AVALIAÇÃO DAS SUB-FRAÇÕES DOS
CARBOIDRATOS E DAS PROTEÍNAS DA SILAGEM
DE MILHO, FARELO DE ALGODÃO E MILHO,
USANDO A METODOLOGIA DO CNCPS E "*in
situ*", COM BOVINOS DA RAÇA NELORE.

JOÃO RICARDO ALVES PEREIRA

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. MAX LÁZARO VIEIRA BOSE

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de
Concentração - Ciência Animal e
Pastagens.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Janeiro - 1995

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação

P436a Avaliação das sub-frações dos carboidratos e das
proteínas da silagem de milho, farelo de algodão e
milho, usando a metodologia do CNCPS e "in situ", com
bovinos da raça nelore. Piracicaba, 1995.
94p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Carboidrato de alimento - Degradabilidade 2. Fa-
relo de algodão para gado nelore 3. Gado nelore - Nu-
trição 4. Milho para gado nelore 5. Proteína de alimen-
to - Degradabilidade 6. Rúmen - Fermentação 7. Silagem
de milho para gado nelore I. Escola Superior de Agri-
cultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 636.291

AVALIAÇÃO DAS SUB-FRAÇÕES DOS
CARBOIDRATOS E DAS PROTEÍNAS DA SILAGEM
DE MILHO, FARELO DE ALGODÃO E MILHO,
USANDO A METODOLOGIA DO CNCPS E "*in
situ*", COM BOVINOS DA RAÇA NELORE.

JOÃO RICARDO ALVES PEREIRA

Aprovada em: 16.02.1995

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Max L.V. Bose

ESALQ/USP

Dr. Aliomar Gabriel da Silva

CPPSE/EMBRAPA

Prof. Dr. Celso Boin

ESALQ/USP

Prof. Dr. MAX LÁZARO VIEIRA BOSE
Orientador

*Aos meus pais, Miro e Cida,
pelo apoio, incentivo e exemplo de vida.
Aos meus irmãos, Rinaldo, Rita e Rafael,
pelo incentivo,*

dedico.

*A Deus, meu mestre maior,
pela presença constante em minha vida,
ofereço.*

Agradecimentos

- Ao Prof. Max L. V. Bose, pela amizade, orientação e dedicação na realização deste trabalho.
- Ao Prof. Celso Boin, pela amizade e os valiosos ensinamentos durante o curso.
- A Verônica, minha grande companheira, pelo amor, carinho e compreensão. Não cabem palavras...
- Ao CPPSE/EMBRAPA - São Carlos - SP, nas pessoas do Dr. Aliomar Gabriel da Silva, Dr. Ruy da Carvalheira Wanderley e ao técnico Cláudio, pelos ensinamentos e a grande colaboração.
- A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pela bolsa concedida (proc. 92/1345-3) e os recursos financeiros necessários à realização do trabalho.
- Aos MS. Valdomiro Barioni Jr. e Allan Kardec Braga Ramos, pelas sugestões e grande colaboração nas análises estatísticas.
- Ao Zootecnista Paulo Rossi Jr, pelo auxílio na condução do trabalho e na tabulação dos dados.
- A estagiária Roberta A. Carnevalli, pelo valioso auxílio nas análises laboratoriais.
- Pelas boas recordações, amizade e apoio, a todos meus amigos de curso, em especial: Josivaldo, Regina, Allan, César, João Batista, Marcela e Helenice.
- A todos professores do Deptº de Zootecnia, em especial ao prof. Luis G. Nússio, Prof. Moacyr Corsi e Prof. Luis Coutinho, pelas colaborações.
- Ao Dr. Dante P. Lanna pelas sugestões e discussões.
- Ao João Lara pelo auxílio na computação.
- Ao Clube de Práticas Zootécnicas (CPZ), pela disposição e auxílio na condução do trabalho.
- A todos que direta ou indiretamente auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	v
RESUMO	viii
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. O Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)	4
2.2. Frações do alimento segundo o CNCPS	5
2.2.1. Fração carboidrato	5
2.2.2. Fração protéica	9
2.3. Técnica da degradação <i>in situ</i>	12
2.3.1. Porosidade do tecido de náilon	12
2.3.2. Tamanho de partícula	14
2.3.3. Quantidade de amostra	15
2.3.4. Efeitos de dieta	17
2.3.5. Tempos de incubação	18
2.3.6. Outros fatores envolvidos	20
2.4. Taxa de passagem	24
2.4.1. Técnica do cromo mordente	26
2.4.2. Fatores que afetam a taxa de passagem	27
2.5. Efeito do grupo genético	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1. Animal e manejo	33
3.2. Obtenção dos alimentos estudados	33
3.3. Dietas experimentais	34

3.4. Determinação da degradabilidade <i>in situ</i>	36
3.5. Cálculo das degradabilidades	37
3.6. Frações analisadas	38
3.7. Determinação das taxas de passagem	39
3.8. Análise estatística dos dados	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. Caracterização dos alimentos	41
4.2. Taxa de passagem das dietas	49
4.3. Frações solúvel, potencialmente degradável, indegradável e taxa de degradação	52
4.3.1. Silagem de milho	52
4.3.2. Farelo de algodão	57
4.3.3. Milho	60
4.4. Degradabilidades potencial e efetiva	63
4.4.1. Silagem de milho	63
4.4.2. Farelo de algodão	68
4.4.3. Milho	71
5. CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICE	87

LISTA DE TABELAS

1. Efeito de níveis de concentrado sobre a taxa de passagem	30
2. Efeito do nível de ingestão, em relação ao da manutenção (x), sobre a taxa de passagem	31
3. Constituição das dietas experimentais.	35
4. Estimativas da composição da dieta e desempenho animal, através do CNCPS	35
5. Composição química dos alimentos em estudo.	42
6. Taxa de passagem das dietas, determinadas a partir de amostras de fezes e de conteúdo ruminal.	50
7. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para a silagem de milho, nas duas dietas.	54
8. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para o farelo de algodão, nas duas dietas.	58
9. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para o milho, nas duas dietas.	60
10. Degradabilidades potencial e efetiva, considerando-se ou não o <i>lag time</i> , das frações avaliadas para a silagem de milho, nas duas dietas.	64

11. Degradabilidades potencial e efetiva, considerando-se ou não o *lag time*, das frações avaliadas para farelo de algodão, nas duas dietas. 69
12. Degradabilidades potencial e efetiva, considerando-se ou não o *lag time*, das frações avaliadas para o milho, nas duas dietas. 72
13. Tempo de colonização da matéria seca (*lag time*) da silagem de milho, para os quatro animais, nas duas dietas. 88
14. Tempo de colonização da matéria seca (*lag time*) do farelo de algodão, para os quatro animais, nas duas dietas. 88
15. Tempo de colonização da matéria seca (*lag time*) do milho, para os quatro animais, nas duas dietas. 88
16. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para a silagem de milho, nas duas dietas, considerando-se o *lag time*. 89
17. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para farelo de algodão, nas duas dietas, considerando-se o *lag time*. 89
18. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para o milho, nas duas dietas, considerando-se o *lag time*. 90

19. Degradabilidade efetiva das frações avaliadas para a silagem de milho, nas duas dietas, sob diferentes taxas de passagem.	90
20. Degradabilidade efetiva das frações avaliadas para o farelo de algodão, nas duas dietas, sob diferentes taxas de passagem.	91
21. Degradabilidade efetiva das frações avaliadas para o milho, nas duas dietas, sob diferentes taxas de passagem.	91
22. Desaparecimento médio, nos diferentes tempos de incubação, nas duas dietas, das frações avaliadas para a silagem de milho.	92
23. Desaparecimento médio, nos diferentes tempos de incubação, nas duas dietas, das frações avaliadas para o farelo de algodão.	93
24. Desaparecimento médio, nos diferentes tempos de incubação, nas duas dietas, das frações avaliadas para o milho.	94

AVALIAÇÃO DAS SUB-FRAÇÕES DOS CARBOIDRATOS E DAS PROTEÍNAS DA SILAGEM DE MILHO, FARELO DE ALGODÃO E MILHO, USANDO A METODOLOGIA DO CNCPS E "*in situ*", COM BOVINOS DA RAÇA NELORE.

Autor: JOÃO RICARDO ALVES PEREIRA

Orientador: Prof. Dr. MAX LÁZARO VIEIRA BOSE

RESUMO

Visando gerar dados para viabilizar a utilização do "Cornell Net Carbohydrate and Protein System" (CNCPS) em nossas condições, foi determinada a composição bromatológica da silagem de milho, farelo de algodão e milho, e as degradabilidades potencial e efetiva, considerando-se ou não o *lag time*, das frações matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), fibra em detergente neutro (FDN) e amido (AM), em dietas com níveis de volumoso:concentrado de 80:20 (D1) e 60:40 (D2). Para o ensaio de degradabilidade *in situ* foram utilizados 4 bovinos da raça nelore, machos, castrados e com peso médio de 520 kg.

O maior nível de concentrado proporcionou redução ($P < 0,05$) na MS potencialmente degradável da silagem de milho e do farelo de algodão e aumentou ($P < 0,05$) a do milho.

Embora não significativo ($P > 0,05$) e com variações pouco expressivas, observou-se que o aumento do nível de concentrado de 20 para 40% determinou: para silagem de milho, reduções na FDN potencialmente digestível e nas taxas de

degradação da MS, FDN e NIDN, e aumentos nas taxas de degradação da PB e do AM; para o farelo de algodão, reduções na FDN potencialmente degradável e nas taxas de degradação da MS, PB e FDN, e aumento na taxa de degradação da PB; e para o milho, aumentos na PB e AM potencialmente degradável e nas taxas de degradação da MS, PB e AM.

Os valores encontrados para as taxas de degradação do NIDN e a porcentagem de desaparecimento desta fração foram considerados altos para a silagem e o farelo, e indicaram disponibilidade maior do que a estimada pelo CNCPS para estes alimentos.

Observou-se efeito de animal ($P < 0,01$) para a degradabilidade efetiva de todas as frações avaliadas, sugerindo para trabalhos futuros, além da uniformidade entre os animais em estudo, a determinação de outros fatores envolvidos, enfatizando a determinação do pH ruminal além da taxa de passagem da dieta.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) de dietas ou do uso do *lag time* sobre a degradabilidade potencial das frações avaliadas para os alimentos.

A silagem de milho teve seus valores de degradabilidade efetiva da MS (DEMS), nas duas dietas, significativamente ($P < 0,05$) aumentados com o uso do *lag time*, sendo este aumento da ordem de 23% para D1 e de 53% para a D2. Embora não significativos ($P > 0,05$), os efeitos de dieta ou do uso do *lag time* sobre a degradabilidade efetiva da PB, NIDN, FDN e AM determinaram variações entre os resultados de até 22%.

Mesmo não havendo efeito ($P > 0,05$) das dietas, o uso do *lag time* aumentou significativamente ($P < 0,05$) a DEMS do farelo de algodão em 14% para D1 e em 15% para D2. As frações PB, NIDN e FDN não apresentaram efeito ($P > 0,05$) de dietas ou do uso do *lag time* sobre suas degradabilidades, sendo a variação máxima entre os resultados de 12%.

Para o milho, houve efeito ($P < 0,05$) das dietas somente para a DEMS quando não considerado o *lag time*, onde D2 foi 10% superior. O uso do *lag time* aumentou significativamente ($P < 0,05$) a DEMS da D1 em 22,6% e da D2 em 18%. As degradabilidades das frações PB e AM não foram significativamente ($P > 0,05$) alteradas com o uso do *lag time* e a variação entre resultados foi de até 10%.

A degradabilidade e taxa de degradação do AM da silagem foi, em muito, superior à do milho, sendo que esta diferença não parece evidente nas estimativas feitas pelo CNCPS, sugerindo-se mais estudos e possíveis reconsiderações.

As degradabilidades das frações PB e NIDN foram relativamente elevadas quando comparadas à literatura e ao CNCPS, o que poderia ser atribuído ao fato dos animais utilizados no estudo serem zebuínos, associado ou não a fatores proporcionados pelas dietas avaliadas, sugerindo teste de comparação entre diferentes espécies de bovinos.

EVALUATION OF THE CARBOHYDRATE AND
PROTEIN SUB-FRACTIONS OF CORN SILAGE,
COTTON SEED MEAL, AND CORN USING THE
CNCPS AND THE "*in situ*" METHODOLOGIES,
WITH NELORE BOVINES.

Author: JOÃO RICARDO ALVES PEREIRA
Adviser: Prof. Dr. MAX LÁZARO VIEIRA BOSE

SUMMARY

To verify the use the "Cornell Net Carbohydrate and Protein System" (CNCPS) under Brazilian conditions the bromatological composition, potential and effective degradation, and degradation rates of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN), neutral detergent fiber (NDF) and starch (ST) were determined for corn silage, cotton seed meal and corn in diets with roughage:concentrate ratios of 80:20 (D1) and 60:40 (D2). Four nelore, castrated males, with an average weight of 520 kg were used.

The higher concentrate level resulted in a reduction ($P < 0,05$) in the potentially degradable DM for corn silage and cotton seed meal, and in an increase for corn.

For corn silage, the increase in concentrate from 20 to 40% resulted in reductions of potentially digestible NDF and degradation rates of DM, NDF and NDIN. Also, an increase in

the degradation rates of CP and ST ($P > 0,05$) was observed. For cotton seed meal, the increase in concentrate resulted in reductions of potentially degradable NDF, and degradation rates of DM, CP, NDF. Also, an increase in the degradation rate of CP was found, although it was not significant ($P > 0,05$). For corn, the increase in concentrate resulted in an increase in potentially degradable CP and ST and degradation rates of DM, CP, and ST (not significant $P > 0,05$).

The animal effect was highly significant ($P < 0,01$) for the effective degradation of all fractions evaluated. This suggest that not only uniformity of the animals should be considered, but also other factors involved, such as ruminal pH and diet passage rate, should be taken into account.

The diets and use of lag time in the calculation had no significant effect ($P > 0,05$) upon potential degradation of the feedstuffs fractions studied.

The use of lag time significantly increased effective degradation of DM (EDDM) for corn silage for the two diets ($P < 0,05$). The effect of lag time and diet upon effective degradation of CP, NIDN, NDF and ST resulted in variations of up to 22% (not significant $P > 0,05$).

Even though the diets had no effect ($P > 0,05$), the use of lag time significantly increased ($P < 0,05$) cotton seed meal EDDM by 14% for D1 and 15% for D2. The diets and the use of lag time had no effect ($P > 0,05$) in the degradation of CP, NDIN and NDF.

There was a diet effect ($P < 0,05$) on corn EDDM when lag time was not considered. This resulted in an 10% increase for diet D2. Furthermore, the use of lag time significantly increased ($P < 0,05$) EDDM in D1 by 22,6% and 18% in D2. The degradation of the CP and ST fractions were not significantly altered ($P > 0,05$) by the use of lag time.

The degradation of silage ST was superior to that of corn ST. It is important to note that this difference is not evident when the estimations are made by CNCPS. This suggest that more studies should be conducted in this area.

The degradation of CP and NIDN fractions were relatively high when compared to literature and CNCPS. It is important of mention that the animals utilized in this study were zebu. On the other hand, the diets could be associated with this finding, which also suggest a need to conduct studies that compare different species.

1. INTRODUÇÃO.

O sistema NDT foi desenvolvido no início deste século e desde então tem sido a forma mais tradicional para se expressar a proteína e energia disponíveis nos alimentos, bem como as exigências nutricionais dos ruminantes.

O método de Weende para análise de alimentos, chamado de sistema proximal, é a base para o cálculo do NDT. Permite a determinação das frações proteína bruta, fibra bruta, cinzas, extrato etéreo e extrativos não nitrogenados.

Estes sistemas foram baseados em experimentações empíricas, tendo sua utilização bastante limitada quando se desejam estimativas mais precisas do valor nutritivo dos alimentos, das exigências nutricionais e do desempenho animal.

Proposto por GOERING & VAN SOEST (1970), o sistema de análises baseado na solubilidade das frações dos alimentos em soluções detergentes, permitiu a identificação e classificação de diferentes componentes dos alimentos de acordo com sua biodisponibilidade. Com ele tornou-se possível a melhor caracterização, principalmente dos carboidratos, representados até então pela fibra bruta e extrativos não nitrogenados, os quais puderam ser divididos em três classes: 1. altamente disponíveis - amido, pectina e carboidratos solúveis; 2. parcialmente disponíveis - celulose e hemicelulose (disponibilidade em função da presença de compostos refratários ligados a eles); e 3. totalmente indisponíveis - compostos indigestíveis (não carboidratos), destacando-se a lignina (VAN SOEST, 1982).

Quanto aos sistemas que avaliam a exigência de proteína pelos ruminantes, inicialmente eles definiam os requerimentos em termos de proteína total ou digestível, onde uma unidade de nitrogênio equivale a 6,25 unidades de proteína, ignorando as diferentes formas de nitrogênio contidas no alimento. Com a evolução destes sistemas, as exigências protéicas passaram a ser expressas na forma de proteína metabolizável, tornando-se fundamental o conhecimento da degradabilidade da proteína.

Para que o processo de degradação de proteínas no rúmen fosse melhor explorado, e avaliadas as contribuições da proteína dietética e da proteína microbiana para a quantidade e qualidade de aminoácidos absorvidos a nível de intestino delgado, fez-se necessário o conhecimento da disponibilidade potencial das diferentes frações que compoem a proteína. Progressos significativos foram obtidos no desenvolvimento de metodologias visando relacionar a solubilidade de diferentes frações da proteína com sua susceptibilidade à degradação enzimática (KRISHNAMOORTHY et al., 1982, 1983).

O sistema americano (NRC, 1985) divide a proteína do alimento em três frações, sendo uma rapidamente degradada, uma potencialmente degradável e outra indegradável. Outros sistemas, como os britânicos ARC e AFRC, adotam também o fracionamento da proteína, sendo a diferença entre eles, basicamente, a definição das diferentes frações. Alguns autores consideram estes sistemas em parte limitados, sugerindo novas subdivisões das frações protéicas (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992).

Mediante os avanços obtidos para se avaliar melhor a biodisponibilidade de nutrientes, surge a necessidade da integração de conhecimentos na área de nutrição de ruminantes, de modo a permitir estimativas mais precisas do valor nutritivo dos alimentos, exigências nutricionais e consequentemente do desempenho animal.

O sistema para avaliação de dietas de bovinos pelo carboidrato e proteína líquidos, Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) (SNIFFEN et al., 1992), desenvolvido pela Universidade de Cornell, surgiu nesse sentido, definido como um sistema de contabilidade nutricional planejado para estimar exigências nutricionais e utilização de energia e proteína dos alimentos, para combinações específicas de tipos de bovinos, alimentos, condições de ambiente e de manejo (BARRY et al., 1994).

Estudos para caracterização e avaliação nutricional de alimentos, envolvendo animais criados sob nossas condições ambientais, são essenciais, gerando dados biologicamente válidos e que tornem passíveis de aplicação, em nossos sistemas de produção, modelos como o CNCPS.

Este estudo teve como objetivo gerar dados de modo a contribuir para viabilização do CNCPS em nossas condições. Nesse sentido buscou-se determinar a composição bromatológica da silagem de milho, farelo de algodão e milho, e a degradabilidade ruminal, sob duas dietas, das frações matéria seca, proteína bruta, fibra e nitrogênio insolúvel em detergente neutro e amido, utilizando-se para isso bovinos da raça nelore.

