

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Doi: <<https://doi.org/10.31533/pubvet.v2n26e267>>.

Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes¹

Mariana Oliveira Martins², Roseli Aparecida dos Santos³

¹Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte dos requisitos exigidos para conclusão do Curso

²Discente do Curso de Graduação em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

³Prof^a. Dr^a. Orientadora. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

RESUMO

O fracionamento dos carboidratos presentes nas dietas, tem como objetivo, mostrar as diferenças nos processos digestório e fermentativo, além dos efeitos no desempenho animal. Mudanças metodológicas de análises são a chave para designar a importância das frações dos carboidratos, classificando os mesmos a partir de suas características nutricionais, e selecionando os melhores métodos analíticos que possam descrever as desejadas frações. Em decorrência da pouca informação a respeito das características da digestão de vários carboidratos e suas interações com outras frações presentes nas

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

dietas, significa que as metodologias ainda não estão perfeitamente padronizadas. Baseado nas quantidades presentes nas dietas e nos efeitos sobre o desempenho animal, os importantes tipos podem ser medidos (açúcares, amido, frutanas, fibra solúvel e insolúvel). É essencial selecionar métodos que permitam a caracterização adequada dos carboidratos, para que os mesmos sejam incluídos com exatidão nas dietas e que possam atender às exigências energéticas dos animais ruminantes.

Palavras-chave: métodos analíticos; fibra; CNCPS.

ABSTRACT

The partitioning of the carbohydrates present in the diets, has as objective nutritional, to show the differences in the scope of the digestion and fermentation process, beyond the effect in the animal performance. Methodological changes of analyses are the key to assign to the importance of the fractions of the carbohydrates, classifying the same ones from its nutritional characteristics, and selecting the best analytical methods that can describe the desired fractions. In result of the little information regarding the characteristics of the digestion of some carbohydrates and its interactions with other fractions present in the diets, it means that the methods not yet perfectly are stabilized. Based in the importance of carbohydrates in the diets and the effect in the animal performance, the important types must be measured (sugars, starch, fructans, soluble and insoluble fiber). It is essential to select methods that allow the adequate characterization of the carbohydrates, so that the same ones are enclosed with exactness in the diets and that they can attend the energy requirements of the animal ruminants.

Key-words: analytical methods; fiber; CNCPS.

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E
MUCURI
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CARACTERIZAÇÃO DE CARBOIDRATOS PARA A PRODUÇÃO DE
RUMINANTES**

Marina Oliveira Martins

DIAMANTINA
2007

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E
MUCURI
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CARACTERIZAÇÃO DE CARBOIDRATOS PARA A PRODUÇÃO DE
RUMINANTES**

Marina Oliveira Martins

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Roseli Aparecida dos Santos

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Zootecnia, como parte dos requisitos exigidos para conclusão do Curso.

DIAMANTINA
2007

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

CARACTERIZAÇÃO DE CARBOIDRATOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES

Marina Oliveira Martins

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Zootecnia, como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do Curso.

APROVADA em 19/11/2007.

Prof. Dr. Idalmo Garcia Pereira – UFVJM

Prof^a. Dr^a. Iraides Ferreira Furusho Garcia – UFVJM

Prof^a. Dr^a. Roseli Aparecida dos Santos - UFVJM

DIAMANTINA
2007

AGRADECIMENTO

Nesta conquista levo recordações eternas e muitos agradecimentos. Primeiro à Deus pela proteção. Aos meus pais, que realizaram meus sonhos antes dos seus e me apoiaram incondicionalmente. Aos meus amados irmãos e à Luly pela companhia. À vovó Virgínia, tia Maria e vovô Waldir pelo “empurrãozinho” lá de cima. Familiares e SEMPRE AMIGOS, por entenderem meus momentos de ausência. Ricardo, Lú, Rafild’s, Felipão, Chrys, Ví, Michelito, Cíntia, Vanessild’s, Lana, Dinho e Márcio por estarem presentes em minha vida. Amo vocês! À Prof^a Roseli por Ter me orientado, aos professores Idalmo, Iraides e Severino por terem aceitado fazer parte da banca examinadora, e à prof^a Karina pela imensa ajuda. A todos que indiretamente participaram deste trabalho de conclusão de curso, minha sincera gratidão.

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, meus pais, familiares, professores e aos verdadeiros amigos.

“Ando devagar porque já tive pressa, e levo este sorriso porque já chorei demais...”
(Almir Sater)

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE SIGLAS.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	02
2.1 Caracterização e degradação de carboidratos.....	02
2.2 Caracterização dos Sistemas de Weende e Van Soest.....	08
2.3 Caracterização do Sistema de Cornell.....	11
2.4 Resultados de pesquisas.....	13
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

RESUMO

Martins, M.O. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) Faculdade de Ciências Agrárias. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2007.

O fracionamento dos carboidratos presentes nas dietas, tem como objetivo, mostrar as diferenças nos processos digestório e fermentativo, além dos efeitos no desempenho animal. Mudanças metodológicas de análises são a chave para designar a importância das frações dos carboidratos, classificando os mesmos a partir de suas características nutricionais, e selecionando os melhores métodos analíticos que possam descrever as desejadas frações. Em decorrência da pouca informação a respeito das características da digestão de vários carboidratos e suas interações com outras frações presentes nas dietas, significa que as metodologias ainda não estão perfeitamente padronizadas. Baseado nas quantidades presentes nas dietas e nos efeitos sobre o desempenho animal, os importantes tipos podem ser medidos (açúcares, amido, frutanas, fibra solúvel e insolúvel). É essencial selecionar métodos que permitam a caracterização adequada dos carboidratos, para que os mesmos sejam incluídos com exatidão nas dietas e que possam atender às exigências energéticas dos animais ruminantes.

Palavras-chave: métodos analíticos; fibra; CNCPS.

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

ABSTRACT

Martins, M.O. Characterization of the carbohydrates in the production of ruminants. 2007. Work of Conclusion of Course (Graduation in Animal Science). College of Agrarian Sciences, Federal University of the Valleys of Jequitinhonha and Mucuri, Diamantina, 2007.

The partitioning of the carbohydrates present in the diets, has as objective nutritional, to show the differences in the scope of the digestion and fermentation process, beyond the effect in the animal performance. Methodological changes of analyses are the key to assign to the importance of the fractions of the carbohydrates, classifying the same ones from its nutritional characteristics, and selecting the best analytical methods that can describe the desired fractions. In result of the little information regarding the characteristics of the digestion of some carbohydrates and its interactions with other fractions present in the diets, it means that the methods not yet perfectly are stabilized. Based in the importance of carbohydrates in the diets and the effect in the animal performance, the important types must be measured (sugars, starch, fructans, soluble and insoluble fiber). It is essential to select methods that allow the adequate characterization of the carbohydrates, so that the same ones are enclosed with exactness in the diets and that they can attend the energy requirements of the animal ruminants.

