

INGRID ROBLES MORON

Cat

**CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL DO AMIDO
DOS GRÃOS DE MILHO E SORGO SUBMETIDOS A
DIFERENTES FORMAS DE PROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção grau de "Mestre".

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1994

Robles Moron, Ingrid.

Cinética da digestão ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes formas de processamento / Ingrid Robles Moron.

-- Lavras: ESAL, 1994.

57 p. : il.

Orientador: Júlio César Teixeira

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Bibliografia.

1. Bovinos - Alimentação e alimentos. 2. Bovinos - Degradabilidade ruminal. 3. Amido (Nutrição animal) - Degradabilidade. 4. Milho (Nutrição animal) - Degradabilidade. 5. Sorgo (Nutrição animal) - Degradabilidade. I. Escola Superior de Agricultura de Lavras. II. Título.

CDD-636.2084

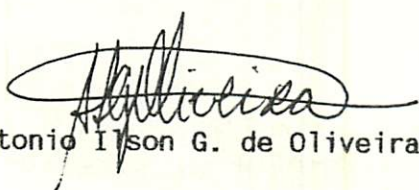
-636.2085

INGRID ROBLES MORON

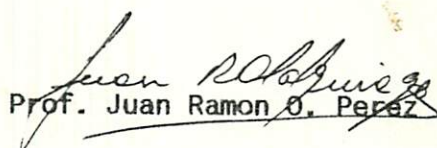
**CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL DO AMIDO
DOS GRÃOS DE MILHO E SORGO SUBMETIDOS
A DIFERENTES FORMAS DE PROCESSAMENTO.**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 30 de agosto de 1994



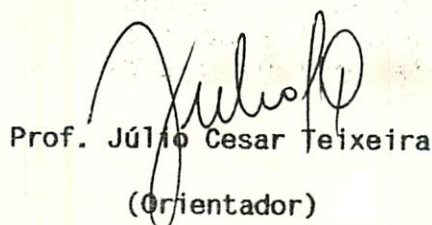
Prof. Antonio Ilson G. de Oliveira



Prof. Juan Ramon O. Perez



Dr. Jackson Silva e Oliveira



Prof. Júlio Cesar Teixeira

(Orientador)

DEDICO

Aos meus pais, Manuel e Érica
e à minha irmã Alice, pelo carinho,
incentivo e apoio.

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (EMBRAPA), na pessoa do Dr. Paulo César Magalhães, pela doação do grão de sorgo para condução do experimento.

Ao Professor Júlio César Teixeira, pela orientação, dedicação e amizade durante a realização de todas as atividades profissionais.

Aos Professores Antônio Ilson Gomes de Oliveira e Juan Ramon Olalquiaga Pérez, pelos ensinamentos, apoio e amizade.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia que contribuíram para o enriquecimento dos meus conhecimentos.

Ao Dr. Jackson Silva e Oliveira pela colaboração na elaboração final deste trabalho.

Aos funcionários Márcio Santos Nogueira, do Laboratório de Nutrição Animal e Constantina Maria Biagatons do Laboratório de Ciências dos Alimentos, pela colaboração na realização das análises.

Aos funcionários José Geraldo Vilas Boas e Sebastião Eugênio Barbosa do Departamento de Zootecnia pela colaboração na implantação do experimento.

Aos demais funcionários da ESAL, pela grande colaboração, sem a qual não seria possível a realização do trabalho.

Aos alunos do curso de Zootecnia Flávia, Gabriela, Marcelo, João Paulo, Leonardo, pela inestimável colaboração na condução do experimento e análises laboratoriais.

Aos colegas de Mestrado, Roselene, Eliane, Vera, Iraídes, Robson, Roberto, Márcia, Maria Emília, Paulo, Kleber, José Otávio, Marcos, Eusânia, Auxiliadora e Edgar pelo companheirismo e amizade.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para que este trabalho pudesse ser realizado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
SUMMARY	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Amido	3
2.2 Processamento do grão	6
2.2.1 Grão moído	7
2.2.2 Cozimento do grão	8
2.2.3 Extrusão	10
2.3 Técnica da degradabilidade 'in situ'	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Local e fatores climáticos	14
3.2 Animais experimentais, manejo e arraçoamento	14
3.3 Experimento	16
3.4 Obtenção de formas físicas do grão de milho e sorgo.	17
3.4.1 Inteiro	17
3.4.2 Quebrado	18
3.4.3 Moído	18

	Página
3.4.4 Extrudado	18
3.4.5 Autoclavado	19
3.5 Procedimento experimental	20
3.6 Análises laboratoriais	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Matéria seca	22
4.2 Amido	29
5 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICE A	49
APÊNDICE B	53

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Composição percentual dos ingredientes usados na ração experimental, expressos na base de matéria natural	15
2	Teores de matéria seca e de amido do milho e sorgo em percentagens nas diferentes formas de processamento	19
3	Valores para a matéria seca potencialmente degradada no rúmen (MSPDR), matéria seca efetivamente degradada no rúmen (MSEDR) e fração solúvel (a) dos grãos de milho e sorgo nos diferentes processamentos	23
4	Valores para o amido potencialmente degradado no rúmen (APDR), amido efetivamente degradado no rúmen (AEDR), e fração solúvel (a) dos grãos de milho e sorgo nos diferentes processamentos	30

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Degradabilidade estimada para a matéria seca do grão de milho nas diferentes formas de processamento	24
2	Degradabilidade estimada para a matéria seca do grão de sorgo nas diferentes formas de processamento	25
3	Fração solúvel (a), insolúvel potencialmente degradável (b), não degradável (ND), efetivamente degradável (ED) e efetivamente não degradável da matéria seca do grão de milho e sorgo submetidos aos diferentes processamentos	28
4	Degradabilidade estimada para o amido do grão de sorgo nas diferentes formas de processamento	30
5	Degradabilidade estimada para o amido do grão de sorgo nas diferentes formas de processamento	31
6	Fração solúvel (a), insolúvel potencialmente degradável (b), não degradável (ND), efetivamente degradável (ED) e efetivamente não degradável do amido do grão de milho e sorgo submetidos aos diferentes processamentos	32

RESUMO

MORON, Ingrid Robles. Cinética da digestão ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes formas de processamento. Lavras: ESAL, 1994. 58p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).

Diferentes métodos de processamento são utilizados para aumentar a eficiência energética dos grãos. Considerando a importância do milho e do sorgo na alimentação dos ruminantes e o efeito do processamento sobre a utilização dos grãos, o presente trabalho foi conduzido no Setor de Bovinos Leiteiros do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), com a finalidade de avaliar, através da técnica do saco de poliéster, a degradabilidade ruminal da matéria seca e amido dos grãos de milho e sorgo em diferentes formas de processamento (quebra, moagem, extrusão e cozimento). Utilizaram-se quatro vacas, duas da raça Holandesa e duas da Jersey não lactantes, providas de fístulas ruminais. Aproximadamente oito gramas de amostra do grão processado foram colocados em sacos de poliéster de 9 x 20 cm com porosidade de 50 μ m e incubados em duplicata no rúmen de cada animal. Colocaram-se 20 sacos por vez, 2 para cada trata-

* Orientador: Júlio César Teixeira. Membros da banca: Antônio Ilson Gomes de Oliveira, Juan Ramon Olalquiaga Perez e Jackson Silva e Oliveira.

mento, por 0, 4, 8, 12, 24, 36 e 48 horas. Os sacos retirados foram lavados em máquina apropriada para lavagem de sacos e secos em estufa a 60°C. Para as análises do amido, fez-se uma amostra composta para cada tempo de incubação, sendo que duas repetições de cada tratamento incubadas em cada um dos quatro animais constituíram uma amostra composta. O amido foi extraído por hidrólise ácida. O processamento aumentou a degradabilidade da matéria seca e amido, dos grãos de sorgo e milho, sendo que os maiores valores foram observados para o grão de milho processado. A moagem e quebra dos grãos de sorgo e milho permitiram uma maior degradação da matéria seca e amido em relação aos grãos na forma inteira, sendo que dentre os processamentos, os grãos de milho e sorgo extrudados foram mais efetivamente degradados. Pelos dados obtidos, conclui-se que os grãos de sorgo e milho são mais intensamente degradados ruminalmente quando processados e por esta razão torna-se importante o processamento, principalmente para o grão de sorgo, antes do fornecimento aos animais.

SUMMARY

KINETICS OF RUMINAL DIGESTION OF STARCH IN CORN AND SORGHUM GRAINS SUBJECTED TO DIFFERENT FORMS OF PROCESSING.