2. REVISÃO DE LITERATURA.

2.1. O Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) .

O modelo para avaliação de dietas de bovinos pelo sistema de carboidrato e proteína líquidos vem sendo desenvolvido há mais de 10 anos, baseando-se em estudos de fatores que influenciam sobre o desempenho animal e a eficiência de utilização dos alimentos. Algumas aproximações foram feitas baseadas na experiência dos autores, trabalhando com fazendeiros e extensionistas no diagnóstico de problemas relacionados com a produção e a avaliação de programas de alimentação.

O CNCPS simula os efeitos de ingestão do alimento, fermentação ruminal, digestão intestinal, absorção e metabolismo sobre a utilização do nutriente, e subsequente o desempenho animal.

Segundo BARRY et al. (1994), os requerimentos de energia e proteína metabolizáveis variam de acordo com a raça, estado fisiológico, ambiente, características animais, manejo e fatores da dieta. A energia e proteína metabolizáveis supridas pela dieta são baseadas na quantidade e qualidade do alimento ingerido, fermentação de carboidratos e degradação de proteínas, taxa de passagem do alimento, absorção de nutrientes no intestino e partição do nutriente para as funções fisiológicas.

O modelo incorporado neste programa permite aplicações com a finalidade de: resolver problemas de alimentação e reduzir custos de produção; minimizar a excreção de nutrientes por unidade de produto obtido; estabelecer prioridades de pesquisa; planejar experimentos mais específicos; interpretar resultados experimentais, e ensinar princípios biológicos através da integração de conhecimentos. O modelo é composto ainda, de vários submodelos independentes que se inter-relacionam de forma dinâmica, permitindo que novos conceitos e conhecimentos, até então não considerados, possam ser introduzidos (BARRY et al., 1994).

2.2.Frações do alimento segundo o CNCPS.

O CNCPS assume que os alimentos são compostos de proteína, carboidratos, gorduras, minerais e água. Proteínas e carboidratos são subdivididos pela composição química, características físicas, degradação ruminal e características de digestibilidade pós-ruminal.

2.2.1. Fração carboidrato.

Do ponto de vista fisiológico, os carboidratos podem ser classificados em categorias distintas: (a) açúcares simples e seus conjugados ativos no metabolismo intermediário das plantas; (b) compostos de reserva (amido, sacarose e fructanas); (c) polissacarídeos estruturais, principalmente celulose, hemicelulose e pectina (VAN SOEST, 1982).

O CNCPS considera os carboidratos como estruturais (CE) e não estruturais (CNE). Os estruturais correspondem a celulose, hemicelulose e lignina (LIG). Os não estruturais correspondem à fração solúvel em detergente neutro como os

açúcares, amido (AM) e pectina, podendo ser estimados através de 100 menos a proteína bruta (PB), a fibra em detergente neutro (FDN) corrigida para proteína, extrato etéreo (EE) e minerais (MM) do alimento (SNIFFEN et al., 1992).

Os carboidratos foram classificados em frações pelo CNCPS de acordo suas taxas de degradação.

A fração A corresponde aos açúcares, fazendo parte da fração considerada solúvel em água, são rapidamente fermentados no rúmen, a uma taxa de digestão estimada em torno de 300%/h, não havendo portanto açúcares que escapem da fermentação ruminal (SNIFFEN et al. 1992).

Segundo VAN SOEST (1982), uma variedade de açúcares livres vem sendo detectados em forragens, mas a maioria em quantidades pequenas, com exceção da cana-de-açúcar e alguns de seus subprodutos. A sacarose é o principal açúcar das forragens, atuando como veículo no transporte de energia ou como fonte de reserva. Gramíneas temperadas armazenam açúcares nas folhas e caules, enquanto que as tropicais armazenam somente amido.

A fração B1 corresponde ao amido e à pectina, com taxa de degradação que varia de 3 a 80%.

O amido é constituído de 2 polímeros de glucose; a amilose, que é um polímero linear, e a amilopectina que é ramificada. Estes polímeros encontram-se em proporção variada nos grãos de cereais e são, em parte, responsáveis pelas diferentes taxas de degradação do amido. No amido do grão de cereal imaturo predomina amilopectina, que apresenta menor grau de polimerização e ligações mais fracas entre as moléculas de glucose, permitindo melhor ação de amilases e consequentemente maior e mais rápida degradação do amido. O amido do grão de milho imaturo apresenta degradabilidade em torno de 85 a 95%, enquanto que no grão maduro a degradabilidade é de 70 a 75% (THEURER, 1986). Com a maturidade do grão aumenta a proporção de amilose em relação à amilopectina, sendo característica da amilose maior grau de

polimerização e ligações mais fortes entre moléculas de glucose, reduzindo a ação das amilases e aumentando a indisponibilidade do amido a nível de rúmen, que pode ser de até 40% do amido ingerido (ORSKOV, 1986).

Processos como floculação, laminação e extrusão tem como finalidade romper a estrutura do amido, principalmente da amilose, através de altas temperaturas e vapor, facilitando a ação enzimática e aumentando a disponibilidade deste carboidrato.

O CNCPS, baseado em dados de literatura, estima que digestibilidade do amido, que escapa à degradação ruminal, seja da ordem de 75% para o milho quebrado, de 95% para o grão de milho imaturo e de até 97% para o milho floculado.

A pectina é um polissacarídeo rico em ácido galacturônico que ocorre na lamela média da célula. É pouco abundante em gramíneas e cereais, mas em quantidades expressivas em leguminosas forrageiras, e em subprodutos como polpa de citros e de beterraba, sendo rapidamente fermentada no rúmen (VAN SOEST, 1982).

Segundo RUSSELL et al.(1992), todas as frações relativas aos carboidratos não estruturais são fermentadas no rúmen por bactérias que utilizam amônia e peptídeos como fonte de nitrogênio.

A fração B2 corresponde à parede celular disponível, é de degradabilidade lenta, com taxas que variam de 2 a 50%/h, sendo que parte desta fração escapa à degradação ruminal. As bactérias responsáveis por sua fermentação utilizam principalmente amônia como fonte de nitrogênio (RUSSEL et al., 1992). Ela pode ser estimada descontando-se do FDN, corrigido para minerais e proteína associada, a fração indigestível do carboidrato (fração C).

Na parede celular toda celulose estrutural está combinada com mais ou com menos lignina, hemicelulose, cutina e minerais. A disponibilidade da celulose varia de indigestibilidade total até digestibilidade completa, dependendo do grau de lignificação.

VAN SOEST (1982) mostra que existem fatores intrínsecos à própria celulose que podem determinar suas diferentes taxas de degradação. O autor comenta que a celulose de alfafa nativa apresentou maiores taxas de fermentação do que a proveniente de alfafa delignificada e celulose pura de algodão.

A hemicelulose é o mais complexo dos polissacarídeos das plantas e o mais difícil de ser compreendido. Sua digestibilidade está relacionada com a celulose, com os diferentes açúcares que a constituem, e negativamente relacionada com a lignificação. Sua composição varia com as diferentes partes e espécies de planta. A hemicelulose A, mais disponível, está menos ligada a outras frações, é rica em xilanas e ocorre principalmente em folhas e caule, enquanto que a hemicelulose B, menos disponível, contém mais arabinose ou ácido urônico (VAN SOEST, 1982).

A fração C corresponde a fibra indigestível até 72h de incubação *in vitro*, sendo portanto descontada quando se estima a fração potencialmente disponível. Embora possa existir ainda resíduo potencialmente degradável no final do tempo de incubação, ele é de pouca importância, já que excederia o tempo médio de retenção, no rúmen, da fibra da maioria das dietas para ruminantes (VAN SOEST, 1982). No CNCPS a fração C é estimada multiplicando-se o teor de lignina (em %FDN) pelo fator 2,4 (SNIFFEN et al., 1992).

2.2.2. Fração protéica.

A proteína do alimento é dividida em três frações principais: nitrogênio não protéico, proteína verdadeira e nitrogênio indisponível (VAN SOEST, 1982). Estas frações no CNCPS são descritas como A, B e C, respectivamente.

A fração A, considerada de disponibilidade rápida, corresponde ao nitrogênio proveniente de amônia, peptídeos e aminoácidos, e são essencialmente toda a proteína solúvel das silagens, por exemplo. Suas taxas de degradação são estimadas em até 500%/h (VAN SOEST & FOX, 1992).

A fração B é subdividida nas frações B1, B2 e B3, de acordo com as taxas de degradação das diferentes formas do nitrogênio que compoem a proteína verdadeira do alimento.

B1 é a proteína rapidamente degradada no rúmen (20 a 200%/h). Em pastagens novas esta fração equivale a quase toda proteína solúvel, e os alimentos concentrados apresentam duas ou mais vezes proteína B1 do que as forragens (SNIFFEN et al. 1992).

As frações A e B1 tem sua solubilidade determinada em solução tampão. KRISHNAMOORTHY et al. (1982) avaliaram diferentes solventes para determinação da solubilidade do nitrogênio e concluíram que o tampão borato fosfato foi o mais indicado. A fração B1 (proteína verdadeira) é determinada através da precipitação em ácido tricloroacético.

A fração B2 é a proteína verdadeira de velocidade de degradação média (10 a 50%/h). É estimada descontando-se da proteína insolúvel em solução tampão a proteína solúvel em detergente neutro. A disponibilidade desta fração é dependente das taxas de passagem e digestão do alimento. Por isso, parte dela é fermentada no rúmen e parte escapa para o intestino (SNIFFEN et al. 1992).

A proteína associada à parede celular, fração B3, é de degradabilidade lenta (0 a 3%/h), e boa parte escapa à fermentação ruminal. Analiticamente corresponde à proteína insolúvel em detergente neutro (NIDN) menos a proteína insolúvel em detergente ácido (NIDA).

Segundo KRISHNAMOORTHY et al. (1982), são comuns variações entre amostras quanto à determinação da proteína insolúvel em detergente neutro, e em alguns casos esta fração pode ser inferior à proteína insolúvel em detergente ácido, quando utilizado o método de análise sequencial. Isto pode ser devido à precipitação de alguns componentes solúveis em detergente ácido pela solução detergente neutro.

A proteína indisponível, fração C, corresponde à proteína insolúvel em detergente ácido. Esta fração compreende a proteína associada à lignina, complexos proteína-taninos, e produtos de Maillard, que são altamente resistentes à ação enzimática. O CNCPS considera que a fração C não pode ser degradada por bactérias no rúmen e não contribui com aminoácidos pós-rúmen (SNIFFEN et al., 1992).

A reação de Maillard envolve a condensação de açúcares com aminoácidos seguida pela polimerização, para formar uma substância marron com aproximadamente 11% de N, a qual possui as mesmas características físicas da lignina. Os produtos de Maillard estão geralmente presentes em alimentos que sofreram aquecimento além de 60°C. Os carboidratos mais reativos são a hemicelulose e os carboidratos solúveis, enquanto que celulose e amido são mais estáveis (VAN SOEST, 1982).

Quanto à total indisponibilidade, a fração C considerada pelo CNCPS, pode ser questionada baseando-se em alguns trabalhos. WEISS et al. (1986) observaram que a digestibilidade do NIDA da silagem de alfafa aquecida a 60°C foi de 24%, e de 31% para silagem não aquecida, enquanto que VAN SOEST (1989), fazendo uma reavaliação da disponibilidade do NIDA de resíduo da destilação de grãos, admite que esta pode ser de até 60%. Estas observações estão de acordo com as

de WEISS et al (1992) que concluíram que a disponibilidade do NIDA é de 30% para alimentos volumosos e de 60% para concentrados.

Quanto à proteína que chega ao intestino, o CNCPS considera que a digestibilidade e absorção são de 100, 100, 100 e 80% para peptídeos e as frações B1, B2 e B3, respectivamente. A fração C é considerada completamente indisponível. Além disso, o CNCPS considera que as bactérias do rúmen apresentam, em média, 60% do total de seus compostos nitrogenados como sendo proteína verdadeira, e que esta proteína tem digestibilidade intestinal de 100%.

2.3. Técnica da degradação *in situ*.

A técnica foi proposta por MEHREZ & ORSKOV (1977), sendo um método relativamente rápido e fácil para determinar a taxa de degradação dos constituintes dos alimentos no rúmen. Também permite estimar a degradabilidade efetiva, corrigindo-se pela taxa de passagem os valores de degradação potencial obtidos (ORSKOV & Mc DONALD, 1979).

O NRC (1985) considera a técnica uma aproximação imperfeita e empírica, mas que incorpora efeito do animal e fatores microbiológicos.

Com essa técnica, mede-se o desaparecimento dos componentes dos alimentos após serem incubados no rúmen, durante diferentes períodos. Assume-se que esse desaparecimento seja sinônimo de degradação. Uma de suas principais limitações é que os alimentos não são submetidos a salivação, mastigação, ruminação e passagem pelo trato digestivo (NOCEK, 1988).

Apesar do seu uso difundido não tem sido adotada uma metodologia padrão, e devido às variáveis envolvidas, como porosidade do náilon, tamanho de partícula, quantidade de amostra, dentre outras, interações entre essas variáveis podem interferir na interpretação dos resultados.

2.3.1. Porosidade do tecido de náilon.

A porosidade do tecido é adequada quando permite a entrada da população microbiana que irá atuar sobre a degradação do alimento em teste, e ao mesmo tempo limite a saída de partículas indegradáveis (NOCEK, 1988). Ela está associada ao tecido utilizado, que varia de acordo com os tipos de fios sintéticos que o constitui.

WEAKLEY et al. (1983), avaliando o desaparecimento de matéria seca (MS) e nitrogênio (N) de dietas completas em sacos confeccionados de um tecido denominado "acroporo", que possuía 5 micra de tamanho de poro, e de dacron, tecido que apresentava 53 micra de tamanho de poro, observaram que houve diferença significativa nas taxas de degradação das dietas entre os tecidos avaliados. Nas primeiras horas de degradação, as dietas incubadas nos sacos de acroporo (5 micra) apresentaram taxas aproximadamente 50% inferiores às das incubadas em sacos de dacron (53 micra).

VARVIKO & LINDBERG (1985) comparando os efeitos das porosidades de 20 e 40 micra, observaram maior entrada de microrganismos do rúmen para o interior dos sacos com porosidade de 40 micra, já que esses apresentaram maior contaminação microbiana do resíduo indegradável, quando comparados aos resíduos dos mesmos alimentos incubados em sacos com porosidade de 20 micra. Os autores comentam que com a porosidade de 20 micra ocorreu bloqueio dos poros dos sacos, impedindo a entrada do fluído ruminal e determinando uma população de microrganismos no interior dos sacos pouco eficiente na degradação do nitrogênio, comprometendo o desaparecimento desta fração no período de 5 a 12h.

MEYER & MACKIE (1986) testaram o efeito dos tamanhos de poro de 5, 10, 13, 20, 30 e 53 micra, e observaram que para porosidades de 5 e 10 micra o conteúdo de bactérias no interior dos sacos era 30% inferior a população do rúmen. A contagem máxima (82%) foi obtida quando os sacos apresentaram 53 micra de porosidade.

Porosidades abaixo de 30 micra favorecem o acúmulo de gás no interior dos sacos e dificultam a degradação do alimento, principalmente nas primeiras horas de incubação. Por outro lado, o maior desaparecimento das frações do alimento é observado com porosidades de 59 a 103 micra (WEAKLEY et al., 1983; NOCEK, 1985).

2.3.2. Tamanho de partícula

Geralmente, alimentos mais grosseiros são associados com menores taxas de degradação e maiores variações, enquanto que alimentos de textura mais fina apresentam menores variações nas taxas de degradação, mas estão sujeitos a maiores perdas mecânicas, resultando em maiores taxas de degradação que podem não ser verdadeiras (NOCEK, 1988).

ORSKOV et al. (1980) sugeriram que em estudos idealizados para se avaliar a degradação de alimentos na forma em que estes são fornecidos aos animais não se deve processá-los. No caso de se comparar a degradação de determinadas frações dos alimentos, estes devem ser igualmente processados para se eliminar os possíveis efeitos dos diferentes tamanhos de partícula.

A literatura, de modo geral, mostra-se inconclusiva quanto a efeito de tamanho de partícula do alimento sobre sua degradação.

No estudo de alimentos volumosos sugere-se que as amostras sejam obtidas através de cânula esofageana, pois a redução de partículas pela mastigação seria a mais adequada (MEHREZ & ORSKOV, 1977; ORSKOV et al., 1980; AAC, 1990).

THIAGO (1994) sugere que forragens sejam cortadas com tamanho de partícula ao redor de 1 cm.

No caso de moagem de alimentos volumosos, as recomendações para tamanho de partícula situam-se entre 2,5 a 5 mm (NOCEK, 1988; AAC, 1990).

Pesquisadores canadenses (PETIT et al., 1994) citaram como procedimento para alimentos a serem incubados, que as silagens sejam picadas, grãos inteiros (cereais e sementes de oleaginosas) somente fragmentados e não moídos, fenos e forragens frescas picados com aproximadamente 2 cm de tamanho, enquanto que farelos e farinhas de origem animal dispensam processamento.

NOCEK (1985) não encontrou efeito do tamanho de partícula na degradação da MS e N do farelo de soja integral ou moído (1, 2 e 5 mm). Foi observado que para o material submetido à moagem em peneira de 2 mm, 54% das partículas apresentavam tamanho entre 1,2 e 0,85 mm e o restante tamanho inferior a 0,60 mm. Para o material moído em peneira de 1 mm, 96% das partículas apresentavam tamanho entre 0,60 e 0,30 mm. O autor comenta que com a lavagem dos sacos, para remoção da fração solúvel, perde-se boa parte das partículas pequenas, reduzindo-se os possíveis efeitos de diferentes tamanhos de partícula sobre a degradação.

SAMPAIO (1988) observou que para forragens finamente moídas (abaixo de 2 mm), o tempo de colonização da partícula (*lag time*) é sensivelmente reduzido. Isto seria devido a maior superfície específica das pequenas partículas, que determinam maior colonização pelas bactérias, iniciando mais rapidamente a degradação. O autor comenta que a inclusão de partículas menores junto às de tamanho desejado, reduz artificialmente o valor do tempo de colonização.

Existem recomendações no sentido de se peneirar o material a ser incubado, eliminando-se a porção mais fina, porém, há risco de segregação de frações do alimento, tornando necessária a verificação através de análise dos conteúdos das diferentes peneiras (AAC, 1990; ANDRADE, 1994).

2.3.3. Quantidade de amostra.

A quantidade ideal de amostra a ser incubada deve fornecer resíduo suficiente para permitir a execução das análises químicas desejadas e não deve ser excessiva de modo a comprometer a degradabilidade das frações estudadas.

VARGA & HOOVER (1983) compararam dois tamanhos de saco (13 x 21 vs 9 x 17 cm) e dois pesos de amostra (2,5 e 5,0 g).

Eles observaram redução no desaparecimento da MS de alimentos concentrados e forragens quando a quantidade de amostra por área livre de saco passou de 9,2 mg/cm² (sacos de 13 x 21cm com 5 g) para 16,3 mg/cm² (sacos de 9 x 17cm com 5g). Os autores citam que a quantidade de 5 g de amostra para algumas forragens, após 30h de incubação, não ofereceu resíduo suficiente para as determinações de N e FDN.

