 1990). O consumo aumenta com o nível de CAL da dieta, no entanto o aumento entre os estudos não são uniformes. As mudanças relativas no consumo de matéria seca são afetados da mesma forma pelo peso vivo do animal, interações entre alimento e dietas, o consumo aumenta curvilineamente quando o Cal é substituído por silagem de sorgo em dietas de vacas holandesas ($p= 0,0001$), de acordo com Akinyode and Hall, ainda não publicado).

MERTENS et al. (1994) sugere que a recomendação máxima de consumo de FDN sem que haja redução no rendimento do leite em bovinos é de aproximadamente 1,2% do peso vivo por dia. Isto é estimado para proporcionar suplementação adequada de concentrado e prevenir problemas ruminais provenientes de consumo limitante. Quando a maioria do FDN da dieta vem da forragem estes números são razoáveis. No entanto, o fornecimento do CAL aumenta o consumo voluntário de FDN bem como a percentagem do peso vivo para 1,4-1,5 % (MORALES et al., 1989).

5.Efeitos na digestibilidade

Muitas FNF têm altas proporções de digestão de FDN e devem Ter taxas de digestão semelhante ou mais lento do que os de FDN da forragem. Taxas de FDN variam consideravelmente entre e com as fontes dos subprodutos. A cinética da digestão também varia devido a técnica usada (*in vitro*, *in situ*) e de acordo com a alta quantidade de concentrado da dieta. Baseado em dados de taxa de passagem e medidas de gravidade específica, taxas de passagem de fibras não forragens do rumen, em vacas de alta produção, parecem ser mais rápidas do que dessas forragens (MERTENS, 2001).

Considerações finais

Não só os carboidratos estruturais, mas os carboidratos em geral são importantes componentes das dietas de ruminantes e estão presentes em todas as forrageiras em níveis acima de 65%. O conhecimento de suas frações permite o entendimento de suas características e importância no balanceamento de dietas, na avaliação da qualidade dos alimentos e em estimativas de seu valor nutricional.

Quando falamos em fibra inevitavelmente estaremos atrelados aos métodos laboratoriais disponíveis para a sua análise, portanto sempre estaremos associando as determinações aos níveis de FDN, já que esta fração é a que apresenta maior correlação nutricional com o tipo de fibra a ser empregado na formulação de dietas para ruminantes.

No entanto percebe-se uma necessidade de uniformização de metodologias de FDN para possibilitar o emprego da mesma a nível de campo, sendo indispensável então, que ocorram mudanças na rotulagem das matérias primas e rações destinadas à alimentação de ruminantes, substituindo a antiga Fibra Bruta pela FDN. Por outro lado, apesar de úteis, as recomendações para FDN atuais devem ser aperfeiçoadas, ajustadas pela efetividade da fibra em manter a atividade de mastigação, o pH ruminal e a quantidade de gordura do leite, por exemplo.

A continuidade das pesquisas neste aspecto é de grande importância para a identificação de outras características químicas e físicas dos alimentos que influenciam na sua efetividade em manter a ótima função ruminal e saúde animal.