Different processing methods are used to enhance the energy efficiency of grains. Taking into account the importance of both corn and sorghum in ruminant feeding and the effect of processing on grain utilization, the present work was undertaken at the dairy cattle section of the Animal Science Department of the Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), intended to evaluate through the polyester bag technic the ruminal degradability of the dry matter and starch of the corn and sorghum grains in different forms of processing (cracked, milling, extrusion and cooking). Four cows, two Holstein and two Jersey breed, non lactating, fitted with ruminal fistula was used. Aproximated eight grams of sample of the each processed grain were placed into polyester bags (9 x 20 cm with 50 μ m porosity) and incubated in duplicate in each animal's rumen for 0, 4, 8, 12, 24, 36 and 48 hours, being placed 20 bags at one time, being 2 bags to each sort of processing and grain. According to the incubation time, the bags were then withdrawn, washed in a machine suitable for bag-washing and dried in a stove at 60°C. To the analyses of starch, a compound sample was made for each incubation time, being that two replicates for each treatment in each of the four animals

that two replicates for each treatment in each of the four animals made up a compound sample. Starch was extracted through acid hydrolysis. Processing increased degradability of dry matter and starch of sorghum and corn grains, being that the highest values were observed on the processed corn grain. Milling and cracked sorghum and corn grains made it possible an increased degradation of dry matter and starch to the whole grains, being that out of processings, the extruded corn and sorghum were most effectively degraded. By the data obtained, it follows that sorghum and corn are more intensely degraded in the rumen when processed and on that account, processing becomes important, mainly to sorghum grain, before being fed animals.

1 INTRODUÇÃO

As fontes de carboidratos prontamente digestíveis (amido) são os primeiros nutrientes adicionados às rações de ruminantes. Animais de alta produção necessitam de dietas balanceadas que forneçam os nutrientes necessários para a máxima expressão do seu potencial de produção. Dietas formuladas com carboidratos facilmente degradados no rúmen aumentam os suprimentos glicogênicos no fígado, resultando numa maior disponibilidade de glicose para a glândula mamária (Nocek e Tamminga, 1991). Assim, o conhecimento da utilização ótima do amido é fundamental para aumentar a eficiência de produção.

As fontes de amido mais comumente utilizadas são os grãos de cereais, usualmente o milho e o sorgo. O milho sempre ocupou lugar de destaque, não só pelo seu comprovado valor nutritivo, mas também pela tradição de cultura. Entretanto, o seu uso na alimentação humana e dos animais monogástricos torna importante a busca de novas alternativas, eficientes e de menor custo, para o arroamento dos ruminantes.

O sorgo é um cereal rico em amido, freqüentemente de menor custo que o milho e não compete com a alimentação humana. Em face da sua ampla adaptabilidade e das suas características, como grande amplitude de épocas de plantio e resistência à seca, pode-se

considerar que o sorgo é uma das culturas que possui as condições necessárias a expansão nas diversas regiões do país (Ferreira Neto e Miranda, 1989).

O interesse no processamento do grãos está particularmente voltado para o melhor aproveitamento do grão de sorgo, já que este apresenta uma digestibilidade mais baixa em relação aos outros cereais (Carvalho et al., 1981).

O efeito dos vários métodos de processamento de grãos de cereais é ainda desconhecido, sendo possível que a melhoria na utilização, pelo animal, do grão processado seja uma decorrência das mudanças verificadas na fração constituída de carboidratos do grão (Osman et al., 1970).

Considerando a importância do milho e do sorgo na alimentação dos ruminantes, e o efeito do processamento sobre a utilização dos grãos, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar, através da técnica do saco de poliéster, a degradabilidade ruminal da matéria seca e amido dos grãos de milho e sorgo em diferentes formas de processamento (quebra, moagem, extrusão e cozimento), em vacas das raças Holandesa e Jersey.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Amido

O amido é um polissacarídeo de reserva dos vegetais constituído basicamente de duas frações: amilose e amilopectina. O amido dos cereais normais contém de 20 a 30% de amilose, enquanto que os cerosos contêm pequenas quantidades ou nenhuma de amilose (Rooney e Pflugfelder, 1986). Ele está presente em grânulos altamente organizados nos quais as moléculas de amilopectina e amilose estão aderidas por pontes de hidrogênio. Cada espécie produz grânulos de tamanho, forma e propriedades características.

O tamanho, forma e composição dos grânulos de amido do sorgo e milho são similares. Exceto pelo tamanho da semente e a forma, as maiores diferenças entre o milho e o sorgo residem no tipo e distribuição das proteínas do endosperma ao redor do amido (Rooney e Pflugfelder, 1986). O sorgo geralmente tem maior proporção de endosperma periférico que o milho. Essa região é extremamente densa, dura e resistente à penetração de água. As células periféricas têm um alto conteúdo de proteína e resistem a degradação física e enzimática (Sullins e Rooney, 1974).

As relações amilopectina e amilose diferem entre os cultivares tanto de sorgo, quanto de milho. As variedades com

alto teor de amilopectina, as cerosas, apresentam maior degradabilidade ruminal do amido do que as cultivares normais (Rooney e Pflugfelder, 1986). Segundo Samford et al. (1970), os percentuais para a degradação ruminal dos carboidratos, de acordo com os tipos de endosperma do sorgo, são: córneo 48%; normal 68%, ceroso 75% e farináceo 80%.

A percentagem de amido na matéria seca dos grãos foi obtida por Waldo (1973), que estudou todas as análises disponíveis no NRC de 1958, encontrando as seguintes médias (e amplitudes): milho 71.9%, (63.7% a 78.4%); sorgo 70.2%, (60.4% a 76.6%); trigo 63.8%, (54.2% a 71.1%); aveia 44,7%, (34.4% a 70.0%); e cevada 64.4%, (52.2% a 71.7%). O autor chamou a atenção para a grande amplitude existente dentro de uma mesma espécie referente ao conteúdo de amido, observando que não se sabe se tal amplitude se deve à diferenças entre cultivares ou às análises de laboratório realizadas.

Tradicionalmente, o grão de sorgo tem sido considerado menos valioso que o grão de milho devido a menor digestibilidade de seus nutrientes, que pode estar relacionada a vários fatores, tais como variedade ou tipo de endosperma (Hibbert et al., 1982). Segundo esses autores, existe, também, uma grande variabilidade na composição química dos grãos que pode ser atribuída, em parte, às condições ambientais durante o crescimento e maturação da semente. McGinty e Riggs (1968), estudando a digestibilidade 'in vivo' de 7 variedades de sorgo, encontraram coeficientes de digestão em torno de 50,0 a 71,6%.

O sorgo marrom e o sorgo resistente a pássaros apresentam menores digestibilidades e conduzem a uma performance animal inferior comparado com outras cultivares (Maxson et al., 1973 e Hahn, Rooney e Earp, 1984). Samford et al. (1970), comparando variedades de grãos de sorgo com tipos de endosperma diferentes, observaram que os grãos cerosos apresentaram maior degradação ruminal do amido em relação aos não-cerosos. Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), a distribuição da proteína no endosperma do sorgo ceroso parece mais uniforme, com sementes sem pronunciadas camadas periféricas; a matriz protéica e as cadeias de proteína são, então, mais facilmente atacadas por proteases, expondo os grânulos de amido ao ataque amilolítico.

A digestibilidade do amido é afetada pela composição e forma física do amido, interação proteína-amido, integridade celular das unidades contidas no amido, fatores antinutricionais e forma física do alimento (Thorne e Dheher citados por Rooney e Pflugfelder, 1986).

Os fatores antinutricionais que afetam a utilização do amido, segundo Dreher, citado por Rooney e Pflugfelder (1986), incluem inibidores enzimáticos, fetatos, lecitinas e taninos. O tanino presente nos grãos de variedades de sorgo, resistentes a pássaros, pode combinar-se com proteínas e inibir certos sistemas enzimáticos, podendo efetivamente reduzir a digestão do amido (Haan, Rooney e Earp, 1984).

2.2 Processamento do grão

① A utilização do amido pelos ruminantes pode ser intensificada mediante o processamento dos grãos de cereais, das raízes e dos tubérculos; entretanto, a extensão desse benefício na eficiência de utilização depende principalmente da espécie animal, da fonte de amido e do método de processamento (Theurer, 1986).

② O processamento dos grãos tem maior efeito sobre a digestão do amido nos bovinos do que nos ovinos e caprinos, em razão desses últimos apresentarem maior habilidade em utilizar o grão inteiro (Hale, 1973).

③ A magnitude do efeito do processamento sobre a utilização do amido foi estudada por Theurer (1986), o qual verificou que ela é maior para os grãos de milho e sorgo do que para a cevada, sendo o efeito maior para o sorgo quando comparado ao milho.

④ O processamento está associado com o incremento na eficiência de utilização dos nutrientes pelos microorganismos do rúmen e do trato digestivo. O termo processamento pode ser subdividido em métodos físicos e químicos. Métodos físicos geralmente consistem na ruptura, quebra por meio de calor e pressão, trituração, laminação ou peletização dos grãos secos. Modificações físico-químicas envolvem a aplicação de calor e água, os quais atuam para hidratar e expandir as estruturas amorfas e cristalinas do grânulo de amido. Essas alterações na estrutura intensificam a digestão amilolítica e a ação de enzimas pancreáticas (Nocek e Tamminga, 1991).

A resposta das diferentes fontes de amido ao processamento, parece estar relacionada com a interação proteína-amido (McNeill et al., 1971 e Theurer, 1986). Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), a interação proteína-amido pode reduzir a suscetibilidade do amido, processado ou não, à hidrólise enzimática.