NOCEK (1985) avaliou o efeito das quantidades por área livre de saco, de 2,5; 12,5; 25,3 e 37,9 mg/cm² sobre o desaparecimento da MS e N do farelo de soja, e observou, mesmo não significativa, redução de 16% no desaparecimento do N comparando-se as relações de 25,3 e 37,9 mg/cm² com a relação de 12,6 mg/cm².

Com o propósito de aumentar a representatividade da amostra, forragem cortada (partículas de 1 cm), THIAGO (1994) recomenda que seja utilizada a relação de aproximadamente 26 mg/cm².

VALADARES FILHO et al. (1991) avaliaram oito alimentos, entre concentrados e volumosos, utilizando sacos de náilon medindo 15 x 8 cm e a proporção de 11 mg/cm², enquanto que CASTILLO ARIAS (1992), avaliando os mesmos tipos de alimentos, utilizou a proporção de 20 mg/cm² trabalhando com sacos medindo 12 x 7 cm. O segundo autor considerou que seus resultados, quanto à degradação de MS e PB, não diferiram dos encontrados pelo primeiro.

De maneira geral, a quantidade ideal de amostra por área parece situar-se entre 10 e 20 mg/cm², sempre atentando para a quantidade de resíduo suficiente para as análises desejadas. Nocek (1985) considerou esta faixa a mais adequada, já que os resultados obtidos estariam mais próximos das estimativas obtidas *in vivo*.

2.3.4. Efeitos da dieta.

A dieta é o maior fator determinante da quantidade e tipo de microrganismos no rúmen e conseqüentemente da taxa de degradação dos nutrientes (NOCEK, 1988).

A concentração de proteína e energia das dietas utilizadas nos ensaios de degradação *in situ* tem mostrado efeitos variáveis sobre os resultados obtidos.

de Faria & HUBER (1984) avaliaram a degradação *in situ* da MS da silagem de milho e dos fenos de alfafa e de gramínea, em dietas isocalóricas com 3 níveis de proteína (8,1; 11,3 e 13,3%) e também em dietas isoprotéicas com 3 níveis de energia (0, 30 e 60% de milho). Não houve efeito dos diferentes níveis de proteína bem como dos diferentes níveis de energia das dietas sobre a degradabilidade da MS.

WEAKELY et al. (1983) avaliaram a degradabilidade da MS e N do farelo de soja em dietas com diferentes proporções de volumoso (25, 40 e 60% de feno de alfafa), e observaram que a dieta contendo 25% de alfafa apresentou menor degradabilidade do N do que a dieta contendo 80% de alfafa; já para MS não houve efeito dos níveis de volumoso.

MILLER & MUNTIFERING (1985) estudaram o efeito de níveis de concentrado (0, 20, 40, 60 e 80% de milho) sobre a degradabilidade do feno de gramínea. Houve redução na taxa de degradação da fibra de aproximadamente 36% para os níveis de 20 e 60%, enquanto que para os níveis de 40 e 80% de milho a redução foi de 14 e 9%, respectivamente.

POORE (1987) verificou que dietas com 30 ou 60% de concentrado não tiveram efeito sobre a digestibilidade da fibra da palhada de trigo e do feno de alfafa, e somente houve redução na digestibilidade da fibra para o nível de concentrado de 90% da dieta.

PETIT (1992), citado por PETIT et al. (1994), avaliou a degradabilidade efetiva de alimentos concentrados protéicos e energéticos sob uma dieta de baixo nível de concentrado (80% silagem de alfafa e 20% milho grão com alta umidade) e outra com nível médio de concentrado (60% silagem de alfafa e 40% milho grão com alta umidade). Para os concentrados protéicos o aumento no nível de concentrado reduziu significativamente a degradabilidade do N da farinha de penas e do farelo de canola, e não teve efeito para as farinhas de peixe, de carne e farelo de soja. Para os concentrados energéticos o maior nível de concentrado reduziu a degradabilidade da MS do centeio e do N do trigo.

NOCEK (1988) recomenda que as dietas basais, com as quais serão conduzidos ensaios de degradação *in situ*, contenham preferencialmente os mesmos alimentos a serem estudados e que as proporções entre concentrado e volumoso sejam mantidas de modo que satisfaçam as exigências desejadas para a categoria animal em estudo. As recomendações da AAC (1990) são para que estudos *in situ* sejam conduzidos em dietas com igual proporção entre volumoso e concentrado e com teor de proteína por volta de 13% da MS.

2.3.5. Tempos de incubação.

O tempo necessário para degradação completa varia de acordo com o material a ser incubado, e, por isso, os tempos intermediários também devem variar (ORSKOV et al. 1980).

THIAGO (1994) recomenda, para avaliação de forragens, que o tempo máximo de permanência no rúmen seja de 96h e tempos de incubação mais frequentes nos primeiros 24h (como 1, 2, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 e 96h), o que permitiria melhor definição da curva de degradação. Este cuidado favorece a obtenção de taxas de degradação mais precisas, o que

possivelmente venha a compensar o esforço decorrente do maior número de amostras.

Para que os tempos de incubação sejam recomendados é necessário que se tenha uma estimativa prévia do valor do *lag time*, que é o tempo suficiente para a colonização da partícula do alimento incubado e o início da degradação, pois os valores de degradação obtidos em tempos inferiores ao *lag time* não tem significado biológico (SAMPAIO, 1994). O mesmo autor sugere que para forragens tropicais, tratadas ou não quimicamente, o primeiro intervalo de incubação seja de 6h, já que o *lag time* para estes materiais não excede 5,5.h. O tempo máximo de incubação seria de 96h e o número de observações de 3 ou 4, sendo o intervalo entre observações a critério do pesquisador. Segundo o autor, esse número de observações é suficiente, já que maior número, além de aumentar o trabalho experimental e interferir no processo digestivo pelas constantes retiradas dos sacos do rúmen, certamente ocasionaria elevação do erro experimental e do estresse animal.

Para MERTENS (1993), o tempo requerido para a degradação de 99% da fração potencialmente digestível está relacionado com a taxa de degradação e com o *lag time* observado previamente para a forragem. Para forragens com *lag time* menor que 6h e taxa de degradação maior que 6%/h, o resíduo indegradável é estimado após 72h de incubação. Para taxa de degradação menor que 6%/h, o resíduo indegradável é melhor estimado após 96h de incubação.

PETIT et al.(1994) recomenda tempos de incubação para alimentos concentrados de 3, 6, 9, 12, 24 e 72h, e para forragens 4, 8, 24, 48, 72 e 96h; tendo-se atenção especial para alimentos com padrão particular de degradação, como silagens de grãos colhidos com alta umidade, onde a proteína é altamente solúvel e a degradação é quase total após 12h de incubação. Os autores atentam para o fato de que quando se trabalha com alimentos de alta degradabilidade, após 12h de

incubação, pode-se não ter resíduo suficiente para as análises laboratoriais, e citam como exemplo o grão de trigo com alta umidade que teve 99% do seu nitrogênio degradado após 9h de incubação.

O processamento do alimento pode afetar o padrão de degradabilidade da MS e PB. CASTILLO ARIAS (1992) observou que após 72h de incubação a degradabilidade dessas frações foi de 98% para o farelo de soja, enquanto que para o grão de soja triturado 99% da degradabilidade da MS foi obtida com 48h de incubação, não proporcionando resíduo para determinação de PB. O autor utilizou os tempos de incubação de 6, 12, 24, 48 e 72h, tanto para alimentos concentrados como para volumosos.

Em ensaios de degradação *in situ*, de maneira geral, são utilizados 6 ou 7 tempos de incubação. Para concentrados o tempo máximo de permanência no rúmen é de 48h, sendo 3 ou 4 tempos até 12h, enquanto que para forragens o tempo máximo é de 72 ou 96h, tendo-se geralmente 3 tempos até 12h, e o restante dos tempos, em intervalos maiores, distribuídos até o tempo máximo escolhido (NOCEK, 1988; AAC, 1990; PETIT et al., 1994).

2.3.6. Outros fatores envolvidos.

Além dos fatores mencionados, outros devem ser levados em consideração quanto aos seus efeitos sobre os resultados obtidos em ensaios de degradação *in situ*.

A maior parte dos ensaios utiliza bovinos ou ovinos. No entanto, os resultados obtidos não possibilitam comparações devido a fatores inerentes à própria espécie. SIDDONS & PARADINE (1983), citados por NOCEK (1988), comparando ovinos e bovinos submetidos a dieta de manutenção, observaram que ovinos apresentaram maior concentração de amônia e menor

quantidade de ácidos graxos voláteis no rúmen, enquanto o pH e taxa de diluição foram similares. O mesmo autor também cita PRIGGE et al. (1984), que encontraram tempo de retenção de sólidos 50% superior para bovinos (26 vs 17,4h) em relação a ovinos.

Quando avaliados dentro da mesma espécie as principais variações parecem estar relacionadas com o estado fisiológico dos animais em estudo. VALADARES FILHO et al. (1991), avaliaram a degradabilidade da MS e da PB de vários alimentos para vacas em duas fases de lactação (inicial e após o pico) e no terço final da gestação (seca), e não observaram efeito destas fases sobre a degradação das frações estudadas, no entanto, a taxa de passagem de digesta foi significativamente inferior para as vacas no final de gestação, em relação às vacas em lactação.

SAMPAIO (1994) recomenda o procedimento onde cada animal recebe um tempo de incubação, geralmente 3 ou 4 animais, desconsiderando, deste modo, o efeito de diferentes animais sobre a degradação e passagem do alimento.

Os sacos referentes ao tempo zero não são incubados, são utilizados para se determinar a fração solúvel do alimento. O procedimento para tal determinação mostra-se controvertido na literatura.

NOCEK (1985) descreve que o procedimento adotado, trabalhando com farelo de soja, foi a lavagem dos sacos em água a 39°C por 15 minutos, na proporção de 1,0 litro de água por 250 gramas de alimento.

CASTILO ARIAS (1992) determinou a fração solúvel mergulhando os sacos no rúmen e lavando-os em seguida. AROEIRA et al. (1993) adotaram o procedimento de mergulhar os sacos em água fria por 30 minutos.

THIAGO (1994) sugere deixar os sacos, relativos ao tempo zero, mergulhados em água fria até o momento em que os sacos provenientes do primeiro tempo de incubação sejam retirados, sendo então lavados todos juntos. Procedimento

semelhante é adotado por PETIT et al. (1994), porém, até a lavagem com os primeiros sacos retirados do rúmen o material do tempo zero permanece em freezer.

Outro procedimento que se mostra controvertido na literatura é a sequência de colocação dos sacos de náilon no rúmen. NOCEK (1985) comparou os efeitos da colocação simultânea de todos os sacos no rúmen e retirados nos determinados intervalos de tempo com a colocação em ordem reversa e retirada de uma só vez, e observou menor taxa de degradação de N e MS do farelo de soja quando os sacos foram retirados a cada tempo de incubação. O autor justifica que a retirada dos sacos a cada intervalo de tempo expõe os outros sacos que permanecerão incubados, interferindo na fermentação, além de que, a lavagem parcelada dos sacos pode aumentar as variações em comparação com a lavagem simultânea permitida no primeiro procedimento.

Alguns trabalhos (VALADARES FILHO et al. 1991; CASTILO ARIAS, 1992) adotaram o procedimento de colocar os sacos de náilon, com as repetições para cada alimento em estudo, dentro de um saco de filó (25 x 30 cm) e inserí-los de uma só vez no rúmen, retirando um deste para cada tempo de incubação.

Com o propósito de reduzir as variações dos procedimentos mencionados, SAMPAIO (1994) recomenda a utilização de 1 animal para cada tempo de incubação (3 ou 4), eliminando dessa forma a manipulação do material incubado.

Após a retirada dos sacos do rúmen e a interrupção do processo de fermentação, os sacos são lavados de modo a retirar todo o fluído ruminal ainda existente no seu interior.

A lavagem manual deve ser feita em água fria corrente até o ponto em que se torne incolor, evitando-se esfregar os sacos para que não haja efeito físico sobre a amostra (ORSKOV et al., 1980; VALADARES FILHO et al., 1991; CASTILO ARIAS, 1992). No caso da lavagem mecânica, pode-se utilizar uma

lavadora de roupas de pequena capacidade, colocando-se nela uma determinada quantidade de sacos, de acordo com o volume de água, submetendo a agitação não muito intensa. O controle do tempo ideal de lavagem pode ser feito estabelecendo-se um tempo determinado ou simplesmente até que a água de lavagem se torne incolor (NOCEK, 1988).

VARVIKKO & LINDBERG (1985), utilizando um cilindro rotativo para lavagem, encontraram a menor variação entre duplicatas após 15 minutos de lavagem. Este mesmo tempo de lavagem, em máquina, é recomendado pelo AAC (1990).

ANDRADE (1994) menciona o uso de um lavador de pipetas, durante 3 a 6 horas, salientando que a lavagem mecânica é preferida em relação a lavagem manual por eliminar efeitos das variações pessoais de diferentes indivíduos.

Na técnica de degradação *in situ* busca-se favorecer o contato dos microrganismos ruminais com as partículas dos alimentos incubados, e por isso a intensidade da contaminação microbiana pode representar erro na estimativa da degradabilidade da MS e principalmente da PB.

Utilizando o ácido diaminopimélico como marcador, VALADARES FILHO et al. (1991) verificaram que os valores de degradabilidade aparente, da silagem de milho, farelo de algodão e milho moído, foram subestimados em 6,8; 4,4 e 2,7% para MS, e em 52, 6,1 e 13,3% para PB, respectivamente. WANDERLEY et al. (1993) utilizaram ^{15}N como marcador, e observaram que após 48h de incubação 31; 71 e 65% do N residual era de origem microbiana, para o milho, palhada de milho e feno de alfafa, respectivamente; sendo que para o período de incubação de 24 a 48h a MS microbiana correspondeu, em relação ao resíduo total, 10% para o milho, 17,5% para palhada de milho e 22% para o feno de alfafa.

Os erros na estimativa da degradabilidade devido a contaminação microbiana são de amplitude variável. VARVIKKO & LINDBERG (1985) concluíram que na estimativa da degradabilidade protéica a magnitude do erro, devido a contaminação microbiana, varia de acordo com o conteúdo de nitrogênio do material incubado. Os autores sugerem que sejam feitas correções da contaminação microbiana para alimentos volumosos de baixo teor proteico e alimentos ricos em amido. Em alimentos ricos em nitrogênio a contaminação é pequena e a correção dependeria dos resultados experimentais. Sugestões similares são feitas por NOCEK (1988) e VALADARES FILHO et al. (1991).

2.4. Taxa de passagem.

A taxa de passagem é uma variável crítica afetando a utilização do nutriente, já que ela controla o tempo disponível para os processos de digestão e absorção (EHLE, 1984).

Os estudos da cinética de passagem são baseados nas curvas de desaparecimento de marcadores da fase líquida e/ou sólida do conteúdo ruminal.

Quanto aos métodos para estimar a taxa de passagem, GROVUM & WILLIAMS (1973) descrevem um modelo com dois compartimentos, um com taxa de passagem rápida e outro com taxa de passagem lenta. Segundo os autores, a taxa lenta representa a passagem pelo rúmen, enquanto que a rápida representa a passagem pelo intestino. POORE (1987), cita que ELLIS et al. (1979) sugerem que ambos compartimentos existem no rúmen, sendo a taxa de passagem lenta representada pelas partículas grandes envolvidas na ruminação, e a taxa rápida representada pelas partículas menores que estão deixando o rúmen. POORE (1987) conclui que as taxas preditas pelos

diferentes modelos encontrados na literatura são similares, e que as taxas lentas descrevem a passagem pelo rúmen, enquanto que as taxas rápidas são uma combinação de eventos ocorrendo no rúmen, abomaso e intestino.

Um dos maiores problemas associados com a interpretação de modelos de passagem é o uso indiscriminado de marcadores (MERTENS, 1993). Medidas absolutas de taxa de passagem requerem marcadores recuperáveis, que estejam em equilíbrio com a fração marcada e que não se separem desta fração durante o estudo (UDÉN et al., 1980).

Em revisão sobre marcadores, POORE (1987) comenta que os primeiros estudos para determinação de taxa de passagem utilizaram partículas coloridas que eram fornecidas aos animais, e a taxa de passagem era determinada peneirando-se as fezes e fazendo-se a contagem das partículas recuperadas. Tal metodologia não parecia confiável, e na década de 60 surgiram novos métodos, que utilizavam principalmente elementos químicos raros. Estes elementos ligam-se fortemente às partículas dos alimentos e resistiam à migração durante a passagem através do trato digestivo. Estudos posteriores utilizaram radioisótopos como marcadores, que apresentam certas facilidades para serem quantificados, mas tendo como principal limitação o descarte de resíduos radioativos.

Uma das técnicas mais recentes, propostas por UDÉN et al. (1980), é a da fibra mordantada com cromo (Cr-mordente). A fibra mordantada apresenta como características favoráveis a estabilidade e indigestibilidade, além do baixo custo relativo do método.

De maneira geral, dos inúmeros marcadores disponíveis nenhum parece ser completamente satisfatório. Os marcadores da fase sólida são menos satisfatórios do que aqueles associados a fase líquida, devido, principalmente, aos problemas relacionados com a migração do marcador (UDÉN et al., 1980; THIAGO & GILL, 1990).

2.4.1. Técnica do cromo mordente.

Complexos de cromo com materiais orgânicos hidrofílicos podem ser preparados via redução do Cr hexavalente com ácido ascórbico. Os produtos trivalentes, dessa reação, obtidos com açúcares e amido são solúveis em água e estáveis para álcalis, enquanto que com proteínas e componentes da parede celular são geralmente insolúveis e indigestíveis. O complexo de cromo com ácido ascórbico é solúvel em água e álcool, e por esta razão no preparo de parede celular mordantada deve-se lavar completamente o material para se reduzir a contaminação com complexos solúveis de cromo (UDÉN et al., 1980).

O método para mordantar a fibra consiste na remoção do conteúdo celular, adição de solução de dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) e outra de ácido ascórbico, resultando num total de cromo equivalente à 12 a 14% do peso da fibra.

EHLE (1984) estudou a influência da densidade da partícula de alfafa, marcada com cromo mordente, sobre a taxa de passagem pelo rúmen. As taxas de passagem (%/h) e densidade da parede celular (g/ml) foram: 1,7 e 1,13; 0,72 e 1,16; 1,9 e 1,24; 2,3 e 1,40; 1,94 e 1,70 para fibra marcada com 2, 4, 8, 16 ou 32% de concentração de cromo. Os resultados evidenciaram que o aumento na densidade da partícula marcada, proporcionado pela maior concentração de cromo, pode resultar em superestimativa da passagem da partícula marcada em relação à não marcada.

POORE (1987) cita que POND et al. (1981) observaram que a passagem pelo rúmen de partículas marcadas com elementos raros foi ligeiramente mais rápida do que as partículas marcadas com cromo mordente.