Key-words: analytical methods; fiber; CNCPS.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização dos carboidratos estruturais (parede celular) e não estruturais (lamela média e conteúdo celular) nas células vegetais.....03

FIGURA 2 - Modelo do arranjo das principais estruturas moleculares presentes na parede das células vegetais.....05

FIGURA 3 - Esquema geral da degradação dos carboidratos pelas bactérias ruminais.....06

FIGURA 4 - Características de fermentação de carboidratos solúveis em detergente neutro.....07

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Concentração (% na MS) dos principais carboidratos presentes em espécies de plantas forrageiras.....04
- TABELA 2 - Comparação entre o método de Van Soest e o de Weende na divisão da matéria orgânica de forrageiras.....10
- TABELA 3 - Frações dos carboidratos e lignina presentes em alguns alimentos utilizados em dietas para ruminantes.....12
- TABELA 4 - Carboidratos totais, carboidratos não fibrosos e frações dos carboidratos totais em A + B1, B2 e C de silagens dos híbridos de milho, sorgo e girassol.....14
- TABELA 5 - Teor de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (% da matéria seca - MS) de amostras de pastejo de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.). Médias de três níveis de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), ao longo de 10 ciclos de pastejos.....16
- TABELA 6 - Frações dos carboidratos observadas e estimadas para a cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte.....18
- TABELA 7 - Respostas esperadas na produção de leite e parâmetros ruminais, em função das mudanças nos teores de FDN e lignina das variedades de cana-de-açúcar20
- TABELA 8 - Composição bromatológica, fracionamento dos carboidratos e suas taxas de degradação das variedades de cana-de-açúcar (%MS).....21
- TABELA 9 - Valores médios obtidos com o fracionamento dos carboidratos nas amostras de extrusa.....22

LISTA DE SIGLAS

AGV- Ácidos graxos voláteis
CF- Carboidrato fibroso
CNCPS- The Cornell Net Carbohydrate and Protein System (Sistema Cornell de redes de carboidratos e proteínas)
CNE- Carboidrato não-estrutural
CNF- Carboidrato não-fibroso
CSDN- Carboidrato solúvel em detergente neutro
CT- Carboidratos totais
EE- Extrato etéreo
EM- Energia metabolizável
ENN- Extrato não-nitrogenado
FDA- Fibra em detergente ácido
FDN- Fibra em detergente neutro
MM- Matéria mineral
MS- Matéria seca
NDT- Nutrientes digestíveis totais
NRC- National Research Council (Conselho Nacional de Pesquisa)
PB- Proteína bruta
PM- Proteína metabolizável
PNA- Polissacarídeo não-amiláceos
PNE- Polissacarídeo não-estrutural
PNDR- Proteína não degradada no rúmen
TGI- Trato gastrointestinal

1 INTRODUÇÃO

O avanço do conhecimento na nutrição de ruminantes, especialmente na última década, abriu espaço para que novos sistemas e metodologias de avaliação de alimentos sejam utilizados, a fim de maximizar o seu uso pelos animais.

Atualmente, as principais tabelas de exigências nutricionais para bovinos (NRC - National Research Council, 1996 e 2001) têm como base, o Sistema Cornell (CNCPS - Cornell Net Carbohydrate and Protein System) para caracterização dos seus alimentos. Esse sistema permite interpretações mecánísticas (por meio de equações) da função fisiológica, simulando de forma prática e confiável, a digestão e metabolização dos alimentos, gerando informações que podem ser utilizadas para estimar o valor nutricional, o consumo e o desempenho animal (FOX et al., 1992; RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992).

A presente revisão tem como objetivo caracterizar os sistemas de avaliação de carboidratos em alimentos para ruminantes, que darão suporte à formulação de rações, os quais exigem que os mesmos sejam fracionados, no sentido de melhor utilizá-los.

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO E DEGRADAÇÃO DE CARBOIDRATOS

Os carboidratos são a principal fonte de energia na dieta dos animais e incluem uma grande variedade de compostos orgânicos, que possuem perfis de fermentação e digestão diferentes, atuando de maneira distinta no organismo animal. Estes compostos constituem cerca de 60 a 80% da matéria seca (MS) de forrageiras, sendo a principal fonte de energia para os seres vivos compreendidos nos primeiros níveis tróficos. Para os ruminantes, eles tornam-se disponíveis indiretamente na forma de ácidos graxos voláteis (AGV), pela ação microbiana nos compartimentos fermentativos e, diretamente, pela absorção de seus monômeros constituintes, nos intestinos desses animais (VAN SOEST, 1994).

Os monossacarídeos são os carboidratos mais simples, representados pela glicose e frutose; os oligossacarídeos correspondem aos carboidratos de cadeia curta (até 10 moléculas de monossacarídeos), cujo principal representante é a sacarose e a celobiose (duas moléculas de glicose unidas por ligações do tipo β -1,4); e os polissacarídeos incluem carboidratos com cadeias superiores, representados pelo amido e pelos polissacarídeos não-amiláceos (PNA = frutanas, pectina, celulose e hemicelulose). O amido é facilmente fermentável e freqüentemente usado em dietas para monogástricos e na suplementação de ruminantes. No entanto, o fornecimento desse polissacarídeo em excesso pode acarretar distúrbios nutricionais nos ruminantes, como a acidose ruminal (LIMA et al., 2006).

Em termos nutricionais, os carboidratos podem ser classificados como carboidratos não-estruturais (CNE) e estruturais (CE). Os primeiros são representados pelos açúcares solúveis e pelo amido, os quais são completamente disponíveis no trato gastrointestinal (TGI). Já os CE, são representados pela pectina, celulose e hemicelulose, juntamente com a lignina (FERNANDES et al., 2001). Os CNE apresentam disponibilidade constante entre os alimentos (cerca de 98%); entretanto, os CE apresentam disponibilidade muito variável entre e dentre os alimentos, representando a fração que mais afeta a disponibilidade de energia dos alimentos para ruminantes (VAN SOEST, 1994).

Na Figura 1 é mostrada de forma esquemática, a localização dos carboidratos estruturais e não-estruturais nas células vegetais.

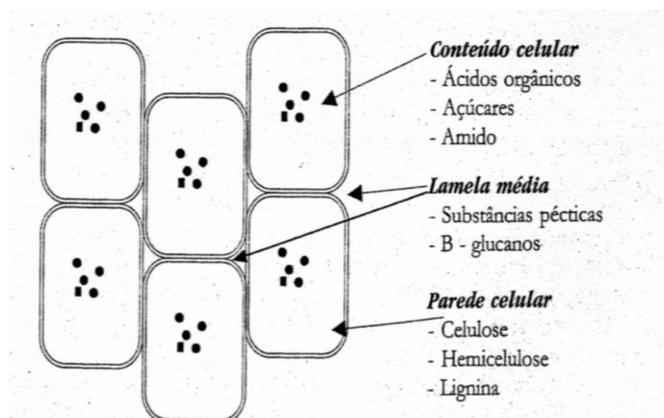


Figura 1: Localização dos carboidratos estruturais (parede celular) e não estruturais (lamela média e conteúdo celular) nas células vegetais. Fonte: Berchielli et al. (2006).