A digestibilidade da proteína do sorgo é consistentemente mais baixa quando comparada a do milho, trigo ou cevada (Spicer et al., 1986). Segundo Hale (1973), os coeficientes de digestibilidade da proteína dos grãos de sorgo, milho e cevada (55, 69 e 77%) apresentaram uma relação direta com a digestibilidade do extrato não nitrogenado (70, 82 e 91%), mostrando que a digestibilidade da proteína tem uma relação direta com a do amido. Essas observações indicam o importante papel que a digestibilidade da proteína desempenha no valor nutricional do sorgo.

2.2.1 Grão moído

① Os processos digestivos são intensamente influenciados pelo tamanho da partícula do grão e seu fluxo no rúmen (Nocek e Tamminga, 1991). Segundo esses autores, a redução no tamanho da partícula do grão aumenta efetivamente a área superficial de contato tornando-o mais acessível a digestão. Moe, Tyrell e Hooven (1973), concluíram que o milho finamente moído proporcionou uma maior digestão da matéria seca (68,3%) em relação ao grão inteiro (59,1%) em rações com 54,5% de concentrado para vacas em lactação.

Uma maior degradação ruminal da matéria seca dos grãos de milho e sorgo, quando estes foram moídos, foi verificada por Evans e Colburn (1967). O milho na forma triturada também resultou em um aumento na degradação quando comparado ao grão inteiro. Galyean, Wagner e Owens (1979) detectaram, semelhantemente, que a degradação ruminal para o grão de milho moído (91,7%) foi superior ao grão inteiro (70,8%) e concluíram que a alteração do grão antes do fornecimento aos animais parece ser necessária para maximizar a digestão do amido.

Estudando a digestibilidade 'in vitro' do grão moído, dos amidos isolados do milho e de diversas variedades de sorgo, Hibberd et al. (1982) concluíram que o desaparecimento da matéria seca 'in vitro' (DMSIV) do grão de sorgo moído foi menor, para todas as variedades testadas em comparação ao milho moído. Pequena diferença foi notada nos valores DMSIV dos amidos individualmente. As produções de gás foram maiores para os grãos de sorgo cerosos e farináceos do que para o grão de milho, mas menores para os grãos de sorgo com endosperma de textura intermediária e córnea.

2.2.2 Cozimento do grão

A interação correta do calor, pressão e umidade parece estar envolvida com as alterações que ocorrem nos grânulos de amido, aumentando a área de contato e facilitando o ataque enzimático (Theurer, 1986). Frederick, Theurer e Hale (1973), estudando a digestibilidade, "in vitro", dos grãos de sorgo e cevada processados sob várias combinações de umidade, calor e

pressão, concluíram que a aplicação de pressão aumenta a digestibilidade e que esta resposta é maior para os grãos úmidos em relação aos secos.

O cozimento aumenta intensamente a digestibilidade dos amidos pobremente digestíveis (Rooney e Pflugfelder, 1986). Segundo Salsbury, Hofer e Luecke (1961), a aplicação de calor úmido aos alimentos amiláceos causa a hidratação do amido fazendo com que ele seja digerido mais rapidamente pelos microorganismos do rúmen. Em seus resultados, esses autores observaram uma redução na taxa de digestão da matéria seca quando o milho moído foi autoclavado sem a adição de água.

A aplicação de calor aos grânulos de amido conduz a um processo denominado de gelatinização. Durante a gelatinização os grânulos de amido absorvem água, incham e exudam parte da amilose tornando-se mais susceptíveis a degradação enzimática (Rooney e Pflugfelder, 1986). Segundo esses autores, os grânulos de amido quando submetidos a temperatura de 100°C, expandem muitas vezes seu tamanho original e perdem completamente sua integridade molecular.

O grau de aplicação do calor úmido ao grão, concomitante à redução física do tamanho da partícula, produz maiores benefícios que ambos os processos isoladamente (Theurer, 1986). Galyean, Wagner e Owens (1981), indicaram, além disso, que o milho processado (floculação a vapor e ensilado com alta umidade) resultou no aumento da digestibilidade do amido, além da obtida apenas pela redução no tamanho da partícula. A trituração foi mais benéfica ao incremento da digestão da matéria seca do milho não-processado, comparado ao processado.

2.2.3 Extrusão

A extrusão é um processo no qual o alimento é forçado através de uma matriz, em condições de aquecimento, pressão e fricção que levam a gelatinização do amido (Chiang e Johnson, 1977). Esse processo possibilita a mistura, cozimento e reestruturação do alimento ao mesmo tempo, podendo também ser empregado para controlar e inativar fatores antinutricionais como a antitripsina e hemaglutinina encontrados na soja crua (Vilela, 1983). Prasad et al. (1975), comparando os métodos de processamento, através da técnica "in vitro", encontraram aumentos na degradação do amido do sorgo e do trigo, processados por meio de extrusão, floculação e expansão. Segundo Battisti et al. (1981), o tratamento por extrusão não hidrolisa completamente o amido até a glicose, mas facilita sobremaneira a atuação de enzimas amilolíticas.

De modo geral, os métodos intensivos de processamento dos grãos de cereais aumentam a utilização total do amido pelos animais ruminantes. Isso parece ser em razão do aumento significativo na fermentação ruminal do amido processado, como também da melhor digestão no intestino delgado e da menor fermentação no ceco e no intestino grosso, em função da quantidade de amido que escapa da digestão no intestino delgado (Waldo, 1973 e Theurer, 1986). Segundo Nocek e Tamminga (1991) e Spicer et al. (1986), é provável que o processamento tenha efeito economizador de energia e de nitrogênio para o animal, minimizando a fermentação do amido e a síntese de proteína microbiana no intestino grosso.

2.3 Técnica da degradabilidade 'in situ'

A técnica de incubação 'in situ', foi previamente utilizada por Quin et al. (1938) citados por Romero (1990), que utilizaram sacos cilíndricos de seda natural incubados no rúmen de ovinos fistulados para medir a digestão de vários alimentos. Posteriormente, esse processo foi aperfeiçoado, sendo que atualmente utilizam-se sacos de dracon (poliéster), mais baratos e com baixo teor de nitrogênio (Mehrez e Orskov, 1977).

Essa metodologia tem algumas limitações e vantagens. Com a técnica, mede-se o desaparecimento dos componentes dos alimentos após serem incubados no rúmen, em sacos de poliéster, durante diferentes períodos, assumindo que esse desaparecimento é sinônimo de degradação. Um problema adicional é que os alimentos não são submetidos à salivação, à mastigação e à ruminação pelo animal (Nocek, 1988). Apesar da metodologia ser muito estudada, ainda existem variações entre os resultados de diferentes laboratórios por falta de padronização da metodologia.

Estudando as possíveis fontes de variação nas estimativas, Mehrez e Orskov (1977) encontraram maior variabilidade entre os animais, seguida de variação entre dias e, por último, entre sacos, sendo que as maiores variações entre sacos e animais foram associadas a períodos curtos de incubação ruminal.

Os fatores mais importantes que podem interferir na técnica dos sacos suspensos no rúmen são: tamanho do poro do saco, peso da amostra, natureza da dieta, área superficial do saco, tamanho da partícula do alimento, espécie animal, lavagem dos sacos

e contaminação microbiana (Uden e Van Soest, 1984 e Nocek, 1985).

Tentando padronizar os fatores que podem afetar a metodologia, Nocek (1985, 1988) recomendou, entre outros, o uso de náilon com abertura de poro de 40 a 60 μm ; o tamanho de partícula das amostras de 2 mm para suplementos protéicos e energéticos; uma relação de peso da amostra por área de saco de 10 a 20 mg/cm^2 ; a incubação dos sacos no rúmen em diferentes horários e a retirada simultânea para diminuir o erro do ensaio.

Galyean, Wagner e Owens (1981) utilizaram a técnica para medir o efeito do tamanho da partícula e o processamento sobre o desaparecimento da matéria seca e amido do grão de milho processado, no rúmen de novilhas Holstein. Concluíram que o tamanho da partícula teve maior influência sobre o desaparecimento da matéria seca e amido do milho não processado em relação ao processado, especialmente ao milho floculado à vapor.

A dieta dos animais fistulados pode ter um efeito importante sobre a taxa de degradação do material que está sendo avaliado. Weakley, Stern e Satter (1983) sugerem a existência de forças abrasivas e diferenças de pressão que poderiam ajudar a manter limpos os poros das bolsas que são incubadas no rúmen de animais alimentados somente com forragens (resultando numa maior degradação da matéria seca e proteína bruta), que bolsas incubadas num meio ruminal mais líquido, como ocorre em dietas baseadas em concentrados. Em contraste com esses autores, Frigid, Hale e Theurer (1972) não encontraram efeito da dieta sobre a degradação da matéria seca e proteína bruta no rúmen.

Outro aspecto importante é com relação à uniformidade na lavagem dos sacos. Boer, Murphy e Kennelly (1987) desenharam uma máquina simples e de baixo custo, especialmente para lavagem de sacos. Os autores concluíram que o uso dessa máquina eliminou variações inerentes a lavagem manual associada a diferentes fatores como intensidade de lavagem, fadiga, diferença individual e outros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e fatores climáticos

O experimento foi conduzido no Laboratório Animal no Setor de bovinos leiteiros do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL.