2.4.2. Fatores que afetam a taxa de passagem.

Os fatores que afetam a taxa de passagem podem ser intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos estão relacionados com a resistência da parede celular à quebra e à redução no tamanho de partícula. A composição química, anatomia e morfologia da planta influenciam sobre estes fatores (MERTENS, 1993).

MERTENS (1993) cita que TROELSEN & CAMPBELL (1968) e SPALINGER (1986) observaram que a taxa de quebra no rúmen estava inversamente relacionada com a concentração de FDN e lignina no alimento, e que partículas da parede celular das forragens não se quebram em pedaços equidimensionais. Geralmente os fragmentos de leguminosas são mais cuboidais, enquanto que os de gramíneas são alongados e finos. Eles sugeriram que o formato filamentoso das gramíneas apresenta maior resistência para escapar do "tapete" do rúmen do que os fragmentos cuboidais das leguminosas.

CHERNEY et al. (1991) marcaram partículas grandes (37 mm) e pequenas (1 mm) de folha e caule de gramíneas, e observaram que o tempo de retenção no rúmen das partículas pequenas foi em média 30% menor que o tempo de retenção das partículas grandes, sendo a diferença mais evidente para partículas de caule.

Além do tamanho, a densidade também influencia sobre a passagem de partículas pelo rúmen. WELCH (1986) comenta que partículas de forragem seca tem densidade menor que 1, e que no rúmen estas partículas são hidratadas e gradualmente tornam-se mais densas. Segundo o autor, partículas com densidade menor que 1 passaram lentamente pelo rúmen e foram extensivamente ruminadas, enquanto que partículas com densidade de 1,17 a 1,42 passaram pelo rúmen mais rapidamente. Partículas com densidade de 1,77 a 2,14 passaram rapidamente e não foram ruminadas.

Quanto aos fatores extrínsecos que afetam a taxa de passagem, eles estão relacionados com o animal e a dieta total.

Das características do animal relacionadas com a taxa de passagem, o nível de ingestão parece ser a de maior impacto. A literatura disponível não evidencia efeitos específicos do estado fisiológico ou de características próprias do animal sobre a taxa de passagem.

VALADARES FILHO et al. (1991) compararam a taxa de passagem de uma dieta constituída de 55% de silagem de milho e 45% de concentrado, entre vacas no terço final de gestação, 15 dias após parto e no final da lactação. As taxas de passagem foram, respectivamente, 3,0; 4,0 e 5,0 %/h, sendo a taxa de passagem para vacas gestantes significativamente menor que para as vacas em lactação. Apesar dos autores apresentarem como conclusão tal observação, eles não discutem o fato de que as vacas gestantes apresentaram consumo (g MS/Kg PV^{0,75}) 20% menor que as vacas em lactação.

Em geral dietas com altos níveis de concentrado tem menores taxas de passagem pelo rúmen do que dietas com altos níveis de volumoso, e a percentagem de volumoso na ração é um fator significante na predição da taxa de passagem. O aumento no nível de volumoso na dieta, resultando em maiores taxas de passagem, é provavelmente mediado pelo aumento na atividade de ruminação e pelo fluxo de líquidos salivares para o rúmen. A ingestão é muitas vezes usada como variável para estimar a taxa de passagem, porém, parece mais adequado que a ingestão seja resultado da coordenação de processos fisiológicos que incluem mudanças na taxa de passagem e capacidade ruminal (MERTENS, 1993).

Estudando o efeito da relação volumoso:concentrado sobre a taxa de passagem dos componentes da dieta, COLUCCI et al. (1982) trabalharam com uma dieta contendo 32% de volumoso e 68% de concentrado (baixo volumoso) e outra contendo 83% de volumoso e 17% de concentrado (alto volumoso). O volumoso era

constituído pelas silagens de milho e de alfafa (50-50%) e o concentrado basicamente milho e farelo de soja. Os níveis de ingestão foram para manutenção (restrito) ou à vontade.

Para o consumo restrito, a taxa de passagem do concentrado foi de 3,8%/h, e da forragem de 2,3%/h para dieta com baixo volumoso, e de 5,3 e 4,1%/h para dieta com alto volumoso; para consumo à vontade, as taxas de passagem do concentrado e do volumoso foram 7,0 e 4,2%/h, para dietas com baixo nível de volumoso, e de 6,8 e 4,9%/h, respectivamente, para as dietas com alto nível de volumoso. Segundo os autores, o efeito do nível de volumoso sobre a taxa de passagem de partículas pelo rúmen é menos pronunciado para níveis mais elevados de ingestão.

MILLER & MUNTIFERING (1985) avaliaram o efeito de níveis de concentrado da dieta (0, 20, 40, 60 e 80% de milho) sobre a taxa de passagem do volumoso (feno de gramínea). Para os níveis de concentrado mencionados, as taxas de passagem foram, respectivamente, 2,1; 2,7; 2,4 e 1,9%/h, sendo a diferença significativa somente entre os níveis de 20 e 80% de milho.

Estudando os efeitos de níveis de volumoso sobre a taxa de passagem dos componentes da dieta, WOODFORD et al. (1986) avaliaram dietas contendo 28, 36, 45 e 53% de volumoso. O volumoso era feno de alfafa e o concentrado basicamente milho e farelo de soja. Para os respectivos níveis de volumoso, a taxa de passagem do feno foi 5; 6; 6,3 e 5,9%/h e para o concentrado 9,7; 10; 11,2 e 10,5%/h. Os resultados não evidenciaram efeito de níveis de volumoso sobre a taxa de passagem dos componentes da dieta.

POORE (1987) avaliou a taxa de passagem da palhada de trigo, feno de alfafa e sorgo floculado, quando estes alimentos constituíram dietas com níveis de concentrado de 30, 60 e 90%. A taxa de passagem da palhada de trigo e do feno de alfafa foi significativamente reduzida quando o nível de concentrado na dieta era de 90%. Embora não significativa,

para este nível de concentrado, a taxa de passagem do sorgo floculado foi também reduzida, em 13%.

OWENS & GOETSCH (1986), citados por POORE (1987), apresentaram de forma resumida a literatura disponível sobre os efeitos de níveis de concentrado sobre a taxa de passagem do volumoso e do concentrado da dieta (tabela 1.).

Tabela 1. Efeito de níveis de concentrado sobre a taxa de passagem.

%conc	concentrado			volumoso		
	N	KP	EP	N	KP	EP
< 20%	5	5,0	0,5	70	3,1	0,2
20-50%	29	6,9	0,2	53	3,7	0,3
50-80%	17	3,4	0,3	6	3,5	0,3
>80%	9	3,1	0,2	1	2,9	—

Fonte: POORE (1987).

onde: N = número de observações, KP = taxa de passagem, EP = erro padrão da média.

Considerando o efeito do nível de ingestão sobre a taxa de passagem, SNIFFEN et al. (1992) apresentam (tabela 2) as estimativas feitas pelo CNCPS da taxa de passagem (%/h) de alimentos sob diferentes níveis de ingestão (em relação à manutenção).

Tabela 2. Efeito do nível de ingestão, em relação ao de manutenção (x), sobre a taxa de passagem.

alimento	nível de manutenção		
	1x	2x	3x
milho quebrado	3,5	4,0	5,0
farelo de algodão	3,5	4,0	5,0
farelo de soja	3,5	4,0	5,0
silagem de milho			
30 - 50% de grão	1,5	2,0	2,5
< 30% de grão	1,0	1,5	2,0

Fonte: SNIFFEN et al. (1992).

2.5. Efeito do grupo genético.

Considerando-se as observações de BARRY et al. (1994), de que os requerimentos de energia e proteína metabolizáveis variam de acordo com a raça, estado fisiológico e características animais, poucos estudos foram conduzidos neste sentido, principalmente quanto a avaliações envolvendo animais zebuínos.

LIMA (1986) estudou a digestibilidade da energia e proteína de duas dietas com diferentes proporções de volumoso:concentrado (60:40 e 40:60) utilizando zebuínos (nelore), taurinos (holandês), mestiços (holandês/zebuínos) e bubalinos. Foi constatado uma maior digestibilidade aparente da energia para os bovinos nelore, em relação aos outros grupos genéticos, para a dieta mais rica em volumoso (60%), sendo a digestibilidade no rúmen reduzida em 30% com o menor nível de volumoso (40%). A digestibilidade aparente da proteína foi também maior para os bovinos nelore na dieta com menor nível de concentrado (40%), e reduzida em 50% para estes animais quando o concentrado correspondeu a 60% da dieta. O mesmo autor cita que VIEIRA (1984) não observou

diferença entre grupos genéticos quanto à digestibilidade da proteína.

GOMES (1982) observou, em dietas com 40% de concentrado, que novilhos holandeses apresentaram maior digestibilidade da proteína do que zebuínos e bubalinos, e não diferiram de animais mestiços (holandês x zebu), enquanto que para energia os maiores valores de digestibilidade foram obtidos para os animais zebuínos e holandeses com a dieta contendo 60% de concentrado. Os zebuínos e bubalinos apresentaram tendência para redução do consumo de matéria seca com o maior nível de concentrado da dieta (60%), ocorrendo o inverso para os animais holandeses e mestiços.

Comparando os mesmos grupos genéticos citados anteriormente, GONÇALVES (1987) observou que para 6 rações avaliadas, os bovinos nelore apresentaram, em média, consumo de matéria seca 24% menor que os bovinos da raça holandesa, principalmente para as rações com mais de 40% de concentrado. Em relação aos animais mestiços, os holandeses apresentaram consumo médio 9% maior. O maior consumo observado para animais holandeses, segundo os autores, aumentou o trânsito gastrointestinal da dieta e foi responsável pela menor digestibilidade encontrada para energia e proteína.

O autor verificou seletividade de alimentos por parte dos bovinos nelore e dos bubalinos, através da maior proporção de concentrado observada nas sobras das dietas, em relação aos outros grupos genéticos.

3. MATERIAL E MÉTODOS.

3.1. Animais e manejo.

Foram utilizados 4 bovinos machos da raça Nelore, com idade aproximada de 36 meses e peso médio de 520 kg. Os animais foram dotados de cânulas ruminais flexíveis de 12 cm de diâmetro.

Eles permaneceram em baias individuais, no estábulo experimental, recebendo de forma individual a alimentação e tendo à vontade água e sal mineralizado.

Os animais receberam, previamente, tratamento para o combate de endo e ectoparasitas.

3.2. Obtenção dos alimentos estudados

Para que os alimentos estudados fossem os mais representativos dos utilizados convencionalmente no arraçoamento de bovinos, buscou-se obter amostras de alimentos de diferentes procedências.

A silagem de milho utilizada foi produzida na área de cultura do Departamento de Zootecnia da ESALQ-USP em Piracicaba-SP. O material era proveniente da safra agrícola de 1992 e constituía-se de 17 variedades (Fo-01;XL 370;XL 380;XL 520;ICI 8447;ICI 8392;DINA 771,DINA 170;P 3072;P 3010;P 3207;P 3232;C 701;C 505;AG 106;X 1282;G 505). As sementes eram remanescentes de experimentos para avaliação de variedades de milho para produção de silagem, plantadas aleatoriamente, de acordo com o ciclo da cultura, colhidas simultaneamente e ensiladas em silo do tipo trincheira.

Foram coletadas 2 amostras de aproximadamente 10 kg cada, provenientes de diferentes partes do silo, homogeneizadas, e tomada uma alíquota que foi armazenada em freezer. O restante foi submetido a secagem em estufa com aeração forçada, a 55°C, por 72h.

O farelo de algodão era em parte proveniente de amostra cedida pela fábrica de rações Fri-Ribe (Pitangueiras-SP) e em parte proveniente de diferentes marcas comerciais disponíveis na ocasião.

Depois de analisados e considerados de composição química semelhante, os farelos foram amostrados individualmente e as amostras armazenadas em freezer. O restante do material utilizado foi misturado e devidamente homogeneizado, sendo então tomada uma alíquota de aproximadamente 2,5 kg para o estudo.

O milho grão foi obtido de três diferentes origens, sendo uma proveniente de amostras de 2 silos do departamento de Zootecnia, de milho adquirido no comércio, e as outras duas obtidas junto às fábricas de rações Fri-Ribe (Pitangueiras-SP) e Agrocere (Rio Claro-SP). Parte de cada uma das amostras foi armazenada em freezer. O material restante foi misturado e devidamente homogeneizado, tomando-se uma alíquota de aproximadamente 2,5 kg para o estudo.

3.3. Dietas experimentais.

O experimento foi desenvolvido com duas dietas experimentais :

Dieta 1: 80% de volumoso + 20% de concentrado;

Dieta 2: 60% de volumoso + 40% de concentrado.

O volumoso utilizado foi silagem de milho, e o concentrado composto de milho e sorgo moídos, farelo de soja e farelo de algodão, nas proporções indicadas na tabela 3.

Tabela 3. Constituição das dietas experimentais*.

dietas	silagem de milho	far. de soja	far. de algodão	milho	sorgo
D 1	82	3,6	3,6	5,4	5,4
D 2	61	3,9	3,9	15,6	15,6

* porcentagem da dieta

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Como a dieta foi constituída com os alimentos em estudo, ela fornecia nutrientes acima do requerimento para manutenção dos animais. Deste modo, elas foram banceadas para permitir ganho de peso aproximado de 0,6 kg/dia.

Com base nos dados relativos aos animais, manejo, ambiente e dieta, foram feitas através do CNCPS, segundo FOX et al. (1990), as seguintes estimativas (tabela 4).

Tabela 4. Estimativas da composição da dieta e desempenho animal, através do CNCPS.

	MS	PB	Pdegr	FDN	NDT	EM	MSI	GP
DIETA	(%)	(%)	(%PB)	(%)	(%)	(mcal/d)	(kg/d)	(kg/d)
D 1	43,0	11,1	75,2	38,2	73	19,2	7,6	0,54
D 2	55,5	12,1	72,7	29,9	78	20,8	7,7	0,66

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

As quantidades de MS fornecidas diariamente seguiram as estimativas apresentadas, correspondendo em aproximadamente 1,5% do peso vivo dos animais (em torno de 70 g MS/Kg $pv^{0,75}$).

3.4. Determinação da degradabilidade *in situ*.

Amostras de 5,5 g de alimento foram colocadas em sacos de náilon de 7 x 14 cm de área livre, sendo a silagem de milho moída em peneira de 5 mm, o milho grão e o farelo de algodão em peneira de 2 mm.

O tecido de náilon era poliamida, resistente a alta temperatura, não resinado, com porosidade de 40 a 50 micra de diâmetro e 30% de área livre. As laterais do saco foram seladas a quente com máquina seladora de plásticos.

A quantidade de MS de amostra por área livre de saco foi de aproximadamente 25 mg/cm², em função da quantidade de resíduo necessário para as análises bromatológicas.

O ciclo de coleta realizou-se em 2 períodos, sendo cada um constituído de 21 dias de adaptação à dieta e 3 dias de coleta, onde os 3 alimentos foram submetidos à degradação, nas 2 dietas, em 4 animais.

Os tempos de incubação no rúmen foram de 3, 6, 12, 24, 36, 48 e 72h para silagem de milho e de 2, 4, 6, 12, 24 e 48h para milho e farelo de algodão.

Foram colocados 89 sacos de náilon por animal, correspondentes a 5 repetições nos tempos de 72 e 48h, 4 repetições para 36h, e 3 repetições para 24, 12, 6 e 3h para a silagem de milho, sendo para o milho e o farelo de algodão 7 repetições para 48h, 6 para 24h, 4 para 12 e 6 h, e 3 repetições para 4 e 2h. Foi incluído um saco sem amostra (branco) para cada tempo de incubação.

Os sacos de náilon contendo as amostras foram previamente lavados em água a 39°C por 15 min, para remover a fração considerada solúvel. Após a lavagem, os sacos foram secados em estufa com aeração forçada a 55°C por 72h, e em seguida esfriados em dessecador e pesados.

O material referente ao tempo zero não foi incubado.

Os sacos foram colocados no rúmen nos tempos pré estabelecidos e retirados simultaneamente no final do período de incubação. Após a retirada, os sacos foram imersos em água com gelo por aproximadamente 2h, para interromper a fermentação.

Todos os sacos foram lavados em máquina lavadora de roupas, com agitação e fluxo de água contínuos, sendo interrompida a lavagem quando a água se apresentava ligeiramente turva.

Após escoada a água em excesso, os sacos foram colocados em bandejas forradas com papel sem tinta e levados para secagem em estufa com aeração forçada, a 55°C, por 72h. Em seguida os sacos foram esfriados em dessecador e pesados.

3.5. Cálculo das degradabilidades.

A degradabilidade potencial (DP) das diferentes frações dos alimentos foi calculada segundo o modelo matemático proposto por MEHREZ & ORSKOV (1977):

$$DP = A+B(1 -e^{-ct})$$

onde:

DP = potencial de degradação da fração (no tempo);

A = fração solúvel (%), obtida através da lavagem inicial dos sacos contendo alimento;

B = fração potencialmente degradável (%), obtida por $100-(A+C)$;

C = fração considerada indegradável, resíduo obtido no final do período de degradação.

c = taxa de degradação da fração B, obtida através da regressão do logarítmo natural do resíduo potencialmente degradável.

A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada segundo o modelo matemático proposto por ORSKOV & Mc DONALD (1979):

$$DE = A + [(B \cdot c) / (c + K)]$$

onde:

K = taxa de passagem da fase sólida da digesta

O tempo de colonização (*lag time*) foi calculado segundo o modelo proposto por Mc DONALD (1981):

$$\text{lag time} = (\ln \text{RPD } t_0 - \ln \text{RPD } t) / c$$

onde:

$\ln \text{RPD } t_0$ = logarítmo natural do resíduo potencialmente degradável no tempo 0h.

$\ln \text{RPD } t$ = logarítmo natural do resíduo potencialmente degradável no penúltimo tempo de incubação.

c = taxa de degradação da fração B.

Quando considerado o *lag time* as frações A e B foram calculadas segundo SUSMEL et al. (1990). As frações foram denominadas A' e B', sendo A' obtida quando considerada solúvel a porção do alimento desaparecida até o *lag time*, e B' obtido por $(A+B) - A'$.

3.6. Frações analisadas.

Todas as amostras, dos alimentos e dos resíduos, foram moídas em peneiras de 1 mm.

Nos alimentos foi determinada a matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB), segundo os métodos da AOAC (1980); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio

insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e lignina (LIG), segundo VAN SOEST et al. (1991); amido (AM), segundo MCRAE & ARMSTRONG (1968) e POORE et al. (1989), seguindo adaptações de PEREIRA & ROSSI (1994); nitrogênio solúvel (NS) e nitrogênio não protéico (NNP), segundo KRISHNAMOORTHY et al. (1982), seguindo adaptações de PEREIRA & ROSSI (1994).

No resíduo da degradação foi determinada a proteína bruta, fibra em detergente neutro, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e amido.

3.7. Determinação das taxas de passagem.

As determinações das taxas de passagem da fase sólida foram feitas utilizando-se a técnica do cromo mordente, descrita por UDÉN et al. (1980).

A fibra marcada foi a da silagem de milho, retirando-se os grãos do material. Foram colocados aproximadamente 120g de material marcado no rúmen de cada animal.

Os horários de coleta de fezes foram 0, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 42, 48, 54, 60, 72, 84, 96 e 120 horas ; e de conteúdo ruminal 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 42, 48, 54, 60, 72 e 84 horas, após a introdução da fibra marcada com cromo no rúmen.