Conforme pode ser observado na Tabela 1, a maior parte da energia normalmente consumida pelos ruminantes é derivada de polissacarídeos presentes na parede das células vegetais (carboidratos estruturais) ou de polissacarídeos de reserva (carboidratos não-estruturais, principalmente amido presente nos grãos de cereais).

Tabela 1 – Concentração (% na MS) dos principais carboidratos presentes em espécies de plantas forrageiras

Tipo de carboidrato	Leguminosas temperadas	Gramíneas temperadas	Gramíneas tropicais
<i>Carboidratos não-estruturais</i>			
Açúcares solúveis	2 – 5	3 – 6	1 – 5
Amido	1 – 11	0 – 2	1 – 5
Frutanas	-	3 – 10	-
<i>Carboidratos estruturais</i>			
Celulose	20 – 35	15 – 45	22 – 40
Hemicelulose	4 – 17	12 – 27	25 – 40
Pectina	4 – 12	1 – 2	1 – 2

Fonte: Kozloski (2002).

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

Na Figura 2, é apresentado um modelo geral do arranjo das diferentes estruturas moleculares na parede de células vegetais, em que os polímeros de celulose estão organizados paralelamente, interagindo entre si através de pontes de hidrogênio, constituindo, desta forma, camadas de cobertura da célula vegetal, relativamente resistentes. Entre estas camadas de celulose estão presentes outros e variados polissacarídeos (principalmente hemicelulose e pectina) e compostos fenólicos (principalmente lignina), que interagem e arranjam-se entre si de maneira relativamente complexa.

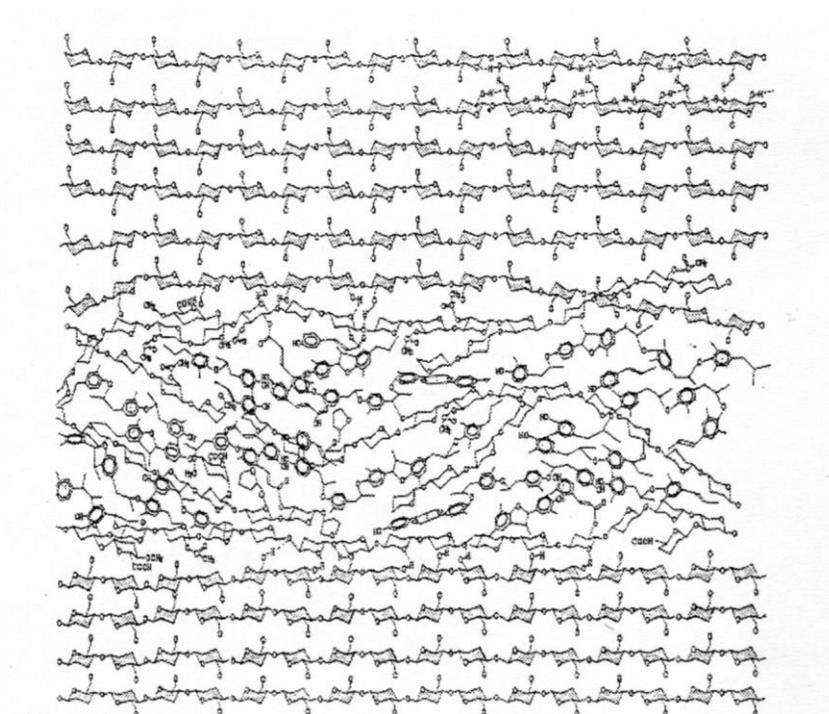


Figura 2: Modelo do arranjo das principais estruturas moleculares presentes na parede das células vegetais. Fonte: Kozloski (2002).

No rúmen, os polissacarídeos são degradados por sistemas enzimáticos associados à membrana das bactérias, provavelmente, como glicoproteínas. Uma sequência da degradação dos carboidratos no rúmen é apresentada na Figura 3.

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

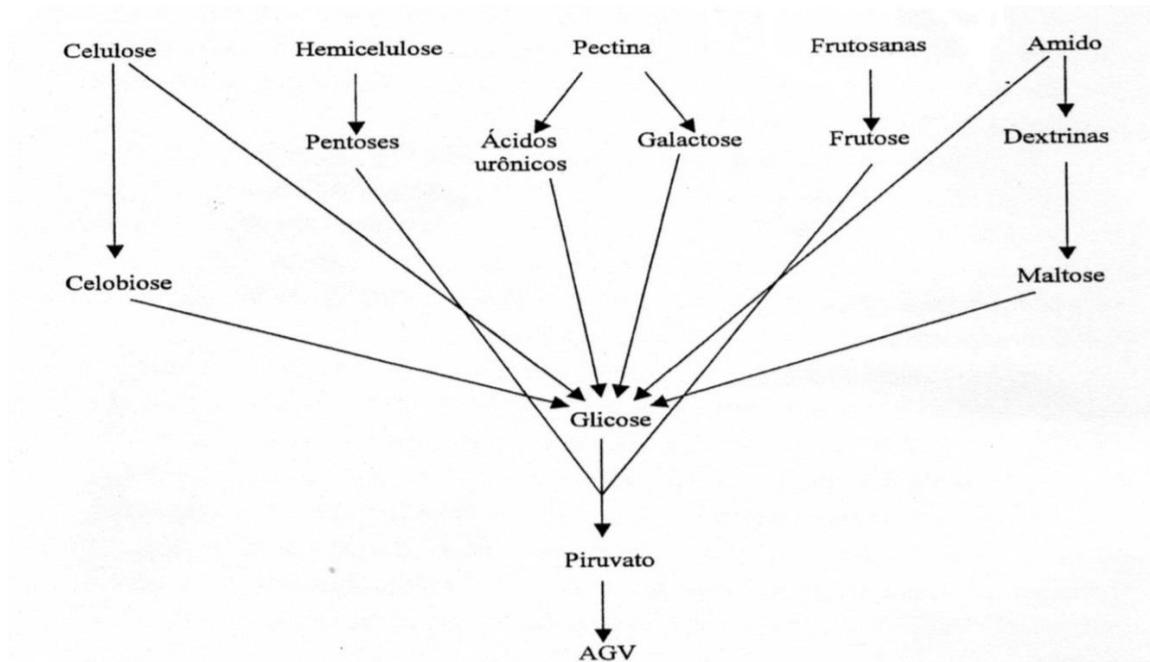


Figura 3: Esquema geral da degradação dos carboidratos pelas bactérias ruminais

AGV = Ácidos graxos voláteis

Fonte: Berchielli et al. (2006).

A degradação de todos os carboidratos origina um produto final comum: o piruvato, que é o precursor dos AGV'S.