O Município de Lavras, localizado na Região Sul do Estado de Minas Gerais está geograficamente definido pelas coordenadas de 21°14' de Latitude Sul e 45°00' de Longitude Oeste de Greenwich, com uma altitude média de 910 metros (Castro Neto, 1980). O clima nos dois locais é do tipo Cwb segundo a classificação de Köppen, tendo duas estações definidas: seca de abril a setembro e chuvosa de outubro a março. A precipitação anual média é de 1.493,2 mm, com temperaturas média máxima de 25,0°C, e média mínima de 14,6°C (Vilela e Ramalho, 1980).

3.2 Animais experimentais, manejo e arraçoamento

Foram utilizadas 4 vacas não lactantes, duas da raça Jersey e duas da raça Holandesa, fistuladas no rúmen e com peso médio de 360 e 550 kg, respectivamente.

As vacas receberam 4,0 kg de concentrado/cabeça/dia, dividido em duas porções iguais, de manhã e a tarde, contendo milho sob a forma de fubá, farelo de algodão, farelo de trigo, uréia, sal e premix (Quadro 1). Além do concentrado, as vacas receberam diariamente 25,0 kg/cabeça/dia de silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum).

TABELA 1 - Composição percentual dos ingredientes usados na ração experimental, expressos na base da matéria natural.

Ingredientes	Porcentagens (%)
Fubá de milho	77,0
Farelo de algodão	16,0
Farelo de trigo	5,0
Sal	1,0
Uréia ¹	0,5
Premix ²	0,5
Total	100,0

¹ Uréia Petrofértil (45% de N)

² Nutrian (Ca - 16%; P - 9%; Na - 12%; Mg - 0,2%; S - 0,40%; Se - 3 mg; Vit A - 30.000 UI; Vit D - 150.000 UI; Vit E - 50 UI).

O experimento de degradabilidade teve duração de 20 dias, no período de 03/11/93 a 23/11/93, sendo que as incubações ocorreram nos últimos 8 dias. O concentrado foi fornecido doze dias antes do início do experimento, com o objetivo de adaptar os microorganismos ruminais a dieta.

3.3 Experimento

Utilizou-se a técnica da degradabilidade 'in situ', através do uso de sacos de poliéster incubados no rúmen, que mediam 9 x 20 cm com porosidade aproximada de 50 µm, fechados à quente em máquina seladora (Teixeira, Huber e Wanderley, 1988).

Primeiramente, os sacos foram colocados em estufa a 60°C com ventilação forçada por 24 horas, retirados e colocados em dessecador até resfriarem, sendo então pesados.

Posteriormente, as amostras dos grãos de sorgo e de milho (nas cinco formas físicas) foram colocadas nos sacos, na quantidade de aproximadamente 8 g por saco. Em seguida foram fechados e colocados em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 60°C durante vinte e quatro horas, e depositados em dessecador para resfriarem e serem pesados.

Os sacos foram então colocados em uma sacola de filó, medindo 15 x 30 cm, juntamente com um pequeno peso de chumbo de 100 g. A sacola foi amarrada com um fio de náilon, deixando-se um comprimento livre de 1 m. A sacola de filó foi então depositada na região do saco ventral do rúmen por 0, 4, 8, 12, 24, 36 e 48 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrado à cânula. Esse procedimento foi repetido para cada uma das 4 vacas fistuladas.

Colocaram-se 20 sacos por vez, em cada animal, sendo 2 sacos para cada tipo de processamento e grão. Os sacos, para cada tempo de incubação, foram colocados dentro do rúmen e após a retirada destes, outros 20 sacos foram introduzidos. Devido a dimensão dos sacos, optou-se por colocar menores quantidades para

evitar um entrelaçamento dos sacos com conseqüente depreciação da degradação.

Foram confeccionados 2 sacos/alimento/processamento/tempo /animal, perfazendo um total de 560 sacos.

Após terminado cada tempo de incubação, as sacolas de filó foram retiradas do rúmen, abertas, e os sacos de náilon, contendo as amostras, imediatamente lavados em máquina apropriada para lavagem de sacos, conforme modelo apresentado por Teixeira (comunicação pessoal) e colocados em estufa a 60°C durante 24 horas, resfriados em dessecador e pesados.

Os sacos referentes ao tempo zero (utilizados para se determinar a fração prontamente solúvel), foram introduzidos na massa ruminal e imediatamente retirados, recebendo, então, o mesmo tratamento destinado aos demais tempos.

3.4 Obtenção das formas físicas do grão de milho e de sorgo

Os procedimentos para a obtenção das formas físicas, abaixo relacionados, foram idênticos para o grão de sorgo e de milho e constituem os tratamentos experimentais.

3.4.1 Inteiro

O grão de sorgo variedade BR 005, oriundo do CNPMS-EMBRAPA, Sete Lagoas (MG) e o grão de milho de variedade não identificada, foram utilizados na sua forma original, sem processamento.

3.4.2 Quebrado

Colocou-se numa vasilha de porcelana, uma pequena porção de grãos e então estes foram partidos ao meio com o grau.

3.4.3 Moído

Os grãos passaram por um moinho de martelo provido de uma peneira de 2 mm.

3.4.4 Extrudado

Os grãos, moídos em moinho de martelo com peneira de 2 mm, foram processados em um extrusor experimental de fabricação nacional de rosca única, de marca Miotto, instalado no Laboratório de Tecnologia de Grãos e Cereais, do Departamento de Ciências dos Alimentos da ESAL.

O extrusor consta de um painel de comando e controle, motor de corrente contínua com variador de velocidade e conjunto de extrusão com alimentador, cilindro e cabeçote.

Os grãos foram processados nas condições abaixo:

Temperatura	150°C
Rotação da rosca	50-60 rpm
Alimentação	manual
Diâmetro da matriz	0,60 mm
Tamanho do canhão	50 cm
Tempo de passagem pelo canhão	30 s

O produto obtido pela extrusão foi então moído em moinho de martelo com peneira de 2 mm.

3.4.5 Autoclavado

Primeiramente adicionou-se água aos grãos inteiros para aumentar a umidade até aproximadamente 20%. Posteriormente, escoou-se a água, e os grãos foram colocados em bandejas de alumínio e autoclavados, a uma temperatura e pressão de 127°C e 1,5 atm, respectivamente, por 20 minutos. Depois, o material permaneceu em estufa a 60°C por 24 horas para serem moídos em moinho de martelo com peneira de 2 mm.

Os teores de matéria seca e amido dos grãos nas diferentes formas de processamentos estão expressos no Quadro 2.

TABELA 2 - Teores de matéria seca e de amido do milho e sorgo em percentagem nas diferentes formas de processamento.¹

		Matéria seca	Amido
Milho	Inteiro, quebrado e moído	88,90	75,75
	Extrudado	92,95	59,62
	Autoclavado	96,01	65,10
Sorgo	Inteiro, quebrado e moído	87,31	69,60
	Extrudado	91,80	60,57
	Autoclavado	92,03	65,36

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da ESAL.

3.5 Procedimento experimental

Os dados obtidos sobre as degradabilidades da matéria seca e amido (variável dependente), nos diferentes tempos de incubação (variável independente), foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (Neter, Wasserman e Kutner, 1985), contido no pacote computacional SAEG descrito por Euclides (1983), conforme a equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$Y = a + b (1 - e^{-ct})$$

onde:

Y = degradabilidade acumulada do componente nutritivo analisado, após um tempo t;

a = intercepto da curva de degradabilidade quando t = 0, correspondendo a fração solúvel do componente nutritivo analisado;

b = potencial de degradabilidade da fração insolúvel do componente nutritivo analisado;

a + b = degradabilidade potencial do componente nutritivo analisado, quando o tempo t não é um fator limitante;

c = taxa de degradação por ação fermentativa, da fração b.

Uma vez calculadas as constantes a, b e c, foram estas aplicadas à equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$P = a + \frac{b \cdot c}{c + k}$$

onde:

P = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado;

k = taxa de passagem ruminal do alimento.

Assumiu-se uma Taxa de Passagem da digesta para o duodeno de 5% por hora, $k = 0,05$ (Orskov e McDonald, 1979).

Obtiveram-se então as degradabilidades efetivas ruminais, expressas em termos de Matéria Seca Efetivamente Degradada no Rúmen e Amido Efetivamente Degradado no Rúmen.

3.6 Análises laboratoriais

Os sacos incubados em cada um dos 4 animais foram abertos, e os resíduos dos dois sacos incubados no rúmen de cada animal formaram uma amostra composta, utilizada nas análises laboratoriais para determinação do amido.

A matéria seca das amostras foi analisada segundo a AOAC (1970), enquanto que o amido foi extraído por hidrólise ácida, segundo técnica da AOAC (1970) e identificado pelo método de Somogy modificado por Nelson (1944).