Referências bibliográficas

- A.O.A.C. (Association of Official Agricultural Chemists). **Official Methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15.ed. Washington, 1990. v.2.
- ARMENTANO, L., PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. In: SYMPOSIUM: Meeting the fiber requirements of dairy cows. **J Dairy Sci.**, 80:1416 – 1425, 1997.
- BACKES, A.A.; SANCHEZ, L.M.B.; GONCALVES, M.B.F.; VELHO, J.P. Determinação das frações de proteína e carboidratos de alguns alimentos conforme método de CNCPS. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p.913-915.
- BRIGSTOCK, T.D.A., WILSON, P.N. **Avances en la alimentación del vacuno y ovino**. 1987. 272p.
- DAVID, F.M. **Composição Bromatológica e degradabilidade, através da técnica de produção de gás, de quatro gramíneas tropicais submetidas a cortes em diferentes idades**. Lavras:UFLA, 2001. 89p. (Dissertação de Mestrado).
- FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Chap. 10. CAB internacional, 1995.
- FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSEL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, Champagn, v.70, n.11, p.3578-3596, Nov. 1992.
- HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis, a laboratory manual**. University of Florida. (Extension Bulletin, 339), April, 2000.
- HALL, M.B., HOOVER, W.H.; JENNINGS, J.P., MILLER, T.K.; WEBSTER. A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. **Journal Science Food Agriculture**, v.79, p.2079, 1999.
- HALL, M.B.; Recent advances in non-ndf carbohydrates for the nutrition of lactating cows, In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras:UFLA-FAEPE, 2001. p.139-148.
- HOOVER, W., MILLER, T. **Feeding for maximum rumen function**. Mid-South Ruminant Nutrition Conference Proceedings, Ed. Eller R. Jordan. P. 33-46, 1996.
- JUNG, H.J. Analysis of forage fiber and cell walls in ruminant nutrition. **Am Soc.for Nutr. Sci.**, 810,1997.
- LINN, J. AND KUEHN, C. The effects of forage quality on performance and cost of feeding lactating dairy cows. WESTERN CANADIAN DAIRY SEMINAR, Alberta, Canada, 1997.
- LIRA, V.M.; PEREIRA, J.C.; VIEIRA, M.R.A.; CECON, P.R.; OLIVEIRA, E.C. de; AMARAL, A.M. do; SILVA, I.M. da; MAGIEIRO, D. Cinética da degradação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro do capim brachiaria na estação seca e chuvosa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p.358.
- MERTENS, D.R. Physical effective NDF and its use in formulating dairy rations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras:UFLA-FAEPE, 2001. p.25-36.
- MERTENS, D.R., BRODERICK, G.A.; SIMONS, R. Efficacy of carbohydrate sources for improving utilization of N in alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, v. 77(Suppl. 1), p.240 (Abstr.).1994.
- MOORE, J.A., POORE, M.H., SWINGLE, R.S. Influence of roughage source on kinetics of digestion and passage, and on calculated extent of ruminal digestion in beef steers fed 65% concentrate diets. **J. Anim. Sci.** 68:3412-3420, 1990.
- MORALES, J.L., VAN HORN, H.H., MOORE, J.E. Dietary interaction of cane molasses with source or roughage: intake and lactation effects. **J. Dairy Sci.** 72:2331-2338, 1989.
- PROSKY, L., ASP, N.G., FURDA, I.A. et al. Determination of total dietary fiber in foods, food products and total diets: interlaboratory study. **J. Assoc. Anal. Chem.**, 67, 1044, 1984.

- RALPH, J. Cell Wall cross-linking in grasses: the importance of understanding plant chemistry and biochemistry. In: INTERNATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, US DAIRY RESEARCH CENTER, 1996.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal, 1993, 26 p.
- REIS, S.T. **Valor nutricional de gramíneas tropicais em diferentes idades de corte**. Lavras:UFLA, 2000. 99p. (Dissertação de Mestrado).
- VALADARES, R.F.D., GONÇALVES, L.C., SAMPAIO, I.B. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 2. Consumo, digestibilidades e balanços de compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1259-1263, 1997.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n.12, p. 2686 – 2696, 1999.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Comstock Publ. Assoc. Ithaca, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B; LEWIS, B.A Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber , and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10 . p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Determination of lignina and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of Association of Agricultural Chemistry**, Washington, v.51, p.780-85, 1968.
- VITTORI, A; SILVA, J.F.C.; VASQUEZ, H.M.; MORENZ, M.J.F.; AROEIRA, L.J.M.; GAMA, R.V.F. Frações de carboidratos de gramíneas tropicais em diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa:SBZ, 2000. p.569-571.
- WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, **Proceedings...**, Ithaca: Cornell University, 1999. p. 176-185.



REDVET® [Revista Electrónica de Veterinaria](http://www.veterinaria.org) (ISSN nº 1695-7504) es medio oficial de comunicación científico, técnico y profesional de la Comunidad Virtual Veterinaria, se edita en Internet ininterrumpidamente desde 1996. Es una revista científica veterinaria referenciada, arbitrada, online, mensual y con acceso a los artículos íntegros. Publica trabajos científicos, de investigación, de revisión, tesis, tesis doctorales, casos clínicos, artículos divulgativos, de opinión, técnicos u otros de cualquier especialidad en el campo de las **Ciencias Veterinarias** o relacionadas a nivel internacional.

Se puede acceder vía web a través del portal [Veterinaria.org®](http://www.veterinaria.org). <http://www.veterinaria.org> o en desde **RECVET®** <http://www.veterinaria.org/revistas/recvet> -<http://www.redvet.es>

Se dispone de la posibilidad de recibir el Sumario de cada número por [correo electrónico](mailto:redvet@veterinaria.org) solicitándolo a redvet@veterinaria.org

Si deseas postular tu artículo para ser publicado en **REDVET®** contacta con redvet@veterinaria.org después de leer las Normas de Publicación en <http://www.veterinaria.org/normas.html>

Se autoriza la difusión y reenvío de esta publicación electrónica siempre que se cite la fuente, enlace con [Veterinaria.org®](http://www.veterinaria.org). <http://www.veterinaria.org> y **REDVET®** <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> - <http://www.redvet.es>

Veterinaria Organización S.L.® - (Copyright) 1996-2007 - E_mail: info@veterinaria.org