O método de determinação da qualidade das forrageiras proposto por Van Soest (1965) que será abordado no item 2.2, é baseado na separação das diversas frações constituintes das forrageiras, por meio de reagentes específicos, denominados detergentes. Os carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN) também diferem em suas características de fermentação (Figura 4) (VAN SOEST, 1967 citado por HALL, 2001). As taxas de fermentação típicas são: ácidos orgânicos (0-2%/h); açúcares (80-350%/h); amido (4-30%/h) e fibra solúvel (20-40%/h, exceto casca de soja, uma fibra solúvel em detergente neutro (FSDN), cuja taxa de fermentação é 4%/h).

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

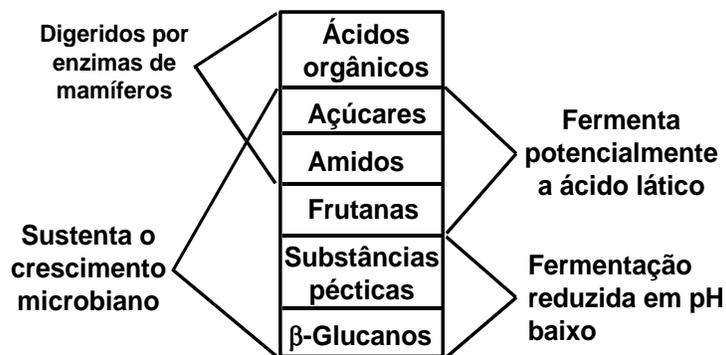


Figura 4: Características de fermentação de carboidratos solúveis em detergente neutro
 Fonte: Hall (2001).

Tem sido observada uma produção de células microbianas semelhante entre sacarose, amido e pectina, fermentados em um pH relativamente neutro, mas a produção microbiana a partir da pectina é diminuída em pH baixo (HALL, 2001). Não importa a fonte de carboidrato, seu efeito no pH ruminal será provavelmente, mais intimamente relacionado à sua taxa de fermentação e taxa de produção de ácidos orgânicos (HALL, 2001). Baseado nestas características de digestão e fermentação, os CSDN podem ser fracionados da seguinte maneira:

CARACTERÍSTICAS	COMPONENTES	FRAÇÕES
Não comporta crescimento microbiano grande.	Ácidos orgânicos (alimentos fermentados)	Ácidos orgânicos
Digerido por enzimas de mamíferos; Rapidamente fermentado; Pode fermentar em pH baixo; Baixo peso molecular.	Mono e oligossacarídeos	Açúcares
Digerido por enzimas de mamíferos; Taxa de fermentação variável; Pode fermentar em pH baixo; Polissacarídeo.	Amido	Amido
Digeridas somente por microrganismos; Polissacarídeos	Substâncias beta-glucanas Frutosanas	Fibra solúvel em detergente neutro (FSDN)

Fonte: Hall (2001).

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE WEENDE E VAN SOEST

A tradicional análise de alimentos, que vem sendo aplicada nos laboratórios de nutrição animal, também denominada análise aproximativa de Weende, parece não satisfazer mais aos pesquisadores, que procuram conhecer mais e melhor cada um dos nutrientes contidos nos alimentos.

O esquema de análise proposto por Weende, apesar de fornecer uma idéia de valor nutritivo do alimento, é falho em vários aspectos bem conhecidos pelos que estão familiarizados com este esquema: a análise de fibra bruta, além do empirismo de sua técnica, é composta de celulose e parte da lignina insolúvel. O extrato não-nitrogenado (ENN), calculado por diferença, fica sujeito a erros que, normalmente, são cometidos nas demais análises e, conseqüentemente, não representa muito bem a fração de carboidratos solúveis ou digestíveis .

Um novo método de análise para avaliar a qualidade de forrageiras foi recentemente proposto por Van Soest, o qual permite melhor fracionamento dos diversos componentes da fração fibrosa. Este método é baseado na separação das diversas frações constituintes das forragens, por meio de detergentes. Por meio deste, é possível separar o conteúdo celular (parte da forragem solúvel em detergente neutro), formado, principalmente, de proteínas, gorduras, carboidratos solúveis, pectina e outros constituintes solúveis em água da parede celular (parte da forragem insolúvel em detergente neutro), também chamada de fibra em detergente neutro (FDN), que é constituída, basicamente, de celulose, hemicelulose, lignina e proteína danificada pelo calor e proteína da parede celular e minerais (cinzas).

Dando continuidade ao seu fracionamento, Van Soest propôs um detergente ácido específico, a fim de solubilizar o conteúdo celular, a hemicelulose e os minerais solúveis, além da maior parte da proteína insolúvel, obtendo-se um resíduo insolúvel em detergente ácido, denominado fibra em detergente ácido (FDA), constituída, em sua quase totalidade, de celulose e lignina (lignocelulose), de proteína danificada pelo calor e parte da proteína da parede celular e de minerais (cinzas). Finalmente, por intermédio de reagentes como o ácido sulfúrico (H_2SO_4 72%), ou pelo método do permanganato de potássio ($KMnO_4$), a lignina é solubilizada, completando-se, deste modo, o fracionamento dos constituintes da parede celular. A celulose será conhecida, por diferença de pesagens, antes e depois de se levar os cadinhos à mufla, para queima da matéria orgânica (SILVA & QUEIROZ, 2002).

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

O método de Van Soest para determinação da qualidade da forragem apresenta vantagens em relação a outros, em virtude de sua maior precisão, além de fornecer informações sobre importantes componentes: FDA, celulose, lignina, cinza, sílica, dentre outros.

Comparação entre o método clássico de Weende e o sistema proposto por Van Soest numa análise da matéria orgânica de forragens é mostrada na Tabela 2. A determinação da FDN, FDA e seus componentes (celulose, cutina, lignina e resíduo mineral) pode ser realizada através da análise em paralelo (determinação da FDN e FDA e seus componentes em amostras separadas) ou seqüencial (determinação da FDN e FDA e seus componentes em uma só amostra).

Tabela 2 – Comparação entre o método de Van Soest e o de Weende na divisão da matéria orgânica de forrageiras

VAN SOEST	Componentes da forragem			WEENDE
	Nitrogenados		Não-nitrogenados	
↑ CONTEÚDO CELULAR (solúvel em detergente neutro) ↓	Proteína solúvel		Gorduras	Extrato etéreo
	Nitrogênio não-protéico		Solúveis em água Amido Pectina	↑
↑ PAREDE CELULAR (fibra em detergente neutro) ↓	Solúvel Detergente ácido	Proteína insolúvel	HEMICELULOSE	Extrato não-nitrogenado
	LIGNOCELULOSE (fibra em detergente ácido)	Nitrogênio lignificado	LIGNINA (solúvel em álcali)	↓
	↓		LIGNINA (insolúvel)	↑
			CELULOSE	↓
				Fibra bruta

Fonte: Van Soest e Moore (1966).