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Matéria seca

Os valores para a fração solúvel da matéria seca dos grãos de milho e sorgo, assim como a matéria seca potencialmente e efetivamente degradada no rúmen estão expressos na Tabela 3 e nas Figuras 1 e 2.

Verifica-se que o processamento aumentou a fração solúvel da matéria seca dos grãos, sendo que, genericamente, esse aumento foi superior para o grão de milho. A matéria seca prontamente degradada da forma extrudada apresentou os maiores valores em relação aos outros processamentos. Apesar dos grãos, nas formas autoclavada, moído e extrudada serem moídos em moinho com a mesma peneira, a diferença observada para o grão extrudado se deve a estrutura da partícula que se torna mais porosa e, portanto, de menor densidade.

A degradabilidade potencial refere-se a degradabilidade que a fração nutricional de um dado alimento sofreria em um ecossistema ruminal se as condições presentes e o tempo de retenção do mesmo não fossem limitantes (Wilkins, 1969). Baseado nesta definição, pode-se deduzir que nas condições do presente experimento, o potencial de degradação da matéria seca no rúmen do grão de milho é maior que para o grão de sorgo. A matéria seca potencialmente



degradável aumentou para os grãos de milho, quando estes passaram de inteiro para processados; para o grão de sorgo, os maiores valores foram obtidos para os grãos não processados termicamente.

TABELA 3 - Valores para a matéria seca potencialmente degradada no rúmen (MSPDR), matéria seca efetivamente degradada no rúmen (MSEDR) e fração solúvel (a) dos grãos de milho e sorgo nos diferentes processamentos.

	Raça	a	MSPDR	MSEDR
Milho				
Inteiro	Holandesa	0,1	84,8	4,9
	Jersey	0,3	95,3	3,9
Quebrado	Holandesa	0,1	95,1	27,0
	Jersey	0,0	95,0	15,8
Moído	Holandesa	24,1	99,1	52,3
	Jersey	25,7	95,7	51,9
Extrudado	Holandesa	71,8	97,7	84,7
	Jersey	76,1	97,7	85,7
Autoclavado	Holandesa	13,7	98,7	38,0
	Jersey	13,4	98,4	37,6
Sorgo				
Inteiro	Holandesa	0,0	95,0	3,7
	Jersey	0,0	95,0	3,7
Quebrado	Holandesa	7,0	97,0	32,7
	Jersey	6,4	96,4	32,1
Moído	Holandesa	18,8	98,8	41,6
	Jersey	17,5	97,5	40,4
Extrudado	Holandesa	42,9	87,5	74,4
	Jersey	45,0	86,5	74,9
Autoclavado	Holandesa	8,2	82,4	29,4
	Jersey	8,4	75,1	27,5

$$\begin{aligned}
 Y_I &= 0,18 + 89,86 (1-e^{-0,0025t}) & R^2 &= 91,9 \\
 Y_Q &= 0,04 + 95,0 (1-e^{-0,015t}) & R^2 &= 95,1 \\
 Y_M &= 24,90 + 72,5 (1-e^{-0,03t}) & R^2 &= 96,4 \\
 Y_E &= 73,94 + 23,79 (1-e^{-0,045t}) & R^2 &= 93,4 \\
 Y_A &= 13,55 + 85,0 (1-e^{-0,02t}) & R^2 &= 97,0
 \end{aligned}$$

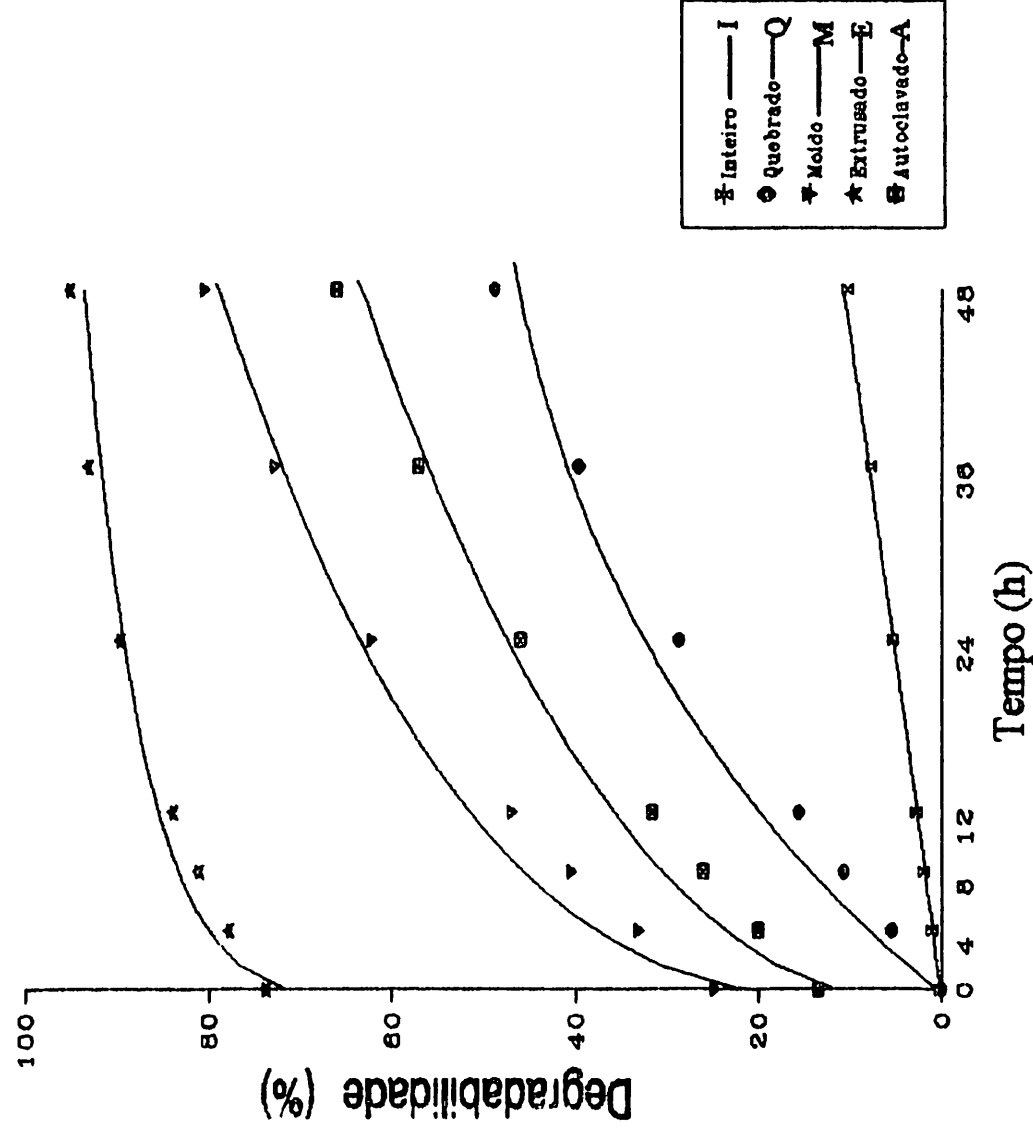


Figura 1: Degradabilidade estimada para a matéria seca do grão do milho submetido aos diferentes processamentos.

$$\begin{aligned}
 Y_I &= 0,15 + 95,0 (1-e^{-0,002t}) & R^2 &= 97,9 \\
 Y_Q &= 6,67 + 90,0 (1-e^{-0,02t}) & R^2 &= 97,6 \\
 Y_M &= 18,16 + 80,0 (1-e^{-0,02t}) & R^2 &= 91,1 \\
 Y_E &= 43,93 + 43,06 (1-e^{-0,125t}) & R^2 &= 94,7 \\
 Y_A &= 8,33 + 70,42 (1-e^{-0,02t}) & R^2 &= 97,5
 \end{aligned}$$