Para determinação do cromo recuperado nas fezes e no conteúdo ruminal, foi utilizada a metodologia desenvolvida na Universidade do Arizona-EUA, apresentada por PEREIRA & ROSSI (1994).

A taxa de passagem foi obtida através da regressão do logarítimo natural a partir da maior concentração de cromo nas fezes e no conteúdo ruminal, correspondente às amostras das coletas efetuadas nos diferente horários.

3.8. Análise estatística dos dados.

As análises dos efeitos da dieta sobre as frações solúvel, potencialmente degradável, indegradável e taxas de degradação (coeficientes da equação de MEHREZ & ORSKOV, 1977), assim como sobre as degradabilidades potencial e efetiva, considerando-se ou não o *lag time*, foram efetuadas utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, assumindo-se que cada animal constituiu um bloco.

O sistema de análises estatísticas utilizado foi o SANEST, por permitir o desdobramento de possíveis interações.

Para se analisar o efeito das dietas sobre a taxa de passagem dos sólidos foi utilizado o T-TEST do SAS.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1. Caracterização dos alimentos.

A composição química dos alimentos estudados é apresentada na tabela 5. As frações analisadas seguiram as propostas do CNCPS, e por isso, os resultados obtidos são, em sua maioria, comparados aos apresentados no referido modelo.

Silagem de milho:

Considerando-se que a silagem representava a mistura de 17 variedades de milho, reunindo plantas de características agronômicas distintas, a silagem estudada apresentou em média 36% de grãos, 39,28% de FDN e 7,13% de PB, podendo ser considerada de boa qualidade.

O teor de MS de 41,94% está acima do recomendado (33 a 37%) para silagem de milho, o que pode implicar em má compactação do material, favorecendo seu aquecimento indesejável. O valor encontrado de NIDA (12,57% do NT) pode ser indicativo de aquecimento do material, já que o CNCPS apresenta para a silagem com 35% de grãos e 33% de MS valores de NIDA de 9% da PB.

Os valores relativos à fração protéica da silagem mostraram-se semelhantes aos apresentados pelo CNCPS para a silagem de milho com 35% de grãos. Os teores de 7,13% para a PB e de 41,39% para a PSOL são próximos aos valores de 8,6% e de 50% apresentados no modelo. O CNCPS considera que toda a PSOL da silagem é NNP, o que pode ser constatado no presente estudo, onde o NNP correspondeu a 97,83% da PSOL.

Tabela 5. Composição química dos alimentos em estudo.

fração	unid.	silagem de milho	farelo de algodão	milho
MS	%	41,94	90,24	88,81
EE	% MS	2,68	0,81	4,84
MM	% MS	8,26	6,77	1,41
FDN	% MS	39,28	27,38	10,89
FDA	% MS	23,30	19,24	3,43
LIG	% FDN	6,75	25,00	2,16
CHO*	% MS	81,93	43,07	84,47
CNE*	% CHO	53,93	59,16	88,51
CNE*	% MS	44,18	25,48	74,76
AM	% MS	27,23	0,79	65,13
AM*	% CNE	61,63	3,10	87,12
NIDN	% NT	21,27	19,84	12,77
NIDA	% NT	12,57	4,27	4,47
PB	% MS	7,13	49,35	9,28
PSOL	% PB	41,39	15,37	17,79
NNP	% PSOL	97,83	57,70	30,02

MS: matéria seca; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LIG: ligninina; CHO: carboidratos; CNE: carboidrato não estrutural; AM: amido; NIDN: nitrogênio insolúvel em neutro; NT: nitrogênio total; NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido; PB: proteína bruta; PSOL: proteína solúvel; NNP: nitrogênio não protéico.

* Frações estimadas através do CNCPS.

Em relação à fibra, os valores de FDN (39,28%) e LIG (6,75%FDN) são inferiores aos apresentados pelo CNCPS (46 e 8,7%), indicando que, embora as silagens apresentem a mesma porcentagem de grãos, elas provavelmente não se equivalem quanto à qualidade. Estas diferenças podem estar relacionadas ao estágio de maturação fisiológica da planta na ocasião da ensilagem, principalmente quando se comparam plantas desenvolvidas em clima temperado com as desenvolvidas em clima tropical.

O teor de amido encontrado para a silagem de milho, expresso em porcentagem da MS (27,23%), mostra-se ligeiramente inferior a faixa de valores médios apresentados por PATTON (1994), de $39,4 \pm 9,5\%$, e próxima aos 27,7% apresentados por MERTENS (1992).

Variações encontradas para os valores de amido da silagem de milho podem ser atribuídas às diferentes proporções de grãos entre os materiais e as metodologias empregadas na sua determinação.

As metodologias que utilizam a degradação enzimática do amido, como a deste estudo, apesar de mais trabalhosas, são mais precisas, por permitirem somente a quantificação de açúcares provenientes do amido (glucose), enquanto que as metodologias que empregam a digestão ácida, seguida pela quantificação dos açúcares através de reagentes, como o de Fehling, por exemplo, parecem determinar açúcares redutores totais, superestimando a fração amido.

Quanto ao amido expresso em porcentagem dos CNE, o CNCPS estima, para silagem com estas características, que o amido representa a totalidade dos CNE. Segundo MERTENS (1992), o amido da silagem de milho pode representar 90% dos CNE. O valor obtido de 61,63% está muito abaixo de tais estimativas.

Embora não tenha sido determinada a fração correspondente aos açúcares, algumas considerações podem ser feitas no sentido de que a quantidade de açúcares presentes

na silagem estaria em função da intensidade do processo fermentativo. A fermentação do material pode ser menos intensa, principalmente quando se tem teores de matéria seca mais elevados, e, deste modo, não há consumo total dos açúcares solúveis que juntamente com o amido vão constituir a totalidade dos CNE.

Com base nas frações analisadas foi possível estimar as subdivisões da fração carboidrato sugeridas pelo CNCPS, onde: B1 = 33,3%; B2 = 38,4% e C = 7,8%.

O CNCPS considera que a fração B2 corresponde a parede celular disponível corrigida para a proteína associada e minerais. Quando comparada a FDN pontencialmente degradável, obtida no ensaio de degradação *in situ* (tabela 7), que correspondeu em média a 61,97% da FDN da silagem, observa-se que B2 foi superestimada.

Assim como os carboidratos, foram estimadas as subdivisões da fração protéica através do CNCPS, onde A = 40,50%; B1 = 0,9%; B2 = 37,3%; B3 = 8,7% e C = 12,6%.

Relacionando-se tais estimativas com os resultados obtidos *in situ*, quanto a degradação da proteína da silagem, algumas considerações podem ser feitas.

As frações estimadas, A e B1 consideradas solúveis, corresponderam a 41,4% da PB, enquanto que para o ensaio *in situ*, a proteína solúvel correspondeu a 62,61% da PB (tabela 7). A diferença pode ser atribuída às perdas de partículas de alimentos, através da malha do tecido, por ocasião da lavagem dos sacos antes da incubação, o que estaria de acordo com as observações de NOCEK (1985, 1988).

VAN SOEST & FOX (1992) estimaram que a fração B1 para silagem de milho é igual a zero e que B3 corresponderia a 7% da PB, sendo 20 % menor que o valor médio de 8,7% estimados neste estudo.

Como B3 corresponde ao NIDN menos o NIDA, esta diferença de 20% pode ser atribuída aos valores encontrados para estas frações em relação aos apresentados no modelo.

Enquanto o modelo apresenta valores de NIDN e NIDA de 16 e 9% da PB, neste estudo foram encontrados valores de 21,27 e 12,57%, respectivamente, indicando que o N associado à parede celular da silagem estudada é superior em mais de 30% à silagem correspondente no modelo.

O valor de 37,3% estimado para a proteína disponível, fração B2, foi muito próximo aos 34% apresentados por VAN SOEST & FOX (1992), e ambos correspondem à média da proteína potencialmente degradável de 36% (tabela 7), mostrando que para esta fração as estimativas equivaleram-se às determinações *in situ*.

O CNCPS considera que todo o NIDA é indisponível. Portanto, 12,6% da PB da silagem (fração C) não seria aproveitado pelo animal. Porém, observa-se que a proteína considerada indegradável (tabela 7) corresponde, em média, somente a 1,08% da PB. Deste modo, pode-se inferir que boa parte do NIDA da silagem é disponível, concordando com WEISS et al. (1986; 1992), que concluíram que até 30% do NIDA da silagem pode ser disponível, embora no presente estudo esta disponibilidade deva ser considerada alta (91%).

Farelo de algodão:

Para as subdivisões da fração carboidrato, sugeridas pelo CNCPS, foram obtidos os seguintes valores: B1 = 1,9%; B2 = 2,7% e C = 38,2%.

A fração B2 correspondente à parede celular disponível, mesmo corrigida para PB associada e minerais, foi muito inferior a disponibilidade média de 76% da FDN, determinada *in situ*, para a FDN potencialmente degradável do farelo (tabela 8).

A estimativa da fração C, de 38,2% como carboidratos indisponíveis, é muito superior à média de 22,69%, determinada *in situ*, para a fração indegradável da FDN.

Os teores de LIG e FDN encontrados, 25,0 e 27,38%, podem ser considerados iguais aos encontrados no CNCPS para o farelo de algodão com 49% de PB (25 e 28%).

O teor de AM expresso em porcentagem da MS (0,79%) é considerado baixo. A literatura apresenta valores médios de 6 e 8%, porém, esta discrepância pode em parte ser devida às metodologias utilizadas na sua determinação, que superestimam esta fração incluindo outros carboidratos não estruturais. MERTENS (1992) apresenta valores médios de 1,5% para o amido do farelo de algodão.

Quando expresso em porcentagem do CNE, o valor de 3,10% encontrado para o amido, está muito abaixo dos apresentados pelo CNPS (90%) e por MERTENS (1992) (20%). Esta grande variação entre resultados pode ser devida à forma de se quantificar a fração CNE, que neste estudo correspondeu a 25,48% da MS, enquanto que no trabalho de MERTENS são apresentados valores de 7,5 e de 15%, utilizando-se metodologias distintas. Deste modo, parece ser ainda necessário definir quais seriam as metodologias adequadas e maior número de determinações para melhor se quantificar esta fração.

O valor determinado para o NNP de 57,7% da PSOL foi superior ao valor de 40% apresentado pelo CNCPS.

As subdivisões da fração protéica do farelo de algodão, estimadas através do CNCPS, foram as seguintes: A = 8,9%; B1 = 6,5%; B2 = 64,8%; B3 = 15,6% e C = 4,2%.

O teor de PSOL, que corresponde às frações A e B1, foi de 15,4% da PB, sendo pouco menor que os 20% estimados pelo CNCPS. Quando comparados aos 41,48% obtidos para a proteína considerada solúvel no ensaio *in situ* (tabela 8), o teor de 15,4% é baixo, apesar de tal comparação não ser muito adequada devido às perdas de partículas do alimento, durante a lavagem dos sacos de náilon, para a determinação da fração solúvel. Este problema é mais evidente para o farelo de algodão devido a grande quantidade de partículas finas

decorrentes do seu processamento.

A estimativa da fração protéica disponível (B2), de 64,8% da PB, é 20% maior do que a média (53,7%) da proteína considerada potencialmente degradável no ensaio *in situ* (tabela 8), porém está próxima aos 70% estimados para esta fração por VAN SOEST & FOX (1992).

O valor estimado de 15,6% da PB para a fração B3 é muito superior aos 2% estimados pelo CNCPS e também apresentados por VAN SOEST & FOX (1992). Esta diferença é devida ao fato de que B3 é igual ao NIDN menos o NIDA, frações que neste estudo corresponderam a 19,84 e 4,27% do NT, respectivamente, enquanto que o modelo considera para o farelo de algodão (49% de PB) os valores de 10 e 8%. Assim, da mesma forma como ocorreu para silagem, o valor encontrado para NIDN é em muito superior ao utilizado pelo modelo, porém para o NIDA o valor encontrado é praticamente 50% menor.

A fração C, relativa à proteína indisponível, que corresponde ao NIDA do farelo de algodão e foi de 4,27% da PB, equivaleu-se à proteína indegradável (4,8%) determinada *in situ* (tabela 8), indicando, além da correta estimativa pelo CNCPS, que o NIDA do farelo de algodão foi totalmente indisponível.

Milho:

Comparando-se as frações determinadas com os valores apresentados pelo CNCPS, observa-se que apesar dos teores de PB do milho serem próximos (9,28 e 10%), algumas frações protéicas não corresponderam.

O valor determinado para PSOL foi 62% maior que o estimado pelo CNCPS (17,79 vs 11% da PB), enquanto que o NNP determinado foi de 60% menor que o estimado (30,02 vs 73% da PSOL).

Para a proteína associada à parede celular, os valores de 12,77% para o NIDN e de 4,47% para o NIDA foram bem próximos aos estimados pelo sistema, 15 e 5%, respectivamente.

As subdivisões da fração protéica do milho foram as seguintes: A = 5,4%; B1 = 12,4%; B2 = 69,4%; B3 = 8,3% e C = 4,5%.

A PSOL, que corresponde à soma das frações A e B1 (17,8%), foi muito inferior à média da proteína solúvel determinada no ensaio *in situ* (41,48%) (tabela 9), o que reforça o fato da perda de partículas durante a lavagem dos sacos de náilon.

O valor encontrado para a proteína disponível (B2 = 69,4%) está próximo ao do encontrado, *in situ*, para a média de proteína potencialmente degradável do milho (68,86%) (tabela 9).

Comparando-se a fração C, que equivale ao NIDA e é considerada indisponível, com a média da fração indegradável da proteína do milho (tabela 9), observa-se que a primeira é 54% maior que a segunda (4,47 vs 2,04%), indicando que parte do NIDA do milho foi degradado. Esta observação vai de encontro com as feitas por WEISS et al. (1992), que consideraram que 60% do NIDA presente nos concentrados pode ser disponível.

Os valores de FDN (10,89%) e LIG (2,16%) foram próximos aos valores encontrados no CNCPS (9 e 2,2%).

O teor de amido de 65,13% da MS é inferior ao valor médio de $76,1 \pm 8,8\%$ apresentados por PATTON (1994), e aos 71,9% apresentados por MERTENS (1992). Estas variações podem ser atribuídas, principalmente, às diferentes metodologias utilizadas para a determinação do amido, discutido anteriormente para silagem, e reforçam a necessidade de metodologias mais eficientes e do maior número de determinações para a melhor estimativa desta fração.

Quando expresso em porcentagem dos CNE, o valor de 87,12% para o amido está muito próximo aos 90% estimados pelo CNCPS e por MERTENS (1992).

O valor de 74,76% de CNE, expressos em porcentagem da MS, se equivalem aos apresentados por MERTENS (1992), que foram de 74,1 e 73,4%, utilizando diferentes metodologias.

Através do CNCPS foram estimadas as subdivisões da fração carboidratos, tendo-se: B1 = 77,1%; B2 = 10,8% e C = 0,7%.

4.2. Taxa de passagem das dietas.

Durante a condução do ensaio para determinação da taxa de passagem, foram feitas algumas observações que merecem comentários .

A maior concentração de cromo no conteúdo ruminal só foi obtida após 8h da colocação da fibra marcada no rúmen. Para os tempos de amostragem de 0 e 4 h as concentrações foram inferiores à obtida no tempo de 8h, tornando estas amostragens desnecessárias. Isto pode ser atribuído a não homogeneização do conteúdo ruminal amostrado, apesar deste ter sido intensamente misturado.

As concentrações de cromo, das amostras de conteúdo ruminal obtidas após 60 h, apresentaram grande variação entre repetições, devido às baixas concentrações, sugerindo como este tempo o máximo para amostragem.

A maior concentração de cromo nas fezes foi observada nas amostras relativas aos tempos de 28 a 36h, independentemente das dietas. As concentrações relativas aos tempos de 96 e 120h, além da grande variação entre repetições, ficaram abaixo da faixa ideal de leitura no espectrofotômetro.

As taxas de passagem das duas dietas, estimadas a partir de amostras de fezes e de conteúdo ruminal, são apresentadas na tabela 6.

Apesar do maior coeficiente de variação das taxas de passagem estimadas através das fezes, os valores médios encontrados foram utilizados no cálculo da degradabilidade efetiva das frações estudadas.

Tabela 6. Taxa de passagem das dietas, determinadas a partir de amostras de fezes e de conteúdo ruminal.

animal	Dieta 1		Dieta 2	
	fezes (%/h)	c. ruminal (%/h)	fezes (%/h)	c. ruminal (%/h)
A 1	4,18	4,77	4,04	4,81
A 2	5,08	5,51	4,40	6,24
A 3	3,01	3,60	2,53	3,73
A 4	2,69	4,88	2,67	3,79
Média	3,74	4,69	3,41	4,64
Cv	29,38	16,98	27,81	25,30

CV = coeficiente de variação

Dieta 1 = 80% volumoso + 20% concentrado

Dieta 2 = 60% volumoso + 40% concentrado

As taxas obtidas de amostras do conteúdo ruminal foram consideravelmente maiores que as obtidas através das fezes, 25% para dieta 1 (4,69 vs 3,74%/h) e 36% para dieta 2 (4,64 vs 3,41%/h), e não se mostraram compatíveis com os valores médios encontrados na literatura.

A coleta de amostras representativas de conteúdo ruminal provoca desarranjos na distribuição da dieta dentro do rúmen e na estratificação do ambiente ruminal, o que requer tempo adicional para seu restabelecimento (GOESTCH & OWENS, 1985). Estes autores avaliaram os efeitos do local de amostragem (rúmen, duodeno, íleo e reto) sobre a estimativa da taxa de passagem de líquidos e partículas, e consideraram

a amostragem no reto (fezes) a mais adequada para a estimativa da taxa de passagem de partículas.

Não houve efeito de dietas sobre a taxa de passagem estimada através das fezes ($P > 0,25$) e pelo conteúdo ruminal ($P > 0,45$), e as diferenças foram de 8,8% para D1 (3,74 vs 3,41%/h) e de 1,0% para D2 (4,69 vs 4,64%/h). Mesmo quando excluídos os dados dos animais A4 na dieta 1 e A1 na dieta 2, por estarem fora de uma distribuição normal, os coeficientes de variação são de 25,38 e 20,81 para D1 e de 32,55 e 31,22 para D2, para fezes e conteúdo ruminal, respectivamente.

Os principais fatores que afetam a passagem do alimento pelo trato digestivo, segundo a literatura, são o nível de ingestão e a proporção de volumoso e concentrado.

No presente estudo os níveis de ingestão foram praticamente os mesmos para as duas dietas, em torno de 1,5% do peso vivo (70 g MS/Kg $pv^{0,75}$).

Quanto ao efeito da proporção de volumoso e concentrado sobre a taxa de passagem a literatura mostra-se inconclusiva. MILLER & MUNTIFERING (1985) só observaram efeito significativo de níveis de concentrado (20, 40, 60 e 80%) sobre a taxa de passagem das dietas, quando contrastados os níveis de 20 e 80%. WOODFORD et al. (1986) não verificaram efeito dos níveis de volumoso da dieta de 28, 36, 45 e 53% sobre a taxa de passagem do próprio volumoso e do concentrado.