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE CORNELL (CNCPS)

No The Cornell Net Carbohydrates and Proteins System (CNCPS), os carboidratos são classificados nas frações A, B1, B2 e C. A fração A corresponde aos carboidratos solúveis em água, representados principalmente pela glicose e sacarose, que são rapidamente fermentados pelas bactérias ruminais que utilizam os carboidratos não-fibrosos (CNF). O CNCPS ainda classifica a população microbiana em bactérias que fermentam CNF, as quais utilizam amônia, aminoácidos e peptídeos como fonte de compostos nitrogenados (N), e as bactérias que fermentam os carboidratos fibrosos (CF), cujo requisito em nitrogênio é principalmente atendido pela amônia. Os carboidratos totais, em conformidade com suas taxas de degradação são classificados em: fração A (açúcares solúveis), que é prontamente fermentada no rúmen; fração B1 (amido e pectina), que apresenta taxa intermediária de degradação; fração B2 (celulose e hemicelulose), correspondendo à fração lenta e potencialmente digerível da parede celular; e fração C, representada pela porção indigerível ao longo do trato gastrointestinal (FOX et al., 1992; RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992).

Os sistemas atuais de adequação de dietas para ruminantes necessitam de informações sobre o alimento, no que diz respeito às suas frações de carboidratos, bem como de suas taxas de digestão, para que se possa estimar com maior exatidão, o desempenho dos animais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes (FOX et al., 1992; RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992;).

De acordo com o CNCPS, os alimentos são subdivididos em decorrência de suas características químicas, físicas, de degradação ruminal e digestibilidade pós-rúmen, visando minimizar as perdas de nutrientes, maximizando a eficiência de crescimento microbiano, através da sincronização da degradação de carboidratos e proteínas, para que ocorra o máximo desempenho teórico dos microrganismos, a fim de reduzir as perdas no rúmen, e também estimar o escape de nutrientes. Na Tabela 3 são mostradas as principais frações dos carboidratos e lignina, presentes nos principais alimentos utilizados em dietas para ruminantes no Brasil.

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

Tabela 3 – Frações dos carboidratos e lignina presentes em alguns alimentos utilizados em dietas para ruminantes

Alimentos	FDN (% MS)	Lignina (% FDN)	PNE (% MS)	Amido (% CNE)
Grão de milho seco	9,0	11,0	2,0	90,0
Farelo de trigo	16,0	6,3	2,0	90,0
Farelo de glúten de milho	14,0	7,1		100,0
Farelo de soja	14,0	3,0	29,0	0
Farelo de girassol	40,0	30,0		0
Uréia	0	0		0
Silagem de milho - 35% grão	46,0	8,7		100,0

MS = matéria seca, FDN = fibra em detergente neutro, PNE = polissacarídeos não-estruturais (galactinas, frutanas, beta-glucanos), CNE = carboidrato não-estrutural. Fonte: Adaptado de Sniffen et al. (1992).

2.4 RESULTADOS DE PESQUISAS

Nos sistemas de produção de carne e leite em confinamento, assim como na suplementação de pastagens durante períodos de escassez, a silagem é o principal volumoso utilizado. Dos materiais empregados para ensilagem, a planta de milho (*Zea mays*) é considerada padrão, com valor nutritivo tomado como referência. Entretanto, sua produção e qualidade são incertas de ano para ano, por ser muito influenciada pela disponibilidade de água no solo (NUSSIO, 1991). A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) para a produção de silagem, vem sendo ampliada nos últimos anos, apresentando produção de matéria seca mais elevada que o milho, especialmente em condições marginais de cultivo, como aquelas de regiões de solos com menor fertilidade e locais onde há estiagens longas e frequentes (MELLO & NÖRNBERG, 2004). Todavia, verifica-se que a silagem de milho, geralmente, possui melhor qualidade nutricional que a de sorgo, com diferenças entre híbridos. Recentemente, o girassol (*Helianthus annuus*), a exemplo do sorgo, apresenta-se como planta forrageira alternativa em locais de baixas precipitações, mas, praticamente, sem avaliação do seu valor nutricional, em comparação com as culturas de milho e sorgo.

MELLO & NÖRNBERG (2004) caracterizaram e quantificaram as frações dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol, com a finalidade de disponibilizar dados bromatológicos que possibilitem maximizar o aproveitamento desses alimentos e otimizar o desempenho animal. A silagem de

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

milho apresentou maior valor de CNF, ou seja, frações A+B1 (açúcares solúveis + amido e pectina) e de carboidratos totais (CT), enquanto a de sorgo apresentou maior valor de B2, em função da maior contribuição de colmo, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Carboidratos totais, carboidratos não fibrosos e frações dos carboidratos totais em A + B1, B2 e C de silagens dos híbridos de milho, sorgo e girassol

Cultura	Híbridos	CT ¹	CNF ¹	g kg ⁻¹		
				A+B ₁ ¹	B ₂ ¹	C ¹
Milho	DKB-215	861,03	351,57	339,37	414,05a	107,60
	DKB-344	856,90	400,67	390,30	344,67b	121,93
	Média	858,97 A ²	376,12A	364,84A	379,36B	114,77B
Sorgo	Âmbar	871,13	269,20	265,45	491,16	114,52
	AG-2005	872,63	268,77	259,39	485,07	128,12
	Média	871,88A	268,98B	262,42B	488,11A	121,35B
Girassol	Rumbosol	667,37a ³	272,03	271,10	232,91	163,36
	M-734	608,47b	220,37	219,32	207,40	181,77
	Média	637,92B	246,20B	245,21B	220,15C	172,57A
Média geral		789,59	297,10	290,82	362,54	136,23
CV (%)		2,38	13,45	15,07	10,55	16,78

¹. CT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não fibrosos; A+B₁ = açúcares solúveis mais amido e pectina; B₂ = celulose mais hemicelulose; C = lignina mais fibra associada à lignina.

². Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, dentro da coluna, diferem entre culturas (P<0,05) pelo teste de Tukey.

³. Médias seguidas por letras minúsculas distintas, dentro da coluna, diferem entre híbridos dentro da cultura (P<0,05) pelo teste de Tukey. Fonte: Adaptado de MELLO & NÖRNBERG (2004).

O valor nutricional de uma silagem depende, fundamentalmente, da cultivar utilizada, do estágio de maturação no momento do corte e da natureza do processo fermentativo, o que refletirá diretamente na composição química e, conseqüentemente, no desempenho animal. Da mesma forma, a qualidade da forragem está estreitamente relacionada com o consumo voluntário, sua digestibilidade e eficiência com que os nutrientes digeridos são utilizados pelo animal (MELLO & NÖRNBERG, 2004).

As silagens de girassol apresentam valores menores de CT, com frações menores de B₂ e, maiores de C, enquanto as frações de CNF e de A, mais B₁ são semelhantes às silagens de sorgo, mas inferiores às silagens de milho.