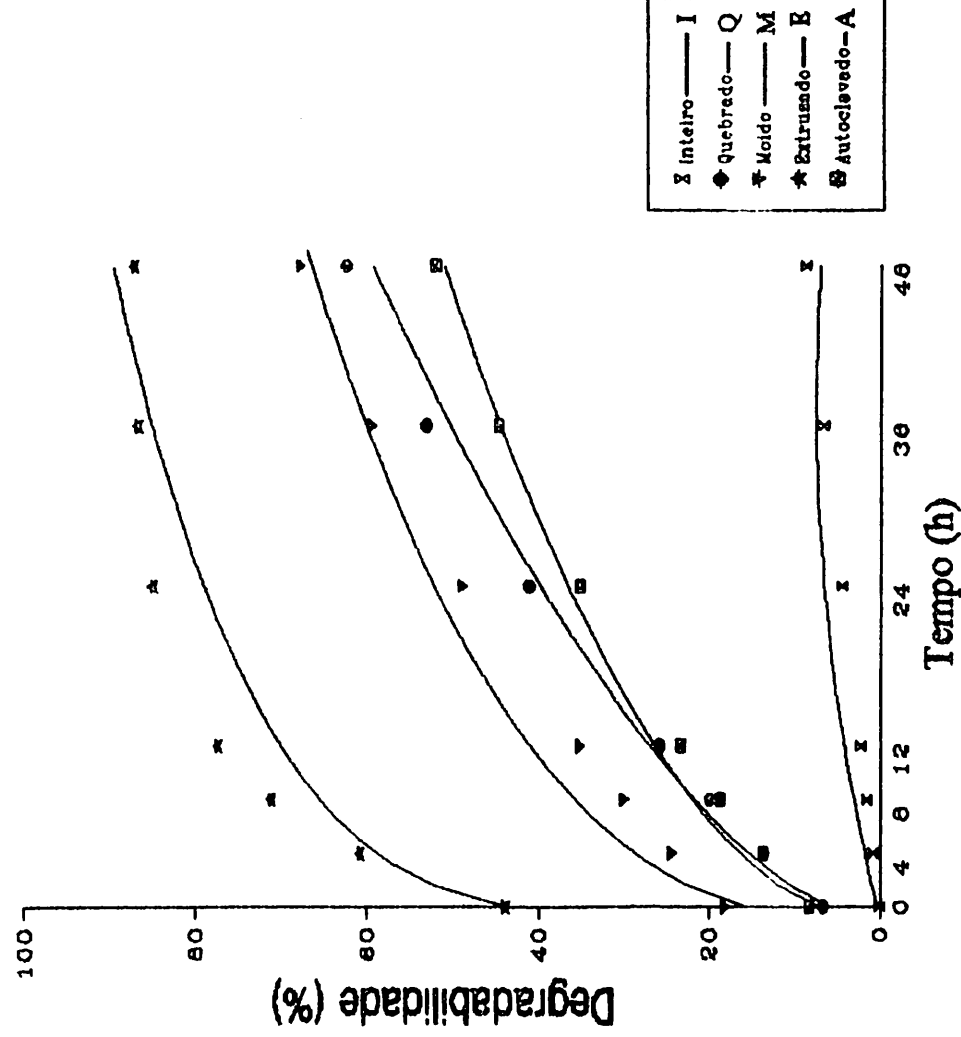


FIGURA 2: Degradabilidade estimada para a matéria seca do grão de sorgo submetido aos diferentes processamentos.

A degradabilidade efetiva é uma estimativa da fração de nutrientes dietéticos, que é realmente degradada no rúmen e foi baseada em sua solubilidade (aproximadamente igual ao tempo zero), na taxa de degradação, na máxima degradação e no tempo de retenção no rúmen (Boer, Murphy e Kennelly, 1987). Baseados nesse conceito, os dados referentes a este experimento sugerem que o grão de milho processado, de uma maneira geral, tendeu a uma maior degradação efetiva da matéria seca no rúmen em relação ao grão de sorgo processado da mesma forma.

Esses resultados estão de acordo com Hibberd et al. (1982) ao relatarem que o desaparecimento da matéria seca "in vitro" do grão de sorgo, moído foi menor em comparação ao milho moído. Segundo Hale (1973), o sorgo, quando comparado a outros cereais, deve ser rigorosamente processado para melhor digestibilidade do grão.

Verifica-se que a forma extrudada de ambos os grãos proporcionou uma maior degradação efetiva da matéria seca no rúmen e que o milho contribuiu com os maiores valores. Esses resultados indicam que a extrusão aumentou a degradação da matéria seca pelos organismos do rúmen. Segundo Theurer (1986), o efeito do processamento sobre o grão de milho é maior em relação ao grão de sorgo e pode ser explicado pela menor digestibilidade da proteína e amido do grão de sorgo.

Entre os processamentos térmicos, extrusão e autoclavagem, os menores valores foram obtidos para a matéria seca efetivamente degradada no rúmen do grão de sorgo autoclavado. Estes menores valores poderiam ser explicados pela formação de

complexos pouco degradáveis de proteínas praticamente insolúveis. A desnaturação pelo calor causa um desdobramento na estrutura terciária da proteína, expondo os aminoácidos hidrofóbicos à superfície diminuindo a sua solubilidade (Russell e Hespell, 1981). Somada a esse fato, a presença da camada periférica densa do grão reduz o acesso dos microorganismos aos grânulos de amido.

Os valores para as degradabilidades efetivas e potencial dos grãos para as raças Holandesa e Jersey, no geral, não apresentaram diferenças expressivas. Na literatura consultada, não foram encontradas comparações entre as degradações dos grãos no rúmen para estas raças.

Na Figura 3, podem ser observados os coeficientes a, b para a matéria seca dos grãos de milho e sorgo submetidos aos diferentes processamentos, assim como a fração não degradada no rúmen obtida pela diferença $100 - (a + b)$.

De uma maneira geral, a fração da matéria seca não degradável e a efetivamente não degradável no rúmen foram maiores para o grão de sorgo em relação ao grão de milho.

Observa-se que a fração solúvel dos grãos extrudados foi superior às outras formas de processamento. Como os valores para a taxa de degradação dos grãos extrudados foram maiores, em relação aos outros processamentos, pode-se concluir que a matéria seca dos grãos extrudados foi intensamente degradada pelos microorganismos ruminais.

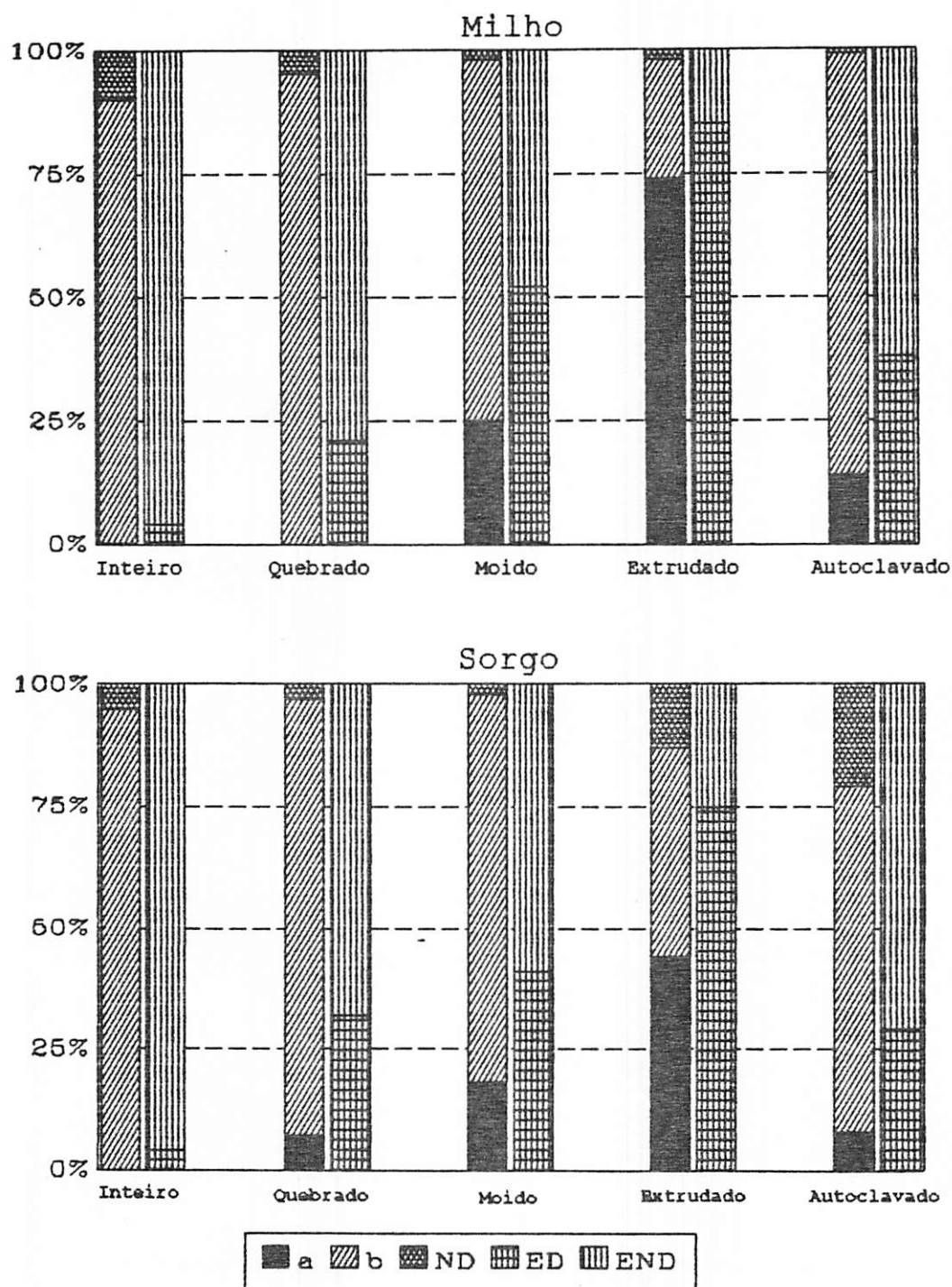


FIGURA 3: Fração solúvel (a), insolúvel potencialmente degradável (b), não degradável (ND), efetivamente degradável (ED) e efetivamente não degradável (END) da matéria seca do grão de milho e sorgo submetidos aos diferentes processamentos.