Contrário às observações deste estudo, COLUCCI et al. (1982) afirmam que o efeito do nível de concentrado sobre a taxa de passagem de partículas pelo rúmen é mais pronunciado para níveis de ingestão restritos.

4.3. Frações solúvel, potencialmente degradável, indegradável e taxa de degradação.

A fração solúvel (A), considerada como a fração rapidamente degradável obtida com a lavagem dos sacos em água a 39°C por 15 min sob agitação branda. As frações potencialmente degradável (B) e a considerada indegradável (C) são determinadas *in situ*. A taxa de degradação (c), da fração potencialmente degradável, é obtida pela regressão do logaritmo natural do resíduo potencialmete degradável.

Na determinação dos valores apresentados para estas frações não foi considerado o tempo de colonização (*lag time*).

O efeito das diferentes dietas sobre os parâmetros estudados foi avaliado ao nível de 5% de probabilidade. Para a maioria dos parâmetros avaliados, com exceção da MS potencialmente degradável, o efeito das dietas só foi evidenciado em níveis acima de 30% de probabilidade, e portanto não usuais para este tipo de estudo. O mesmo foi observado quanto ao efeito de animal.

Embora existam diferenças numéricas consideráveis entre médias de certas frações, a não significância estatística observada pode ser, dentre outras, consequência do número de repetições possível, apenas 4.

4.3.1. Silagem de milho.

Os valores da fração solúvel (A), para a MS, foram obtidos somente com a lavagem dos sacos e, portanto não sofreram efeito de dieta ou de animal. A pequena variação entre os valores pode ser indicativo de boa homogeneidade das amostras.

Na tabela 7 são apresentados os valores das frações solúvel, potencialmente degradável, indegradável e a taxa de degradação da fração potencialmente degradável, das frações avaliadas para a silagem de milho.

SUSMEL et al. (1990) apresentam valores médios de 26% para fração A da MS da silagem, enquanto VALADARES FILHO et al. (1991) apresentam valores médios de 16%. Pequenas variações podem ser atribuídas à própria composição do alimento, enquanto que maiores discrepâncias entre resultados podem ser devidas às perdas de partículas durante a lavagem dos sacos, juntamente com a fração solúvel, segundo NOCEK (1985, 1988).

Tais variações são determinadas pela porosidade do tecido de náilon, tamanho de partícula e pelos diferentes processos para determinação da fração A, conforme apresentado na revisão, indicando a necessidade de padronização da metodologia.

Os valores relativos à fração solúvel da PB, NIDN, FDN e AM, para as duas dietas, são provenientes de uma única determinação para cada fração.

O valor de 62,61%, encontrado para a fração solúvel (A) da PB pode ser considerado relativamente alto. Contribui para este valor o fato de que a PSOL da silagem correspondeu a 41,39% da PB, sendo que 97,83% da PSOL era NNP (tabela 5), que é altamente solúvel.

O valor de 59,61% encontrado para a fração solúvel do AM parece alto, principalmente se comparado ao valor de 17,56%, para a mesma fração, encontrado para o milho.

O amido é parcialmente solúvel em água quente, sendo esta solubilidade também observada para o amido sob ação de ácidos fracos, que atuam rompendo as pontes de hidrogênio entre as moléculas de glucose (VAN SOEST, 1982).

Tabela 7. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para a silagem de milho, nas duas dietas.

Frac	A (%)		B (%)		C (%)		c(%/h)	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	20,02	21,02	56,03 _a	52,38 _b	23,95	26,59	2,96	2,43
PB	62,61	62,61	36,28	36,32	1,10	1,07	3,32	3,76
NIDN	22,41	22,41	76,98	76,93	0,61	0,65	2,71	1,84
FDN	16,01	16,01	63,51	60,43	20,47	23,56	2,94	1,49
AM	59,61	59,61	39,57	39,48	0,81	0,91	12,79	15,98

Frac. frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro; AM-amido.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Valores seguidos de letras distintas, na mesma linha e para a mesma fração, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A determinação do AM solúvel utilizando-se água a 39°C pode fornecer valores superiores aos obtidos por metodologias que utilizam água fria na sua determinação, como descritas por THIAGO (1994) e PETIT et al. (1994). No caso da silagem, a solubilidade do AM pode ainda ser favorecida pela ação dos ácidos provenientes de sua fermentação, que atuam rompendo as pontes de hidrogênio, principalmente da amilopectina, que predomina no amido do milho imaturo e apresenta menor grau de polimerização e ligações mais fracas.

A dieta com maior nível de concentrado (D2) proporcionou redução ($P < 0,05$) na MS potencialmente degradável (B). Embora não significativa ($P > 0,05$), observa-se o mesmo efeito para a fração FDN.

A dieta 2 proporcionou ingestão três vezes maior de milho e sorgo pelos animais em relação à dieta 1. Isto provavelmente determinou, no rúmen, maior desenvolvimento de bactérias amilolíticas em detrimento as bactérias celulolíticas, prejudicando a degradação da fração fibrosa. Além do substrato disponível (amido), soma-se o fato das bactérias amilolíticas serem mais tolerantes ao abaixamento do pH, promovido pelos ácidos resultantes da fermentação do amido, principalmente o ácido lático.

GRANT (1994) avaliou, *in vitro*, o efeito da adição de amido de milho ou sorgo, sobre o *lag time* e a taxa de degradação da FDN de forragens. O autor observou em pH abaixo de 6,2, para ambas fontes de amido, que o *lag time* era aumentado em até 200%, e as taxas de degradação da FDN eram reduzidas dentro da faixa de 20 a 60%. Quando o pH era superior a 6,2 os efeitos da adição de amido foram pouco expressivos.

Estas observações podem ser relacionadas com as feitas neste estudo, já que houve aumento no *lag time* da matéria seca da silagem de 204% (2,1 para 6,4h) quando o nível de concentrado passou de 20% (D1) para 40% (D2).

A determinação de pH do rúmen, durante a condução do ensaio de degradação, contribuiria na interpretação dos resultados e não implicaria em maiores alterações a rotina de trabalho.

Comparando-se o valor médio, 36,30%, obtido para a PB potencialmente degradável (B) com os valores da fração B2, estimados através do CNCPS, de 37,3% obtidos neste estudo e de 34% apresentados por VAN SOEST & FOX (1992), observa-se boa correspondência entre os resultados. Porém, VALADARES FILHO (1994) considera que os valores da proteína potencialmente degradável da silagem de milho quando não corrigidos para contaminação da proteína microbiana são subestimados, estando os valores corrigidos para esta fração em torno de 45%. O autor obteve estes resultados utilizando

dietas semelhantes a deste estudo, silagem de milho mais concentrado na proporção de 55:45.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) das diferentes dietas sobre a taxa de degradação das frações avaliadas. Considerando-se apenas as variações quantitativas entre as médias, algumas inferências podem ser feitas.

As maiores variações entre as taxas foram observadas para as frações relacionadas a fibra da silagem, FDN e NIDN, e estão de acordo com o comportamento apresentado pela fração potencialmente degradável (B). O maior nível de concentrado reduziu a taxa de degradação da FDN em 49% (de 2,94 para 1,49%/h) e em 32% (de 2,71 para 1,84%/h) a taxa do NIDN, indicando que a atividade dos microrganismos responsáveis pela degradação da fibra foi drasticamente afetada pela maior quantidade de amido disponível e pela provável redução do pH.

Segundo MERTENS (1992), as taxas de degradação da FDN são geralmente baixas, estando na faixa de 3 até 12%/h, o que indica que os valores obtidos de 2,94 e 1,49%/h, para D1 e D2 respectivamente, podem ser considerados baixos.

A fração B3, estimada pelo CNCPS e que corresponde ao NIDN menos o NIDA, é considerada proteína pouco disponível no rúmen e de degradabilidade lenta. Neste estudo, a disponibilidade do NIDN parece estar acima da considerada pelo CNCPS, pois observa-se o desaparecimento de mais de 40% desta fração, para as duas dietas, após 48h de incubação (tabela 22-apêndice). O CNCPS estima para este tipo de silagem, taxas de degradação da fração B3 de 0,08 a 0,10%/h, enquanto que neste estudo, apesar de não ser descontado o NIDA, as taxas de degradação do NIDN foram de 2,71%/h (D1) e 1,84%/h (D2).

A taxa de degradação do AM foi 25% maior para a dieta com maior nível de concentrado (D1 = 12,79 vs D2 = 15,98%/h) o que reforça as observações feitas para a fração fibrosa.

A redução de pH prejudica a degradação das frações da fibra e da proteína, mas pouco afeta a degradação do amido (PATTON, 1994).

Os valores encontrados para a taxa de degradação do AM (D1 = 12,79% e D2 = 15,98%) estão dentro da faixa estimada pelo CNCPS, de 10 a 20%/h, para a fração B1, que corresponde ao amido da silagem.

As taxas de degradação do AM da silagem podem ser consideradas altas e são comprovadas com o rápido desaparecimento desta fração no rúmen. Após 24h de incubação cerca de 97% do AM havia desaparecido, salientando que para apenas 3h de incubação o desaparecimento já era de 80% (tabela 22-apêndice). A alta disponibilidade desta fração é devida as características do grânulo de amido, onde predomina a amilopectina, polímero de glucose com ligações mais fracas entre moléculas, que é mais susceptível à ação de amilases e consequentemente permite maior degradabilidade do amido.

4.3.2. Farelo de algodão.

Os valores encontrados para a fração solúvel, em média 25,12%, para a MS e 41,48% para a PB, parecem altos quando comparados aos dados da literatura, que mostra valores na faixa de 12 a 20% para MS e de 20 a 28% para a PB.

Isto pode ser atribuído ao fato de que o farelo em estudo apresentou 49,35% de PB, teor não comum entre os farelos comparados, e que é devido à menor proporção de cascas e consequentemente à maior porção protéica. Estas características podem conferir ao material maior solubilidade e também textura mais fina, principalmente pelo menor conteúdo de cascas, favorecendo a perda de partículas através da malha do saco por ocasião da lavagem.

Esta observação pode ser reforçada quando se verifica na composição do farelo (tabela 5) que a proteína solúvel corresponde somente a 15,37% da PB.

Os valores das frações solúvel, potencialmente degradável, indegradável e a taxa de degradação da fração potencialmente degradável, são apresentados na tabela 8.

O efeito das diferentes dietas sobre a fração potencialmente degradável (B) foi significativo ($P < 0,05$) somente para MS. Embora as variações numéricas sejam pouco expressivas, de 5 e 4%, observa-se para MS e FDN que o maior nível de concentrado da dieta proporcionou a redução desta fração. Para PB e NIDN os valores praticamente não se alteraram.

A fração indegradável (C), por consequência, apresenta comportamento contrário ao da potencialmente degradável.

Tabela 8. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para o farelo de algodão, nas duas dietas.

Frac	A (%)		B (%)		C (%)		c (%/h)	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	25,38	24,86	50,09 _a	47,32 _b	24,54	27,81	7,84	7,08
PB	41,48	41,48	54,14	53,26	4,38	5,26	9,71	8,57
NIDN	34,03	34,03	63,51	63,25	2,46	2,71	7,22	7,42
FDN	0,98	0,98	77,83	74,83	21,19	24,18	6,65	4,97

Frac. frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Valores seguidos de letras distintas, na mesma linha e para a mesma fração, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com os valores da fração solúvel da PB considerados altos, a média para a fração potencialmente degradável (53,7%) mostra-se inferior aos valores apresentados na literatura. CASTILLO ARIAS (1992) encontrou, em dietas com 20% de concentrado, valores médios de 66,68%. VALADARES FILHO (1994), em uma coletânea de dados, apresenta valores médios de 73%. É interessante ressaltar que estes dados são para farelos com teor protéico de 32 a 36%, portanto inferiores ao deste estudo, que foi de 49,35%.

VAN SOEST & FOX (1992) estimam que a fração B2, proteína verdadeira disponível segundo o CNCPS, corresponde a 70% da PB do farelo de algodão com 49% de PB.

Quanto às taxas de degradação, mesmo não significativa ($P > 0,05$), existe redução nos valores para D2 em relação à D1, com exceção para o NIDN.

Para a PB a taxa de degradação foi reduzida em 12%. PATTON (1994) comenta que a queda do pH do rúmen, consequente do maior nível de concentrado da dieta, prejudica, principalmente a degradação da fibra e da proteína. Os valores obtidos de 9,71%/h para D1 e de 8,57%/h para D2 estão dentro da faixa estimada pelo CNCPS de 8 a 10%/h para a taxa de degradação da fração B2.

A taxa média de 9,15%, de degradação da PB, obtida para o farelo, é muito superior aos valores médios encontrados na literatura, que estão na faixa de 3 a 5%.

O valor médio de 7,32%/h da taxa de degradação do NIDN, nas duas dietas, e o desaparecimento de aproximadamente 80% desta fração após 48h de incubação, são indicativos de boa disponibilidade. Porém, relacionando-se esta fração à fração B3 da proteína, estimada pelo CNCPS como NIDN menos o NIDA, verifica-se este resultado não corresponde às estimativas do modelo. Embora descontando-se o NIDA, o modelo considera que a fração B3, que é a proteína associada à parede celular, tem degradabilidade lenta, e disponibilidade restrita, com taxa de degradação estimada entre 0,10 e 0,20%/h.

A redução de 25% na taxa de degradação da FDN, para a dieta 2, pode ser atribuída à provável menor população de bactérias celulolíticas em relação às amilolíticas, proporcionada pelo maior nível de concentrado, conforme discutido para a fibra da silagem de milho.

4.3.3. Milho.

As frações solúvel, potencialmente degradável, indegradável e a taxa de degradação da fração potencialmente degradável, das frações avaliadas para o milho, são apresentadas na tabela 9.

Tabela 9. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para o milho, nas duas dietas.

Frac	A (%)		B (%)		C (%)		c (%/h)	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	20,28	20,25	60,05 _b	63,12 _a	18,41	16,63	3,67	4,15
PB	29,10	29,10	68,53	69,18	2,36	1,72	3,47	4,00
AM	17,56	17,56	72,16	73,10	10,78	9,74	3,54	3,77

Frac. frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; AM-amido.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Valores seguidos de letras distintas, na mesma linha e para a mesma fração, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A fração solúvel da MS PB e AM é obtida com a lavagem dos sacos somente, não sofrendo efeito das diferentes dietas.

Conforme discutido para a silagem de milho, valores discrepantes encontrados para a fração solúvel (A) podem ser

devidos a perda de partículas durante a lavagem dos sacos para sua determinação.

SILVA & WANDERLEY (1992) verificaram que a fração solúvel do milho moído foi três vezes maior do que a do milho somente quebrado. Embora possa existir efeito do processamento sobre esta fração, a diferença observada pode ser indicativo de grandes perdas de partículas durante a lavagem dos sacos.

Quanto à fração potencialmente degradável (B), a dieta com maior nível de concentrado (D2) proporcionou o aumento ($P < 0,05$) desta fração para MS, embora este aumento tenha sido da ordem de apenas 5% (de 60,05 para 63,12%). Mesmo não significativo ($P > 0,05$) e com variações muito pouco expressivas, a PB e AM apresentaram o mesmo comportamento da MS na dieta 2.

Embora as diferenças não sejam significativas estatisticamente, as possíveis evidências indicam que o maior nível de concentrado favoreceu a degradação do milho.

Tal observação estaria coerente ao fato, discutido anteriormente, de que o maior nível de concentrado favorece a população microbiana do rúmen responsável pela degradação dos carboidratos não estruturais, predominantes no milho.

O valor médio de 3,73%/h encontrado para a taxa de degradação da PB está muito próximo à faixa de 4 a 6%/h estimada pelo CNCPS para a fração B2 da PB.

Apesar da contaminação microbiana ser considerada pouco expressiva para alimentos como o milho (VALADARES FILHO, 1994), WANDERLEY et al. (1993) observaram que a não correção subestimou a taxa de degradação da PB do milho em 25%. VARVIKKO & LINDBERG (1985) sugerem que a correção da contaminação deve ser feita para alimentos ricos em amido, que seria o caso do milho, e volumosos com baixo teor protéico.

A taxa de degradação (c) do AM não foi significativamente ($P > 0,05$) alterada para os diferentes

níveis de concentrado das dietas, embora na D2 a taxa foi 6,5% maior ($D1 = 3,54$ e $D2 = 3,77\%/h$). Porém, quando comparadas às taxas de degradação da mesma fração encontradas para a silagem de milho (tabela 7), que tem somente o grão como fonte de amido, observa-se que estas são quatro vezes maiores para a silagem.

Tal fato deve ser atribuído às diferenças entre composição do AM do milho em relação ao da silagem. No amido do milho grão, imaturo, presente na silagem, predomina a amilopectina, polímero de glucose com ligações mais fracas entre moléculas, que é mais susceptível à ação de amilases e consequentemente permite maior degradabilidade. No amido do milho, grão maduro, predomina a amilose, que tem maior grau de polimerização e ligações mais fortes entre moléculas, e com isso dificulta a ação de amilases sobre o grânulo de amido, reduzindo sua degradação.

Estas observações são utilizadas por THEURER (1986) para justificar degradabilidades de mais de 90% para o milho grão imaturo em relação aos 75% observados para o milho maduro, e também por ORSKOV (1986) que estima que até 40% do amido ingerido pode não sofrer degradação no rúmen.

Relações de tais observações com o presente estudo podem ser feitas, pois para o desaparecimento de 80% do amido da silagem com 3h de incubação e de 97% com 24h, tem-se o desaparecimento de 26% do amido do milho com 4h de incubação e de 84% somente com 48h (tabelas 22 e 24-apêndice).

MERTENS (1992) estima que a taxa de degradação do amido do milho moído esteja na faixa de 6 a 14%/h.

O CNCPS estima que a taxa de degradação da fração B1 do milho, compreendida pelo amido, está na faixa de 10 a 20%/h, que é a mesma estimada para fração B1 da silagem, e muito superior ao valor médio de 3,6%/h encontrado neste estudo. Desta forma parecem ser necessárias reavaliações quanto a estas estimativas.

4.4. Degradabilidades potencial e efetiva.

Quando considerado o *lag time*, as frações A e B foram calculadas segundo SUSMEL et al. (1990). A fração considerada solúvel correspondeu à porção do alimento desaparecida até o início do tempo de colonização (*lag time*), obtido para a fração MS do alimento.

Para a degradabilidade potencial (DP) das frações avaliadas, observou-se o efeito de animal aos níveis de probabilidade de 12% para MS e FDN, de 24% para PB, acima de 50% para AM e menos de 1% para NIDN.

Apesar do delineamento utilizado, observou-se que o efeito de animal sobre a degradabilidade efetiva (DE) foi altamente significativo ($P < 0,01$) para todas as frações avaliadas. Deste modo, verifica-se que mesmo buscando-se a melhor uniformidade entre os animais envolvidos, os possíveis efeitos atribuídos à variabilidade genética destes animais são manifestados.

4.4.1. Silagem de milho.

Os valores das degradabilidades potencial e efetiva das frações avaliadas para a silagem de milho, considerando-se ou não o *lag time*, são apresentados na tabela 10.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) de dietas ou do uso do *lag time*, sobre a degradabilidade potencial (DP) para todas as frações avaliadas. Existe um pequeno aumento dos valores, em torno de 3 a 7%, quando o *lag time* é considerado. Da mesma forma, como discutido anteriormente, evidencia-se o efeito negativo do maior nível de concentrado

da dieta 2 sobre as frações relativas à fibra da silagem, FDN e NIDN.