De acordo com LIMA et al. (2006), a boa repetibilidade das metodologias adotadas para o fracionamento dos carboidratos, considerando a estatística descritiva, permitiu a utilização das mesmas para melhor identificar os principais grupos de carboidratos que compõem os alimentos mais estudados, contribuindo para o melhor entendimento e aproveitamento energético dos mesmos, na alimentação animal.

Segundo CARVALHO et al. (2007), a baixa produção bovina nos trópicos pode ser atribuída, principalmente, à nutrição inadequada. Em decorrência dessa observação, os autores procuraram determinar

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

as frações que compõem os carboidratos de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier), emurcheado ou acrescido de diferentes níveis de farelo de cacau (7, 14, 21 e 28%) - concentrado protéico (*Theobroma cacao* L.). A fração A+B1 representa menos de 15% dos carboidratos da silagem de capim-elefante, contudo, valores superiores a 20% podem ser obtidos com adição de 14% de farelo de cacau na ensilagem. A utilização de farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante aumenta a proporção de carboidratos indigeríveis das silagens, entretanto, a fração B2 constitui importante fonte de energia.

BALSALOBRE et al. (2003) trabalharam com amostras de capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.), simulando o pastejo (10 ciclos de pastejo) irrigado, sob três resíduos pós-pastejo (baixo, médio e alto), coletadas ao longo de um ano e analisadas para a determinação da composição em carboidratos, e das frações dos mesmos (Tabela 5).

Tabela 5 – Teor de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (% da matéria seca - MS) de amostras de pastejo de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.). Médias de três níveis de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), ao longo de 10 ciclos de pastejos

Ciclos de Pastejo	FDN ⁽¹⁾	FDA ⁽¹⁾	Lignina ⁽¹⁾
1 (29/10/99 a 04/12/99)	68,33 ^a	33,22 ^{abc}	3,10 ^f
4 (04/12/99 a 09/01/00)	66,15 ^{ab}	33,18 ^{abc}	3,34 ^{ef}
3 (09/01/00 a 14/02/00)	67,30 ^a	34,89 ^a	3,80 ^{cde}
4 (14/02/00 a 21/03/00)	66,29 ^{ab}	34,82 ^{ab}	3,44 ^{de}
5 (21/03/00 a 26/04/00)	65,60 ^{ab}	34,31 ^{ab}	3,87 ^{bcde}
6 (26/04/00 a 02/06/00)	64,50 ^{ab}	34,56 ^{ab}	4,10 ^{abcd}
7 (02/06/00 a 08/07/00)	65,48 ^{ab}	34,25 ^{ab}	4,68 ^a
8 (08/07/00 a 13/08/00)	63,26 ^b	32,52 ^b	4,57 ^{ab}
9 (13/08/00 a 18/09/00)	62,79 ^b	32,65 ^b	4,22 ^{abc}
10 (18/09/00 a 24/10/00)	64,52 ^b	34,63 ^{ab}	3,85 ^{bcde}

¹. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey (P>0,05)
Fonte: Adaptado de BALSALOBRE et al. (2003).

Os autores concluíram que o nível de resíduo pós-pastejo não influenciou a composição em carboidratos (não houve diferença significativa na qualidade da planta nos três tratamentos), pelo fato de que o desempenho animal poderá estar associado a algumas características físicas da planta, que interferem diretamente no consumo de matéria seca. Somente isso poderia explicar ganhos de peso menores no tratamento de menor resíduo pós-pastejo. Menores teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e maiores

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

proporções da fração C dos carboidratos, foram verificadas nos meses de julho a setembro. O NDT, calculado como porcentagem da matéria seca (MS), variou entre 55,26 e 59,31%. O menor valor foi para o ciclo de pastejo 7 (02/06/00 a 08/07/00). Neste ciclo de pastejo, foi observado o maior acúmulo de perfilhos florescidos (observação visual). Os maiores teores de NDT foram nos períodos de primavera e verão. Por outro lado, o efeito negativo da lignina, observado pelos altos teores da fração C dos carboidratos, reduz significativamente a disponibilidade de energia das plantas tropicais para o ruminante. De forma geral, existem variações na qualidade da forragem ao longo do ano, tanto da parte protéica como dos carboidratos. Desse modo, sistemas em pastagens de capim-Tanzânia irrigados, quando utilizarem suplementações concentradas, devem levar em consideração a qualidade nutricional das plantas, sendo que o tipo de concentrado deverá ser alterado de acordo com a qualidade da forragem ao longo do ano.

O surgimento do programa de Cornell (FOX et al., 1992; RUSSEL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992) demonstra a necessidade de melhor caracterização dos alimentos. Esse programa nutricional parte de um modelo dinâmico que leva em consideração, a interação dos diferentes componentes dos alimentos, e tem por objetivo adequar a digestão ruminal dos carboidratos, visando maximizar a produção microbiana, a redução das perdas do nitrogênio pelo animal e estimar o escape de nutrientes pelo rúmen.

Nos sistemas usuais de produção, os ruminantes obtêm a maioria dos nutrientes a partir de volumosos. Daí a necessidade da utilização de modelos mecanicistas para descrever o relacionamento entre a composição bromatológica dos alimentos consumidos e a predição do desempenho animal (PEREIRA et al., 2000).

Os alimentos, quando consumidos pelos ruminantes, são transformados pelos microrganismos ruminais, e esta transformação resulta em confundimento para a predição do desempenho animal, a partir dos componentes dietéticos (PEREIRA et al., 2000).

Com o objetivo de determinar as frações de carboidratos, bem como as taxas de degradação dos mesmos, PEREIRA et al. (2000) avaliaram a cana-de-açúcar, a cama de frango e o farelo de algodão. Segundo os autores, a elevada fração C dos carboidratos da cana-de-açúcar e cama de frango, em detrimento da fração B2, acarretou maior efeito de repleção ruminal e diminuição da disponibilidade energética ao longo do trato gastrintestinal.

FERNANDES et al. (2003) trabalharam com as frações dos carboidratos e suas taxas de digestão para a cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção, em três idades ao corte (426, 487 e 549 dias). Segundo os

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

mesmos, a estimativa da fração não-degradável (C) dos carboidratos totais, a partir da proposição do CNCPS, foi subestimada para a cana-de-açúcar, devendo ser realizada por métodos biológicos. As variedades de cana-de-açúcar precoces destacaram-se pela maior fração C e pelo menor teor de CNE, quando comparadas às variedades da cana-de-açúcar de ciclo de produção intermediário. O aumento da idade ao corte teve como conseqüências, o aumento da fração C e a redução da fração B2. A cana-de-açúcar destacou-se pelo elevado teor de CNE, rapidamente fermentados, e por uma lenta taxa de digestão dos CE (Tabela 6).