4.2 Amido

Os resultados para a fração solúvel do amido dos grãos de milho e sorgo, assim como o amido potencialmente degradável no rúmen e amido efetivamente degradado no rúmen podem ser observados na Tabela 4 e Figuras 4 e 5.

A fração solúvel do amido dos grãos de sorgo e milho apresentaram tendências semelhantes às aquelas obtidas para a matéria seca. O processamento aumentou a fração de amido rapidamente degradado no rúmen. No geral, o amido do grão de sorgo foi mais solúvel que o do grão de milho.

Pode-se observar, na Figura 6, que a forma extrudada em ambos os grãos foi superior às outras formas de processamento quanto a fração solúvel. Segundo Nocek (1987), o rompimento da estrutura cristalina dos grânulos de amido aumenta a sua solubilidade tornando os mesmos mais acessíveis à degradação.

O amido potencialmente e efetivamente degradável no rúmen, dos grãos de sorgo e milho, foram afetados pelo tipo de processamento. O processamento permitiu uma maior degradação efetiva do amido do grão de milho em relação ao grão de sorgo. De acordo com os relatos de Waldo (1973), o grão de sorgo resiste mais à degradação ruminal do que outras fontes de amido. No grão de sorgo os valores para a digestão do amido e da proteína são menores em relação ao grão de milho (Theurer, 1986). Segundo Hale (1973), a alteração da proteína do grão de sorgo pode ser importante na utilização do amido já que as digestibilidades da proteína e amido parecem estar diretamente relacionadas.

TABELA 4 - Valores para o amido potencialmente degradado no rúmen (APDR), amido efetivamente degradado no rúmen (AEDR), e fração solúvel (a) dos grãos de milho e sorgo nos diferentes processamentos.

	Raça	a	APDR	AEDR
Milho				
Inteiro	Holandesa	0,2	95,2	8,8
	Jersey	0,5	95,5	7,5
Quebrado	Holandesa	5,0	97,5	31,5
	Jersey	5,5	98,0	20,9
Moído	Holandesa	26,2	96,2	57,3
	Jersey	26,2	92,9	51,2
Extrudado	Holandesa	70,9	98,1	89,6
	Jersey	76,6	99,3	89,9
Autoclavado	Holandesa	7,7	84,3	46,0
	Jersey	8,0	84,0	41,8
Sorgo				
Inteiro	Holandesa	0,0	95,5	7,1
	Jersey	0,1	91,8	5,3
Quebrado	Holandesa	7,8	95,3	32,8
	Jersey	7,4	97,4	33,1
Moído	Holandesa	28,6	98,6	48,6
	Jersey	27,9	97,9	47,9
Extrudado	Holandesa	47,9	95,1	83,3
	Jersey	44,4	93,1	79,6
Autoclavado	Holandesa	11,4	75,8	35,6
	Jersey	10,3	95,3	45,2

$$\begin{aligned}
 Y_I &= 0,33 + 94,99 (1-e^{-0,0045t}) & R^2 &= 86,5 \\
 Y_Q &= 5,25 + 92,50 (1-e^{-0,015t}) & R^2 &= 93,0 \\
 Y_M &= 26,18 + 68,33 (1-e^{-0,035t}) & R^2 &= 97,6 \\
 Y_E &= 73,85 + 24,86 (1-e^{-0,09t}) & R^2 &= 96,6 \\
 Y_A &= 7,83 + 76,33 (1-e^{-0,045t}) & R^2 &= 97,4
 \end{aligned}$$

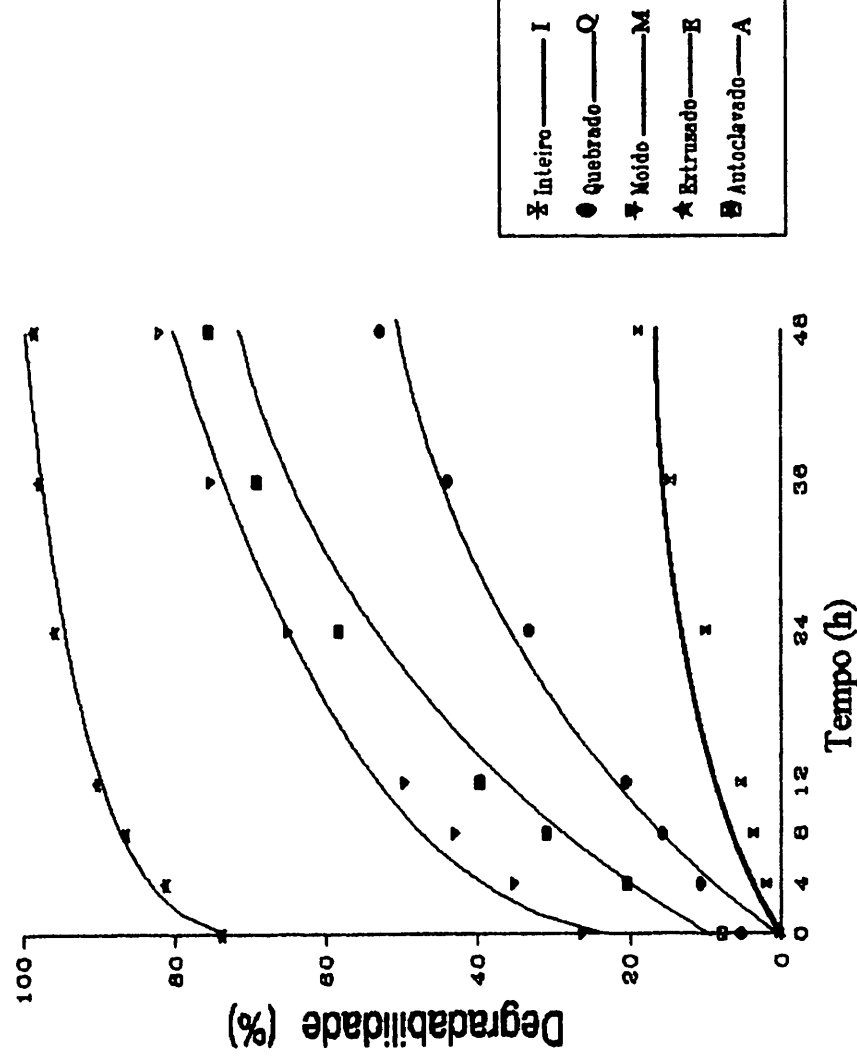


Figura 4: Degradabilidade estimada para o amido do grão do milho submetido aos diferentes processamentos.

$$\begin{array}{ll}
 Y_I = 0,045 + 03,62 (1-e^{-0,0035t}) & R^2 = 95,5 \\
 Y_Q = 7,65 + 88,74 (1-e^{-0,02t}) & R^2 = 96,9 \\
 Y_M = 28,27 + 70,0 (1-e^{-0,02t}) & R^2 = 93,6 \\
 Y_E = 46,17 + 47,93 (1-e^{-0,14t}) & R^2 = 97,7 \\
 Y_A = 10,85 + 74,71 (1-e^{-0,03t}) & R^2 = 97,9
 \end{array}$$