A consideração do *lag time* determina maiores valores para a fração solúvel do alimento (A) e consequentemente reduz a fração potencialmente degradável (B). Para a silagem de milho as alterações foram distintas quanto às frações avaliadas, sendo que a dieta 2, por apresentar maior *lag time* (6,4h), apresentou as maiores variações.

Tabela 10. Degradabilidades potencial e efetiva, considerando-se ou não o *lag time*, das frações avaliadas para a silagem de milho, nas duas dietas.

Fraç	Degradab.		Potencial		Degradab.		Efetiva	
	Sem lag*		Com lag		Sem lag		Com lag	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	69,12	64,24	71,24	70,92	45,10 _b	43,35 _b	55,66 _a ^B	66,12 _a ^A
PB	95,44	96,31	95,31	96,20	79,93	81,83	83,00	85,21
NIDN	86,74	77,83	89,96	83,52	54,79	49,56	58,58	54,45
FDN	70,39	54,31	71,53	54,32	43,94	34,35	48,55	40,14
AM	99,17	99,09	99,00	96,56	90,33	92,04	93,57	93,47

* lag time = tempo de colonização.

Fraç. frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta;

NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro; AM-amido.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Valores seguidos de letras minúsculas distintas, nas linhas, para a mesma dieta e fração, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores seguidos de letras maiúsculas distintas nas linhas, para o mesmo parâmetro (com ou sem lag time), diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando-se as tabelas 7 e 16 (apêndice), nota-se que houve redução média para a fração potencialmente degradável (B), da MS de 35% (D1) e 78% (D2), do AM em 62%, da PB em 30%, do FDN em 13% (D1) e 26% (D2). As taxas de degradação da MS, PB e FDN foram pouco alteradas, com reduções na faixa de 3 até 10%. O maior efeito do uso do *lag time* foi para o AM, onde a taxa para D1 foi reduzida em 46%.

O *lag time* foi calculado somente para a MS e mantido para as outras frações, enquanto que AROEIRA et al. (1993) calculam um para cada fração avaliada. Tal procedimento coloca em dúvida a forma de colonização da partícula do alimento pelos microrganismos do rúmen: se aconteceria de maneira geral ou em cada fração especificamente. Isto evidencia a necessidade de esclarecimentos quanto ao uso correto do *lag time*.

A DEMS foi significativamente ($P < 0,05$) maior, para as duas dietas, quando considerado o *lag time*. Para D1 o aumento foi de 23% (de 45,10 para 55,66%), enquanto que para D2 foi de 53% (de 43,35 para 66,12%), indicando que os valores de DE podem ser sensivelmente alterados quando considerado o *lag time*.

É interessante observar que sem o *lag time* a diferença ($P > 0,05$) entre dietas, quanto a DEMS, é pequena e a favor da D1 (D1 = 45,10 e D2 = 43,35). Com o *lag time*, a diferença é significativa ($P < 0,05$), e a DEMS passa a ser 16% menor para D1 em relação a D2 (D1 = 55,66 e D2 = 66,12%), indicando que houve inversão do possível efeito das dietas sobre a DEMS com a inclusão do *lag time*.

Não se verificou efeito ($P > 0,05$) sobre a DEPB das diferentes dietas bem como pelo uso ou não do *lag time*. Nota-se que, com a inclusão do *lag time*, os valores foram aumentados de 4,5% em média.

VALADARES FILHO et al. (1991) constataram em dietas com 55% de volumoso e 45% de concentrado, com taxa de passagem de 3%/h, que a DEMS e a DEPB da silagem de milho foram de 41,4 e 52%. Para a taxa de passagem de 4%/h os valores foram de 36,9 e de 54,6%, respectivamente.

VALADARES FILHO (1994), através de uma coletânea de dados, apresenta valores médios de 45,1% para a DEMS e de 59,2% para DEPB, utilizando taxa de passagem de 2%/h. Para a taxa de 5%/h os valores são de 33,4 e 47,7%, respectivamente. O autor mostra que quando corrigidas pela contaminação microbiana, a DEMS e a DEPB da silagem aumentaram em 6,8 e 52%, respectivamente.

Considerando-se que não houve efeito de dietas e os valores são muito próximos, teríamos em média, sem o *lag time*, valores de DEMS de 44,22% e de DEPB de 80,88%, para a taxa de passagem média de 3,6%/h ($D1 = 3,74\%/h$ e $D2 = 3,41\%/h$).

Comparando-se os valores obtidos com os da literatura, observa-se boa correspondência entre os valores de DEMS. Quanto à DEPB, os valores encontrados são em muito superiores aos da literatura. Considerando-se que os trabalhos comparados foram conduzidos com alimentos e dietas semelhantes a deste estudo, a principal diferença seriam os animais utilizados. A maioria dos estudos utilizou animais de aptidão leiteira, vacas ou machos castrados.

A maior DEPB observada poderia possivelmente ser atribuída a características intrínsecas aos animais utilizados no estudo, zebuínos (nelore). LIMA (1986) observou maior digestibilidade aparente da proteína bruta em bovinos nelore, em relação a outros grupos genéticos, quando houve redução no nível de concentrado da dieta. Este possível efeito seria reforçado pelo fato de que as dietas foram fornecidas em nível de ingestão considerado restrito, 1,5% do peso vivo de MS.

Os valores encontrados para a DENIDN, sem o *lag time*, de 54,79% para D1 e 49,56% para D2 contribuem com a observação anterior. Considerando-se que este nitrogênio está associado à parede celular, os valores encontrados indicam uma disponibilidade relativamente alta. O CNCPS considera que a fração B3 da proteína, que é o NIDN menos o NIDA, tem degradabilidade baixa, com taxas de degradação de 0,10 a 0,20%/h, e só uma pequena porção deste estaria disponível. Desta forma, pode ter havido maior eficiência no aproveitamento do N pelos animais ou a aplicação do referido modelo subestimaria esta fração para a silagem em estudo.

A DEFDN não foi significativamente ($P > 0,05$) alterada pelas dietas ou pelo uso do *lag time*, embora exista a evidência de que o maior nível de concentrado (D2) reduziu a degradabilidade da fibra. Quando considerado o *lag time*, a DEFDN aumentou 10% para D1 (de 43,94 para 48,55%) e 17% para D2 (de 34,5 para 40,14%).

Esta observação não está de acordo com as de PETIT et al. (1994), que mostraram para a fibra de gramíneas, que apesar das frações A e B serem grandemente alteradas, quando comparadas, a degradabilidade efetiva calculada com e sem *lag time* é praticamente a mesma. Os autores consideram que a inclusão do *lag time* confere maior precisão ao modelo que estima a degradabilidade.

SUSMEL et al. (1990) encontraram para a DEFDN da silagem de milho, considerando o *lag time*, o valor de 51% em dietas com baixo nível de concentrado, valor este próximo dos 48,55% encontrados na dieta 1.

O uso ou não do *lag time* não alterou significativamente ($P > 0,05$) a DEAM, que foi praticamente a mesma nas duas dietas. Os valores observados, acima de 90%, indicam a alta disponibilidade desta fração e estão de acordo com as observações de THEURER (1986), que considera o amido do grão de milho imaturo, como o da silagem, quase totalmente degradável.

4.4.2. Farelo de algodão.

Os valores referentes às degradabilidades potencial e efetiva das frações avaliadas para o farelo de algodão, nas duas dietas, considerando-se ou não o *lag time*, são apresentados na tabela 11.

Não houve efeito ($P > 0,05$) de dietas e do uso do *lag time* sobre a degradabilidade potencial das frações avaliadas.

Nota-se que os valores praticamente não foram alterados.

Os valores médios encontrados para o *lag time* do farelo de algodão, D1 igual a 0,37h e D2 igual a 0,33h, são muito próximos e podem ser considerados baixos para as duas dietas. Isto pode ser em parte justificado baseando-se na observação de SAMPAIO (1988), de que a presença de partículas menores junto às de tamanho desejado contribuem para o menor tempo de colonização. A presença de partículas de tamanho menor que o desejado, para o farelo incubado, é confirmada pelos altos valores encontrados para a fração A (tabela 8).

Comparando-se os valores entre as tabelas 8 e 17 (apêndice) verifica-se que a inclusão do *lag time* reduziu, em média, a fração potencialmente degradável (B) da MS em 52%, da PB em 15%. Para o NIDN a redução foi de 9% e somente para D1. As alterações observadas para a fração solúvel da FDN foram muito discrepantes e não passíveis de explicação. A taxa de degradação na D2 aumentou em 18% para a PB e em 10% para a FDN.

O uso do *lag time* aumentou significativamente ($P < 0,05$) a DEMS em 14% para D1 (de 59,17 para 67,30%) e em 15% para D2 (de 56,88 para 65,36%). Não foi observado efeito ($P > 0,05$) das dietas.

Para a DEPB e a DENIDN não houve efeito ($P > 0,05$) de dietas ou do uso do *lag time*, e os valores foram praticamente os mesmos para as duas dietas.

Tabela 11. Degradabilidades potencial e efetiva, considerando-se ou não o *lag time*, das frações avaliadas para o farelo de algodão, nas duas dietas.

Fraç	Degradab.		Potencial		Degradab.		Efetiva	
	Sem lag*		Com lag		Sem lag		Com lag	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	73,94	70,23	74,69	71,28	59,17 _b	56,88 _b	67,30 _a	65,36 _a
PB	94,77	93,54	94,85	94,19	80,60	79,42	82,24	82,17
NIDN	95,06	95,00	95,30	95,37	76,08	77,22	77,64	77,91
FDN	74,27	68,11	75,49	69,21	50,32	45,43	56,09	47,56

* lag time = tempo de colonização.

Fraç. frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta;

NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Valores seguidos de letras minúsculas distintas, nas linhas, para a mesma dieta e fração, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

VALADARES FILHO et al. (1991) encontraram valores para a DEMS de 36,3% e de 32,3% com as taxas de passagem de 3 e 4%/h. A DEPB para as mesmas taxas foi de 55,6 e 51,7%.

CASTILLO ARIAS (1992) observou em dietas com 80% de volumoso e 20% de concentrado que a DEMS e a DEPB do farelo de algodão foram de 32,9% e 53,2%, para a taxa de passagem determinada de 5%/h. Quando estimadas para a taxa de passagem de 2%/h, os valores foram 44,6 e 67,7%, respectivamente.

VALADARES FILHO (1994) apresenta para a DEMS, com as taxas de passagem de 2 e 5%/h, valores médios de 42,9 e 30,6%. Para a DEPB, com as mesmas taxas, são dados os valores médios de 74,9 e 55,3%. O autor mostra que quando corrigidas para contaminação microbiana, a DEMS e a DEPB do farelo aumentaram em 4,4 e 6,1%, respectivamente.

Embora os trabalhos citados anteriormente tenham sido conduzidos em condições semelhantes à deste estudo (dietas e alimentos), os farelos de algodão avaliados continham teores de proteína em torno de 36%, enquanto que o deste continha 49%.

Admitindo-se os valores médios de 66,33% para a DEMS e de 80% para DEPB obtidos neste estudo, verifica-se que eles são consideravelmente superiores aos da literatura. Para a DEPB, embora os teores protéicos dos farelos sejam distintos, a diferença é de aproximadamente 50%.

Embora os resultados comparados tenham sido obtidos com dietas semelhantes à deste estudo, e que parte da diferença observada possa ser devida à composição distinta dos farelos, verificamos que neste estudo existiu maior degradabilidade da fração protéica, reforçada pelos valores encontrados para a DENIDN nas duas dietas, 77,64% para D1 e 77,91% para D2, que são aproximadamente 6% inferiores a DEPB.

Os maiores valores de DEPB e de DENIDN podem eventualmente ser atribuídos a uma maior eficiência de degradação do N por parte dos animais, que neste estudo eram zebuínos e nos outros taurinos e mestiços, sendo esta eficiência uma característica intrínseca do animal associada ou não a fatores proporcionados pelas dietas.

GOMES (1982) observou para dietas fornecidas à vontade, que os bovinos nelores apresentaram redução no consumo quando o nível de concentrado da dieta era elevado, porém apresentaram os maiores valores de digestibilidade aparente de energia.

LIMA (1986) encontrou maiores valores de digestibilidade aparente da proteína para bovinos nelores, em relação a outros grupos genéticos, para níveis de até 40% de concentrado, sendo que para níveis acima deste os resultados eram invertidos.

Considerando-se que o teor NIDN do farelo foi de 19,84% da PB, e que descontando-se desta fração o NIDA, tem-se a fração B3 da proteína, estimada pelo CNCPS como lentamente degradada, provavelmente teria sido subestimada a disponibilidade da fração protéica para esta situação.

Apesar de não significativo ($P > 0,05$), a DEFDN aumentou em 11,5% para D1 (de 50,32% para 56,09%) e em 4,5% para D2 (de 45,43% para 47,56%) quando considerado o *lag time*, e nas duas situações, com ou sem *lag time*, nota-se que o maior nível de concentrado (D2) prejudicou a degradação da fibra do farelo.

Não foram encontrados na literatura dados relativos à DENIDN e a DEFDN do farelo de algodão obtidos em estudos conduzidos com dietas similares a esta.

4.4.3. Milho.

Os valores das degradabilidades potencial e efetiva, considerando-se ou não o *lag time*, das frações avaliadas para o milho, são apresentados na tabela 12.

Comparando-se os valores apresentados nas tabelas 9 e 18 (apêndice), verifica-se que o uso do *lag time* reduziu a fração potencialmente degradável (B) em média de 34% para a MS, em 10% para PB, e para o AM em 9% para D1 e 18% para D2. As taxas de degradação de todas as frações praticamente não foram alteradas.

Não houve efeito ($P > 0,05$) de dietas ou do uso do *lag time* sobre a degradabilidade potencial das frações avaliadas. A DPMS aumentou em 7% para D1 (de 69,63% para 74,72%) e em somente 4% para D2 (de 74,74% para 77,89%). A DPPB e a DPAM praticamente não foram alteradas. As pequenas diferenças numéricas em favor de D2 indicam o possível efeito positivo do maior nível de concentrado sobre a degradação do milho.

Tabela 12. Degradabilidades potencial e efetiva, considerando-se ou não o *lag time*, das frações avaliadas para o milho, nas duas dietas.

Fraç	Degradab.		Potencial		Degradab.		Efetiva	
	Sem lag*		Com lag		Sem lag		Com lag	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	69,63	74,74	74,72	77,89	50,34 _b	55,42 _b ^A	61,73 _a	65,26 _a
PB	84,50	88,12	84,31	89,02	62,52	66,90	64,93	70,23
AM	76,08	78,08	77,12	79,35	53,00	56,22	56,07	61,62

* lag time = tempo de colonização.

Fraç. frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta;

AM-amido.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Valores seguidos de letras minúsculas distintas, nas linhas, para a mesma dieta e fração, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores seguidos de letras maiúsculas distintas nas linhas, para o mesmo parâmetro (com ou sem lag time), diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O efeito das dietas sobre a DEMS, sem considerar o *lag time*, foi significativamente ($P < 0,05$) maior para D2, e a diferença entre os valores foi de 10% (de 50,34 e 55,42%). Quando considerado o *lag time* não há efeito significativo ($P > 0,05$) e a diferença entre dietas cai para 6% (de 61,73 para 65,26%).

Para a mesma dieta, o uso do *lag time* proporcionou aumentos significativos ($P < 0,05$) na DEMS, sendo que para D1 o aumento foi da ordem de 22,6% (de 50,34 para 61,73%) e para D2 foi de 18% (de 55,42 para 65,26%).

Quando não considerado o *lag time*, os valores obtidos para a DEMS do milho nas duas dietas (D1 = 50,34% e D2 = 55,42%) estão muito próximos ao valor médio apresentado por VALADARES FILHO (1994) de 55,38%, para a taxa de passagem de 3%/h; e aos 55,6% encontrados por ALMEIDA et al. (1993).

VILELA (1994) obteve, para dietas com os níveis de volumoso:concentrado de 90:10 e 60:40, valores próximos, com média de 50,4% para a DEMS do milho, à taxa de passagem de 5%/h.

Os valores médios encontrados para o *lag time* foram de 0,50h para D1 e de 0,52h para D2.

Verifica-se que o uso do *lag time* determinou alterações expressivas na DEMS. Como o valor do *lag time* parece ser realmente influenciado por fatores como, por exemplo, a quantidade de partículas finas no material incubado, característica comum em alimentos como o milho moído, seu uso parece depender ainda de maiores esclarecimentos quanto às suas implicações.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) de dietas ou do uso do *lag time* sobre a DEPB. Com o uso do *lag time* os valores da DEPB nas duas dietas sofreram aumento médio de apenas 4%, e a diferença favorável à degradação da PB de 7% para D2 foi mantida.

Os valores encontrados para DEPB nas duas dietas (D1 = 64,93% e D2 = 70,23%) estão acima dos 43,5% encontrados por VALADARES et al. (1991), dos 49,1% por ALMEIDA et al. (1993) e dos 49,9% obtido por VILELA (1994).

VALADARES FILHO (1994) mostra uma contaminação pela proteína microbiana de 13,3% para o milho, e o valor da DEPB corrigida foi de 49,3%. Observação semelhante é feita por WANDERLEY et al. (1993), tendo constatado que a degradabilidade da proteína do milho foi subestimada em 15% quando não corrigida a contaminação.

Conforme observado para a silagem de milho e o farelo de algodão, os valores encontrados para a DEPB são maiores que os encontrados na literatura, para trabalhos com dietas e alimentos similares a deste estudo.

Desta forma, admite-se que outro fator envolvido possa ter contribuído para a maior degradabilidade da proteína, o que poderia ser atribuído às características próprias dos

animais utilizados (zebuínos), associadas ou não à alterações favoráveis no ambiente ruminal.

A DEAM, assim como as outras frações avaliadas, indicam, embora pouco expressivamente, que o maior nível de concentrado (D2) favoreceu a degradação do milho. Este fato, conforme discutido anteriormente, é devido à maior população de bactérias amilolíticas em relação às celulolíticas, aumentando a degradação de carboidratos não estruturais e consequentemente reduzindo a degradação da fibra.

Comparando a DEAM da silagem com a do milho, observa-se que as características do amido do milho conferem a ele menor degradabilidade, indicando, portanto, a necessidade de mais especificações sobre o alimento, além da composição química.

5. Conclusões.

A silagem de milho e o farelo de algodão avaliados, apresentaram teores mais elevados de nitrogênio ligado à parede celular, representado pelo NIDN, do que o estimado pelo CNCPS para estes alimentos. Associados às taxas de degradação, relativamente altas, obtidas para o NIDN, provavelmente haveria subestimativa, por parte do modelo, quanto à proteína disponível nestes alimentos, principalmente da fração protéica B3.

O amido da silagem de milho apresentou disponibilidade muito superior à do amido do milho. Esta diferença não é evidenciada nas estimativas feitas pelo CNCPS para esta fração, indicando, portanto, a necessidade de mais estudos para possíveis reconsiderações.