Tabela 6 – Frações dos carboidratos observadas e estimadas para a cana-de-açúcar, considerando os efeitos do ciclo de produção e idade de corte

Frações ¹	Ciclo de Produção ⁴		Idade de corte (dias)			Equações Ajustadas ⁵	Linear	Quadrática	r ² /R ²
	Precoce	Intermediário	426	487	549				
CT	949,78 ^a	951,05 ^a	949,04	949,74	952,46	$\hat{y} = 945,07 + 0,0286**X$	**	ns	0,1248
CNE ²	479,56 ^a	497,75 ^b	491,54	481,93	492,5	$\hat{y} = 578,45 - 1,04nsX + 0,0028*X^2$	ns	*	0,0655
B2 ²	308,01 ^a	301,01 ^a	293,53	317,5	302,51	$\hat{y} = 114,31 + 2,0983nsX - 0,0541**X^2$	ns	**	0,1347
C ²	156,99 ^a	149,95 ^a	162,47	148,28	149,65	$\hat{y} = 243,836 - 0,915122**X + 0,00216*X^2$	**	*	0,1468
B2 ³	179,64 ^a	177,15 ^a	182,98	183,23	168,99	$\hat{y} = 200,21 - 0,1166**X$	**	ns	0,0904
C ³	290,57 ^a	276,15 ^b	274,52	284,58	290,98	$\hat{y} = 257,71 + 0,1372**X$	**	ns	0,1357

1. g/kg de MS

2. Valores estimados de acordo com Sniffen et al. (1992)

3. Valores observados

4. Médias na linha, relativas ao ciclo de produção, seguidas por letras diferentes, são diferentes (P<0,05) pelo teste F

5. ns, *, **: não - significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Fonte: Adaptado de FERNANDES et al. (2003).

Segundo FERNANDES et al. (2001), a grande maioria dos produtores de leite, principalmente os que utilizam vacas mestiças, faz uso da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) como principal volumoso da dieta, no período que compreende a estação de seca.

A cana-de-açúcar possui algumas características que têm justificado a sua escolha como recurso forrageiro, dentre elas, a elevada produção por unidade de área cultivada, cultivo relativamente fácil, baixo custo por unidade de matéria seca produzida e coincidência do período de sua maior disponibilidade com o período de escassez de forragem na forma de pasto. Outra vantagem de se utilizar a cana-de-açúcar como recurso forrageiro constitui-se no fato de seu valor nutritivo manter-se praticamente constante por um período de tempo relativamente prolongado, sendo os melhores valores obtidos com intervalos de cortes de 12 a 18 meses, contrastando com outras gramíneas tropicais (PRESTON, 1986 citado por FERNANDES et al., 2001).

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

Porém, a cana-de-açúcar, como alimento para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína e minerais, e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal, causando baixa produtividade animal, quando se fornecem dietas com elevada proporção desse alimento (PATE, 1977; LENG, 1988 citados por FERNANDES et al., 2001).

De acordo com estes autores, os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes, que dão suporte à formulação de rações exigem que os carboidratos sejam fracionados no sentido de melhor caracterizá-los. As variações nas frações de carboidratos e nas taxas de degradação dos mesmos, das diferentes variedades de cana-de-açúcar, têm grande efeito sobre a produção de leite de vacas mestiças. Eles concluíram que a fibra é a fração que mais afeta o desempenho animal. Portanto, a sua elevação na cana-de-açúcar acarretou aumento da necessidade de suplementação concentrada na dieta e, conseqüentemente, aumento dos custos. Embora os dados apresentados em sua pesquisa permitam visualizar os efeitos decorrentes das alterações das frações de carboidratos no desempenho animal (Tabela 7), torna-se necessária sua validação, ou seja, a comparação entre os valores observados e preditos de produção de leite.

Tabela 7 – Respostas esperadas na produção de leite e parâmetros ruminais, em função das mudanças nos teores de FDN e lignina das variedades de cana-de-açúcar ^{1,2}

Parâmetros	40% FDN ³			50% FDN			60% FDN		
	10% ⁴	14%	18%	10%	14%	18%	10%	14%	18%
Produção leite em função da EM ⁵ , kg/dia	11,80	11,30	10,80	10,70	10,10	9,40	9,50	8,60	7,70
Produção leite em função da PM ⁶ , kg/dia	12,80	12,30	11,90	10,60	10,10	9,50	8,40	7,80	7,10
Balanço de PM, gramas/dia	140,00	119,00	98,00	31,00	4,00	-23,00	-79,00	-112,00	-146,00
Balanço de EM, Mcal/dia	2,10	1,50	0,90	0,90	0,10	-0,70	-0,60	-1,60	-2,60
Balanço de N no rúmen, gramas/dia	13,00	15,00	17,00	34,00	37,00	40,00	56,00	60,00	63,00
PM microbiana, gramas/dia	872,00	863,00	840,00	792,00	781,00	769,00	710,00	696,00	682,00
PM oriunda da PNDR ⁷ , gramas/dia	281,00	281,00	281,00	280,00	280,00	280,00	279,00	279,00	279,00

¹A cana-de-açúcar correspondeu a 54% da dieta total e a 75% do volumoso, sendo fixado um consumo constante de matéria seca igual a 11,4 kg/d, de acordo com o sistema CNCPS.

²Valores médio, máximo e mínimo absolutos das análises químicas e da cinética de degradação dos carboidratos das 15 variedades da cana-de-açúcar.

³FDN – porcentagem da matéria seca.

⁴Lignina – porcentagem da FDN.

⁵Energia metabolizável.

⁶Proteína metabolizável.

⁷Proteína não degradada no rúmen. Fonte: Adaptado de FERNANDES et al. (2001).

Pode-se observar que o uso de outros alimentos com melhor qualidade nutricional faz-se necessário, quando a cana-de-açúcar é usada como principal volumoso em dietas de vacas leiteiras em produção, uma vez que todas as quinze variedades apresentam baixo teor de proteína bruta e alto teor de carboidratos totais. Os resultados principais das análises químicas e das taxas de degradação das quinze variedades da cana-de-açúcar são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Composição bromatológica, fracionamento dos carboidratos e suas taxas de degradação, de variedades de cana-de-açúcar (%MS)