Apesar do delineamento estatístico utilizado, o efeito de animal constatado sobre a degradabilidade efetiva de todas as frações avaliadas, indica a necessidade do conhecimento de fatores relacionados aos animais e que interferem sobre os resultados. Isto torna praticamente obrigatória, a determinação do pH ruminal e da taxa de passagem da dieta em estudo.

O uso do *lag time* parece biologicamente correto, embora proporcionando sensíveis alterações na estimativa da degradabilidade. Porém, para que seu uso seja efetivado são ainda necessárias informações complementares quanto: a sua determinação, se calculado somente para a MS ou para cada fração individualmente; aos fatores que afetam e suas implicações, como o efeito de diferentes tamanhos de partícula.

Como ao maior nível de concentrado, 40%, correspondeu alguma diminuição na degradabilidade das frações relacionadas com a fibra e favorecimento da degradabilidade do amido, talvez níveis mais acentuados de concentrado proporcionassem diferenças significativas.

Por outro lado, a ingestão pelos animais, tendo sido restringida, pode ter contribuído para a ausência de efeito das dietas sobre os parâmetros avaliados, não permitindo verificar possíveis efeitos dos níveis de concentrado sobre o consumo bem como sobre a taxa de passagem, os quais poderiam afetar a degradação dos alimentos.

Os valores encontrados neste estudo para a DEPB são consideravelmente superiores aos encontrados na literatura, assim como a DENIDN está acima das estimativas feitas pelo CNCPS. Tal fato pode ser atribuído às características intrínsecas dos animais utilizados (zebuínos), associadas ou não a fatores proporcionados pelas próprias dietas, sugerindo testes de comparação entre diferentes espécies de bovinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALMEIDA, G.A.P.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO SILVA, J.F.; QUEIROZ, A.C.; ARAÚJO, G.G.L.; SEARA, G.S. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta dos ingredientes de cinco rações concentradas, contendo diferentes níveis de degradabilidade da proteína bruta no rúmen, fornecidas para vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, Rio de Janeiro, 1993. **Anais**. Rio de Janeiro, SBZ, 1993. p.417.
- ANDRADE, P. Técnica *in situ* (saco de náilon) na avaliação de alimentos para ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá, 1994. **Anais**. Maringá, SBZ, 1994. p.141-7.
- AROEIRA, L.J.; SILVEIRA, M.I.; LIZIEIRE, R.S.; MATOS, L.L.; FIGUEIRA, D.G. Degradabilidade no rúmen e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços europeu x zebu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 22(4): 552-64, 1992.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. Washington, 1980.
- AUSTRALIAN AGRICULTURAL COUNCIL (A.A.C.). **Feedings standards for australian livestock; ruminants subcommitte**. Victória, 1990. 266p.

BARRY, M.C.; FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; O'CONNOR, J.D.; SNIFFEN, C.J.; CHALUPA, W. A manual for using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System for evaluating cattle diets. Revised for CNCPS release 3, august 22, 1994.

CASTILLO ARIAS, A.M. Avaliação da degradabilidade ruminal e da digestibilidade intestinal de vários alimentos utilizando a técnica do saco de náilon móvel. Viçosa, 1992. 103p. (MS-Universidade Federal de Viçosa).

CHERNEY, D.J.R.; MERTENS, D.R.; MOORE, J.E. Fluid and particulate retention times in sheep as influenced by intake level and forage morphological composition. **Journal of Animal Science**, Menasha, **69**: 413-22, 1991.

COLUCCI, P.E.; CHASE, L.E.; VAN SOEST, P.J. Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of particulate passage in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **65**: 1445-56, 1982.

CORNELL UNIVERSITY NET CARBOHYDRATE AND PROTEIN SYSTEM. Version 3.0 - Beta test, Itaca. 1994. (disquete).

de FARIA, V.P. & HUBER J.T. Influence of dietary protein and energy on disappearance of dry matter from different forage types from dacron bags suspended in the rumen. **Journal of Animal Science**, Menasha, **59**(1): 246-51, 1984.

EHLE, F.R. Influence of feed particle density on particulate passage from of rumen of holstein cow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **67**: 693-7, 1984.

- FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSEL, J.B.; VAN SOEST, P.J. **The cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets**. Ithaca, Cornell University, 1990. 128p.
- GOERING, H.K. & VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. Washington, USDA/ARS, 1970. 379p.
- GOETSCH, A.L. & OWENS, F.N. Effects of sampling site on passage rate estimates in heifers fed alfafa hay or a high concentrate diet. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **68**: 914-22, 1985.
- GOMES, S.Z. Digestão parcial e total da proteína e energia e consumo voluntário de matéria seca por diferentes grupos genéticos de bovídeos. Viçosa, 1982. 106p. (DS-Universidade Federal de Viçosa).
- GONÇALVES, L.,C. Digestibilidade, composição corporal, exigências nutricionais e características das carcaças de zebuínos, taurinos e bubalinos. Viçosa, 1987. 238p. (DS-Universidade Federal de Viçosa).
- GRANT, R.J. Influence of corn and sorghum starch on in vitro kinetics of forage fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **77**: 1563-9, 1994.
- GROWUM, W.L. & WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. **British Journal of Nutrition**, London, **30**: 313-29, 1973.

- KRISNAMOORTHY, U.; MUSCATO, T.V.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **65**: 217-25, 1982.
- KRISHNAMOORTHY, U.; SNIFFEN, C.J.; STERN, M.D.; VAN SOEST, P.J. Evaluation of a matematical model of rumen digestion and an in vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen-undegraded content of feedstuffs. **Britsh Journal of Nutrition**, London, **50**: 555-68, 1983.
- LIMA, F.C. Digestão total e parcial da energia e proteína em taurinos, zebuínos e seus mestiços e em bubalinos. Viçosa, 1986. 120p. (DS-Universidade Federal de Viçosa).
- Mc DONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, **96**(1): 251-2, 1981.
- MACRAE, J.C. & ARMSTRONG, D.G. Enzyme method for determination of α -linked glucose polymers in biological materials. **Journal Science Food Agricultural**, **19**: 578-81, 1968.
- MEHREZ A.Z. & ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag tecnique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, **88**: 645-50, 1977.
- MERTENS, D.R. Nonstructural and structural carbohydrates. In: **Proceedings large dairy herd management**, 1992. p.219-35.

- MERTENS, D.R. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison, USDA, 1993. cap. 21, p.535-70.
- MEYER, J.H.F. & MACKIE, R.I. Microbiological evaluation of the intraruminal in sacco digestion technique. **Applied and Environmental Microbiology**, 51(3): 622-9, 1986.
- MILLER, B.G. & MUNTIFERING, R.B. Effect of forage: concentrate on kinetics of forage fiber digestion in vivo. **Journal of Dairy Science**, Champaign, 68: 40-4, 1985.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, National Academy Press, 1985. 158p.
- NOCEK, J.E. Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. **Journal of Dairy Science**, Champaign, 60: 1347-57, 1985.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, 71: 2051-68, 1988.
- ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, Menasha, 63: 1624-33, 1986.
- ORSKOV, E.R. & MC DONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, 92: 499-503, 1979.
- ORSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.D.; MOULD, F. Uso de la tecnica de la bolsa de nylon para valuación de los alimentos. **Produccion Animal Tropical**, Mérida, 5: 213-33, 1980.

- PATTON, R.S. Complexities of soluble carbohydrate metabolism in ruminants. **Feedstuffs**, Minneapolis **66**(6): 13-9, 1994.
- PEREIRA, J.R.A. & ROSSI, P. **Manual prático de avaliação nutricional de alimentos**. Piracicaba, FEALQ, 1994. 25p. (no prelo).
- PETIT, H.V.; RIOUX, R.; TREMBLAY, G.F. Evaluation of forages and concentrates by the in situ degradability technique. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá, 1994. **Anais**. Maringá, SBZ, 1994. p.119-33.
- POORE, M.H. Rumen passage rates and fiber digestibilities for wheat straw, alfalfa hay and flaked sorghum grain in mixed diets for steers. Arizona, 1987. 77p. (MS-The University of Arizona)
- POORE, M.H.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.; THEURER, C.B. Total starch and relative starch availability of feed grains. In: BIENAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION, 20, Chicago, 1989. **Abstracts**. Chicago, 1989. p.35.
- 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: 1. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Menasha, **70**: 3551-61, 1992.
- SAMPAIO, I.B.M. Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminant. Reading, 1988. 288p. (PhD-The University of Reading).

- SAMPAIO, I.B.M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá, 1994. **Anais**. Maringá, SBZ, 1994. p.81-8.
- SILVA, A.G. & WANDERLEY, R.C. Cinética da digestão ruminal de grãos de milho e soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, Lavras, 1992. **Anais**. Lavras, SBZ, 1992. p.136.
- 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: 11. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Menasha, **70**: 3562-77, 1992.
- SUSMEL, P.; STEFANON, B.; MILLS, C.R.; SPANGHERO, M. Rumen degradability of organic matter, nitrogen and fiber fractions in forages. **Animal Production**, London, **51**(3): 515-26, 1990.
- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Menasha, **63**: 1649-62, 1986.
- THIAGO, L.R.L.S. Utilização da técnica da degradabilidade *in situ* para avaliação de forragens e alimentos concentrados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá, 1994. **Anais**. Maringá, SBZ, 1994. p.89-93.

\THIAGO, L.R.L.S. & GILL, M. **Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem pelo rúmen.** Campo Grande, EMBRAPA/CNCPG, 1990. 65p.

\UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium, and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal Science Food Agricultural**, 31: 625-31, 1980.

VALADARES FILHO, S.C. Utilização da técnica *in situ* para avaliação dos alimentos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá, 1994. **Anais**, Maringá, SBZ, 1994. p.95-118.

VALADARES FILHO, S.C.; COELHO SILVA, J.F.; LEÃO, M.I.; EUCLYDES, R.F.; VALADARES, R.F.D.; CASTRO, A.C.G. Degradabilidade "In Situ" da proteína bruta e matéria seca de alguns alimentos em vacas gestantes e lactantes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 20(1): 111-22, 1991.

VAN SOEST, P.J. 1982. **Nutritional ecology of ruminant**. 3. ed Comstock, Cornell University. Press, 1987.

VAN SOEST, P.J. On the digestibility of bound N in distillers grains: a reanalysis. In: **Proceedings Cornell Nutrition Conference**, Ithaca, 1989. p. 127-35.

VAN SOEST, P.J. & FOX, D.G. Discounts for net energy and protein-fifth revision. In: **Proceedings Cornell Nutrition Conference**, Ithaca, 1992. p. 40-68.

- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **74**: 000-000, 1991.
- VARGA, G.A. & HOOVER, W.H. Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs in situ. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **66**: 2109-15, 1983.
- VARVIKKO, T. & LINDBERG, J.E. Estimation of microbial nitrogen in nylon-bag residues by feed ¹⁵N dilution. **British Journal of Nutrition**, London, **54**: 473-81, 1985.
- VILELA, G.L. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta de vários alimentos em vacas alimentadas com diferentes rações. Viçosa, 1994. 68p. (MS-Universidade Federal de Viçosa).
- WANDERLEY, R.C.; HUBER, J.T.; WU, Z.; PESSARAKLI, M.; FONTES jr, C. Influence of microbial colonization of feed particles on determination of nitrogen degradability by in situ incubation. **Journal of Animal Science**, Menasha, **71**: 3073-7, 1993.
- WEAKLEY, D.C. & STERN, M.D.; SATTER, L.D. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. **Journal of Animal Science**, Menasha, **56**(2): 493-507, 1983.
- WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, **39**: 95-110, 1992.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; SCHOKEY, W.L. Digestibility of nitrogen in heat-damaged alfafa. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **69**: 2658-70, 1986.

WELCH, J.G. Physical parameters of fiber affecting passage from the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **69**: 2750-4, 1986.

WOODFORD, J.A.; JORGENSEN, N.A.; BARRINGTON, G.P. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, **69**: 1035-47, 1986.

APÊNDICE

Tabela 13. Tempo de colonização da matéria seca (*lag time*) da silagem de milho, para os quatro animais nas duas dietas.

AN/DIET	A1	A2	A3	A4	MEDIA
DIETA 1	3,28	1,90	1,64	1,57	2,10
DIETA 2	5,10	8,37	5,53	6,62	6,40

Dieta 1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

Dieta 2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 14. Tempo de colonização da matéria seca (*lag time*) do farelo de algodão, para os quatro animais nas duas dietas.

AN/DIET	A1	A2	A3	A4	MEDIA
DIETA 1	0,63	0,03	0,60	0,24	0,37
DIETA 2	0,81	0,28	0,12	0,10	0,33

Dieta 1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

Dieta 2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 15. Tempo de colonização da matéria seca (*lag time*) do milho, para os quatro animais nas duas dietas.

AN/DIET	A1	A2	A3	A4	MEDIA
DIETA 1	0,34	0,70	0,50	0,46	0,50
DIETA 2	0,16	0,50	1,01	0,41	0,52

Dieta 1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

Dieta 2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 16. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para a silagem de milho, nas duas dietas, considerando-se o lag time.

Fraç	A (%)		B (%)		C (%)		c (%/h)	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	39,73	62,15	36,33	11,26	23,95	26,59	2,87	2,17
PB	70,12	71,46	28,78	27,48	1,10	1,07	2,94	3,41
NIDN	25,08	25,13	74,13	74,22	0,61	0,65	3,01	2,16
FDN	24,26	28,01	55,19	44,52	20,48	23,56	2,93	1,38
AM	83,02	82,60	16,16	13,97	0,82	0,91	6,86	13,24

Fraç-frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro; AM-amido.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 17. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para o farelo de algodão, nas duas dietas, considerando-se o lag time.

Fraç	A (%)		B (%)		C (%)		c (%/h)	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	50,52	50,91	24,94	21,28	24,54	27,81	7,91	7,11
PB	46,67	45,45	48,95	42,29	4,38	5,26	9,98	10,14
NIDN	39,76	33,59	57,77	63,70	2,47	2,71	7,28	7,91
FDN	15,77	4,05	63,04	71,77	21,19	24,18	6,89	5,45

Fraç-frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 18. Frações solúvel (A), potencialmente degradável (B), indegradável (C) e taxa de degradação (c) das frações avaliadas para o milho, nas duas dietas, considerando-se o lag time.

Fraç	A (%)		B (%)		C (%)		c (%/h)	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	41,48	42,08	40,11	41,28	18,41	16,64	3,73	4,21
PB	35,04	36,87	62,59	61,41	2,37	1,72	3,33	3,95
AM	23,76	30,49	65,46	60,18	10,79	9,34	3,61	3,61

Fraç-frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; AM-amido.
D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.
D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 19. Degradabilidade efetiva das frações avaliadas para a silagem de milho, nas duas dietas, sob diferentes taxas de passagem.

Fraç	*calculada		2 %/h		5 %/h		8 %/h	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	45,10	43,35	53,46	49,81	40,86	38,20	35,15	33,26
PB	79,93	81,83	85,25	86,34	77,09	78,22	73,25	74,24
NIDN	54,79	49,56	66,70	59,28	49,47	43,11	41,89	38,60
FDN	43,94	34,35	53,81	51,97	39,53	38,39	33,08	32,25
AM	90,33	92,04	93,84	94,71	88,07	89,69	83,96	85,93

* Taxa de passagem média de 3,6%/h.

Fraç-frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro; AM-amido.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 20. Degradabilidade efetiva das frações avaliadas para o farelo de algodão, nas duas dietas, sob diferentes taxas de passagem.

Fraç	*calculada		2 %/h		5 %/h		8 %/h	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	59,17	56,88	64,98	61,48	55,60	52,28	49,85	46,80
PB	80,60	79,42	86,04	84,36	76,82	74,74	70,81	68,70
NIDN	76,08	77,22	83,43	83,52	71,20	71,47	63,87	64,17
FDN	50,32	45,43	59,93	53,86	44,50	37,86	35,57	29,33

* Taxa de passagem média de 3,6%/h.

Fraç-frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 21. Degradabilidade efetiva das frações avaliadas para o milho, nas duas dietas, sob diferentes taxas de passagem.

Fraç	*calculada		2 %/h		5 %/h		8 %/h	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MS	50,34	55,42	58,94	62,84	45,56	48,88	39,08	41,82
PB	62,52	66,90	72,47	75,22	57,10	59,85	49,78	52,16
AM	53,00	56,22	61,43	64,99	47,33	48,76	39,61	40,83

* Taxa de passagem média de 3,6%/h.

Fraç-frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; AM-amido.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 22. Desaparecimento médio, nos diferentes tempos de incubação, nas duas dietas, das frações avaliadas para a silagem de milho.

Tempo	Dieta	MS	PB	NIDN	FDN	AM
72	D1	76,05	84,56	59,00	62,45	
	D2	73,40	85,05	56,08	56,80	
48	D1	68,95	80,55	47,84	52,03	
	D2	63,46	81,52	41,49	40,09	
36	D1	63,14	79,42	42,15	42,67	100
	D2	59,47	79,68	36,49	32,49	100
24	D1	56,04	76,40	31,78	31,83	97,01
	D2	56,84	78,25	35,61	32,77	96,68
12	D1	50,68	72,47	28,52	26,02	89,78
	D2	51,42	72,89	27,32	28,17	91,56
6	D1	48,20	71,72	25,42	25,70	87,98
	D2	49,44	71,46	25,13	28,01	85,12
3	D1	45,90	70,12	25,08	24,35	83,02
	D2	48,12	68,53	26,08	27,78	80,06

Fraç-frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro; AM-amido.

D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.

D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 23. Desaparecimento médio, nos diferentes tempos de incubação, nas duas dietas, das frações avaliadas para o farelo de algodão.

Tempo	Dieta	MS	PB	NIDN	FDN
48	D1	75,46	91,12	81,42	45,84
	D2	72,19	89,34	78,92	38,17
24	D1	68,62	82,90	72,12	37,78
	D2	64,70	81,77	69,27	26,00
12	D1	60,75	77,30	63,24	21,69
	D2	57,75	73,95	59,94	14,82
6	D1	50,49	61,32	43,39	12,17
	D2	47,40	56,50	38,86	7,43
4	D1	45,23	54,95	43,06	20,31
	D2	43,49	53,87	35,03	5,36
2	D1	38,52	46,67	39,76	15,77
	D2	40,37	45,45	33,59	4,05

Fraç-frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; NIDN-nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN-fibra em detergente neutro.
D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.
D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.

Tabela 24. Desaparecimento médio, nos diferentes tempos de incubação, nas duas dietas, das frações avaliadas para o milho.

Tempo	Dieta	MS	PB	AM
48	D1	81,59	74,51	83,44
	D2	83,37	81,44	85,66
24	D1	59,05	55,72	56,24
	D2	62,67	62,17	59,58
12	D1	43,21	44,07	32,90
	D2	46,67	48,37	42,71
6	D1	37,91	40,34	28,21
	D2	36,96	39,83	35,71
4	D1	32,87	37,58	24,21
	D2	34,69	37,20	28,29
2	D1	30,22	35,05	23,76
	D2	31,76	36,87	30,49

Fraq-frações avaliadas; MS-matéria seca; PB-proteína bruta; AM-amido.
D1 = 80% volumoso + 20% concentrado.
D2 = 60% volumoso + 40% concentrado.