Variedade ¹	Composição bromatológica						Frações dos carboidratos				Taxa de degradação	
	MS	PB	EE	FDN	MM	Lig ²	CT ³	CNE	CE	C ⁴	CNE(%h)	CE(%h)
RB855113	29,50	2,60	0,74	49,70	1,40	11,90	95,30	48,70	36,40	14,90	19,50	2,30
RB765418	29,10	2,60	0,69	50,00	1,50	12,60	95,20	48,20	35,90	15,90	18,60	2,40
RB855536	27,00	3,20	0,72	47,30	1,50	13,50	94,60	50,80	33,00	16,20	22,10	2,50
SP79-2233	27,70	3,00	0,65	45,70	1,60	13,50	94,70	52,60	31,70	15,70	19,30	2,40
RB845257	28,10	2,40	0,72	48,80	1,40	13,20	95,50	49,70	34,10	16,20	18,40	2,10
SP80-180	28,50	2,80	0,68	48,80	1,30	13,40	95,30	49,60	33,90	16,50	18,40	2,20
RB855453	28,50	2,70	0,68	51,20	1,80	12,80	94,80	46,80	36,60	16,60	18,90	2,30
RB855336	29,40	2,80	0,67	49,40	1,90	13,10	94,60	48,60	35,00	16,40	17,70	2,20
SP80-1842	29,30	2,90	0,70	46,60	1,20	14,90	95,20	51,80	30,80	17,50	17,40	2,20
SP81-1763	27,70	2,50	0,72	46,50	1,60	13,90	95,20	52,00	31,90	16,20	18,30	2,00
SP80-4445	26,90	2,50	0,70	45,20	1,60	12,60	95,20	53,30	32,40	14,30	18,60	2,30
SP79-1011	19,10	2,20	0,67	47,20	1,50	13,00	95,70	51,30	33,30	15,30	16,20	2,10
RB739359	27,50	2,50	0,68	44,80	1,80	14,40	95,00	53,60	30,10	16,30	18,10	2,30
RB867515	28,90	2,90	0,70	47,90	1,60	13,80	94,80	50,30	33,00	16,70	19,30	2,30
SP80-3280	27,40	2,70	0,64	49,80	1,70	13,50	94,80	48,40	34,70	16,90	18,20	2,20

¹ Dados obtidos a partir das médias para cada nutriente das variedades de cana-de-açúcar.

² Lig = lignina como porcentagem da fibra em detergente neutro (FDN)

³ CT = carboidratos totais [100 – (PB + EE + MM)].

⁴ C = fração não degradável de carboidratos totais. Fonte: Adaptado de FERNANDES et al. (2001).

Segundo VIEIRA et al. (2000) as frações A e B1 representam menos de 15% dos carboidratos totais, presentes nas amostras de uma pastagem natural da Região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, ingerido pelos animais em ambas as estações do ano. Os carboidratos estruturais são os principais responsáveis pelo aumento no teor de carboidratos totais, da estação chuvosa para a estação seca. Esse aumento significativo do teor de CT, é em virtude do crescimento das estruturas na parede celular vegetal, representado pela combinação das frações B₂ e C. Os autores verificaram um aumento significativo tanto

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

entre as proporções como entre os teores da fração C, para as diferentes estações. O aumento da fração C, que ocorre em detrimento da fração B₂, acarreta maior efeito de repleção ruminal e diminuição da disponibilidade energética, por sua característica de indigestibilidade ao longo do trato gastrointestinal (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios obtidos com o fracionamento dos carboidratos nas amostras de extrusas de uma pastagem natural da região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais

Proporções ¹	Estação Chuvosa		Estação Seca	
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
A	1,57	0,91	1,06	0,45
B1	13,60	13,91	12,86	10,62
B2	62,72	58,38	50,73	53,54
C	22,11	26,81	35,36	35,39
Lignina ²	7,26	8,68	9,75	7,47
Teores ³				
CT	784	801	840	834
FDN	754	740	776	791
C	173	215	291	295
Lignina	55	64	76	59
C: Lignina	3,30	3,40	4,5	5,2

¹ % dos carboidratos totais, CT; ² % da FDN; ³ g.kg⁻¹; as estimativas médias provêm de quatro repetições na estação chuvosa e três repetições na estação seca. Fonte: VIEIRA et al. (2000).

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes, que dão suporte à formulação de rações, exigem que os alimentos sejam fracionados no sentido de melhor caracterizá-los, maximizando o aproveitamento das distintas fontes energéticas para a produção de ruminantes.

Apesar do Sistema de Cornell ser mais detalhado, ainda é pouco utilizado nos programas para cálculo de dietas. Assim, muito estudo ainda se faz necessário para realmente validar e comprovar sua superioridade em relação ao método de Van Soest.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS, P.M.; VIEIRA, I.; CÁRDENAS, R.R. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-Tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 3, p.519-528, 2003.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 538p., 2006.

CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; FERNEDES, F.E.P.; OBEID, J.A.; CARVALHO, B.M.A. Fracionamento de carboidratos de silagens de capim-elefante emurhecido ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.P.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Fracionamento e cinética da degradação *in vitro* dos carboidratos constituintes da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1778-1785, 2003.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C., LANA, R.P.; PEREIRA, J.C.; CABRAL, L.S.; VITTORI, A.; PEREIRA, E.S. Estimativas da produção de leite por vacas Holandesas mestiças, segundo o sistema CNCPS, em dietas contendo cana-de-açúcar com diferentes valores nutritivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1350-1357, 2001.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3578-3596, 1992.

HALL, M.B. Recent Advanced in non-NDF carbohydrates for the nutrition of lactating cows. In: TEIXEIRA, J.C.; SANTOS, R. A.; DAVID, F.M. et al.(eds). **Simpósio Internacional em Bovinocultura de Leite**, Lavras, 2001.

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. *PUBVET*, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos Ruminantes**. Santa Maria: Ed. UFSM, 140p, 2002.

LIMA, R.F.; GONÇALVES, M.B.F.; SILVA, L.P.; NÖRNBERG, J.L.; ALMEIDA, H.S.L. Sistema laboratorial de fracionamento de carboidratos de concentrados energéticos, *Acta Science Animal Science*, Maringá, v.28, n.2, p.215-221, abr-jun, 2006.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.5, p.1537-1542, set-out, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of domestic animals. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7. ed. Washington, D. C.: National Academy Science, 404p., 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of domestic animals. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7. ed. Washington, D. C.: National Academy Science, 381p., 2001.

NUSSIO, L.G. Cultura de milho para a produção de silagens de alto valor alimentício. In: Simpósio sobre nutrição de bovinos, 1991, Piracicaba, SP. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, p.59-168, 1991.

PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; MIRANDA, L.F.; FERNANDES, A.M.; CABRAL, L.S. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação *in vitro* da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1887-1893, 2000.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3551-3561, 1992

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Conceitos gerais sobre análise de alimentos, preparação de amostras e determinação da matéria seca. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**, p.16,17, 97-99, 2002.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G., RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

VAN SOEST, P. J.; MOORE, L. A. New chemical methods for analysis of forages for the purpose of predicting nutritive value. In: **International Grassland Congress**, v.9, 1965, São Paulo, SP. Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura, p. 783-789, 1966.

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

Martins, M.O. & dos Santos, R.A. Caracterização de carboidratos para a produção de ruminantes. PUBVET, V.2, N.26, Art# 267, Jul1, 2008.

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; QUEIROZ, A.C. de; GONÇALVES, A.L. Fracionamento dos carboidratos e cinética da degradação in vitro da fibra em detergente neutro da extrusa de bovinos a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.889-897, 2000.