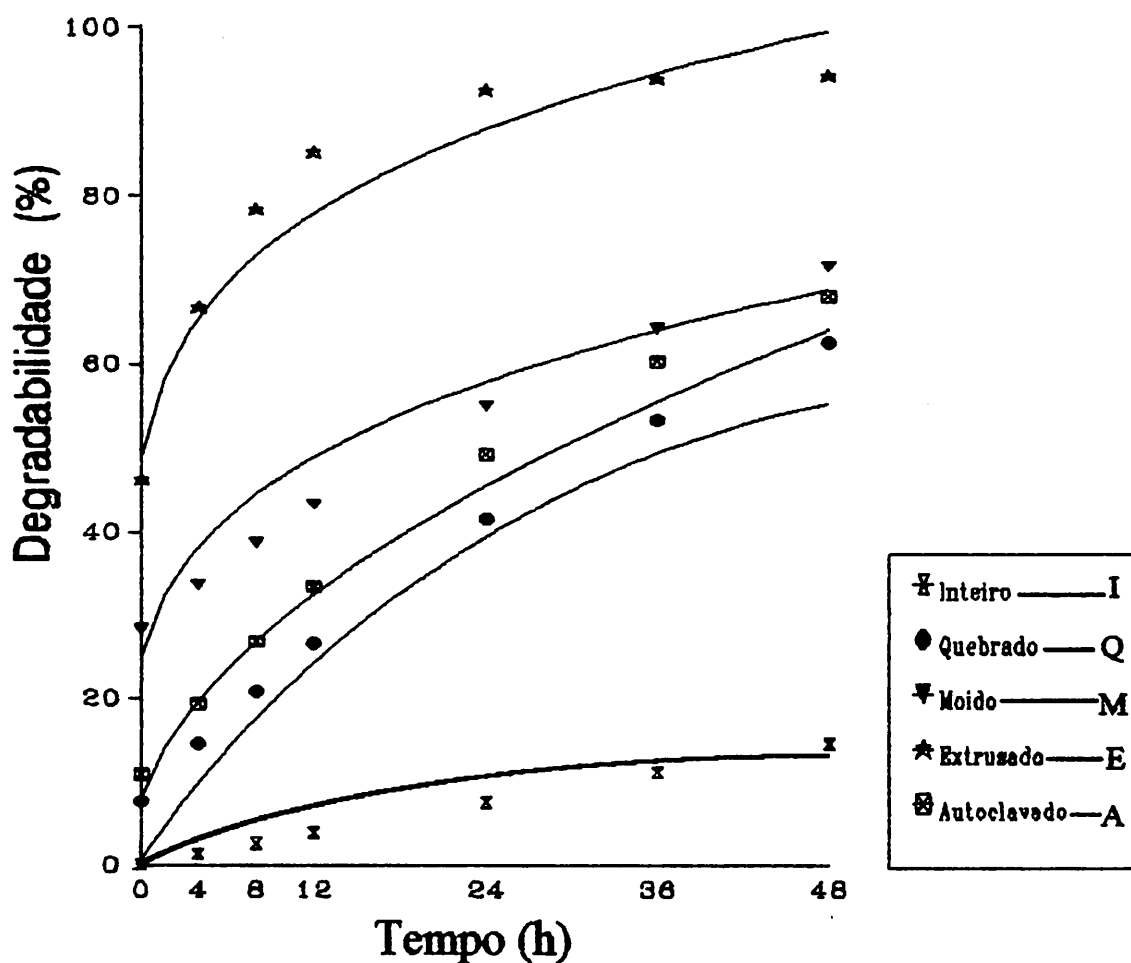


FIGURA 5: Degradabilidade estimada para o amido do grão de sorgo submetido aos diferentes processamentos.

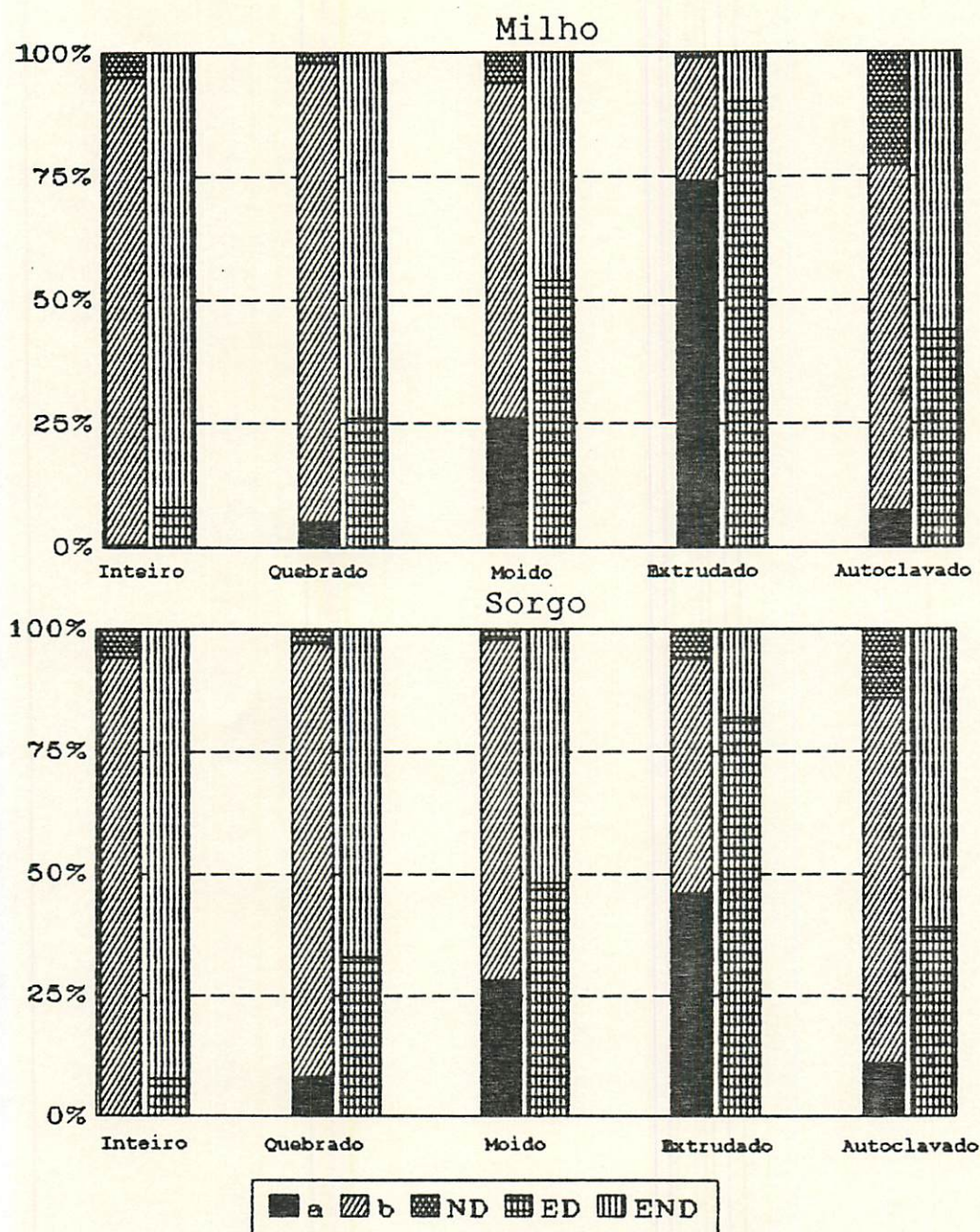


FIGURA 6: Fração solúvel (a), insolúvel potencialmente degradável (b), não degradável (ND), efetivamente degradável (ED) e efetivamente não degradável (END) do amido do grão de milho e sorgo submetidos aos diferentes processamentos.

Nota-se que o sorgo na forma quebrada apresentou um valor para a degradação do amido superior quando comparado ao milho na mesma forma. Esse fato provavelmente tenha ocorrido devido a diferenças no tamanho das partículas dos grãos. Grãos de milho quebrados são maiores que os grãos de sorgo na mesma forma. Segundo Galyean, Wagner e Owens (1979), a degradação ruminal do grão de milho pode ser beneficiada quando o grão de milho é reduzido a partículas menores.

Entre as formas moída e quebrada dos grãos de sorgo e milho, verifica-se que o tamanho da partícula exerceu um papel importante na degradação do amido. A redução do tamanho da partícula promoveu melhores degradabilidades para os grãos não processados termicamente.

Os menores teores de amido encontrados para os grãos, quando processados termicamente (Quadro 2), poderiam ser justificados pela modificação na estrutura do amido. Em aquecimento intenso há uma maior possibilidade de formação de ligações resistentes à hidrólise ácida, na molécula de amido, resultando em menores valores para o amido do alimento (Southgate, 1991).

Observa-se que dentre os processamentos térmicos, a extrusão permitiu maiores valores para o amido efetivamente degradado no rúmen, principalmente para o milho. Para os grãos autoclavados estes valores foram menores, apesar de, aparentemente, os grãos serem intensivamente gelatinizados nos dois tipos de processamento. Segundo Vilela (1983), o processo de extrusão possibilita a mistura, cozimento e reestruturação do alimento além

de permitir a gelatinização dos componentes amiláceos. Baseando-se nesse relato, as diferenças observadas nos tipos de processamento podem estar relacionadas à ruptura da estrutura do endosperma dos grãos extrudados aliadas à formação de um produto com uma nova textura e mais disponível ao ataque dos microrganismos do rúmen.

Diferenças na digestão enzimática do amido dos grãos podem estar relacionadas à solubilidade da proteína ao redor dos grânulos de amido (McNeill et al., 1975). A redução na solubilidade da matriz protéica, no endosperma do grão, pode produzir amidos pouco solúveis como mostrado por Potter e citado por McNeill et al. (1975). Esses fatos poderiam justificar os menores valores para a degradabilidade do amido dos grãos autoclavados em relação aos extrudados.

Segundo Walker, citado por McNeill et al. (1975), a alta temperatura usada nos processamentos térmicos pode produzir um grupo de pequenas cadeias de dextrinas, derivadas do amido, que são mais resistentes à ação de enzimas que o amido cru. Portanto, a formação desses complexos aliada à utilização do grão inteiro poderia explicar a menor suscetibilidade do grão autoclavado na degradação enzimática.

Pelos dados obtidos, pode-se inferir que o aumento do valor nutricional do grão de sorgo processado, ao ponto de aproximar-se ao do milho, não deriva essencialmente da gelatinização do amido. A moagem e quebra do grão de sorgo aumentam a degradação da matéria seca e amido no rúmen, sem a aplicação do calor na intenção de gelatinizar o amido. Uma possível explicação para a ocorrência desse incremento na degradação, seria a separação

dos grânulos de amido da matriz protéica, expondo-os ao ataque dos microorganismos no rúmen. Por outro lado, os tratamentos térmicos, extrusão e cozimento a vapor, provocam a gelatinização do amido dos grãos, ou seja, o rompimento dos grânulos de amido, tornando-os mais susceptíveis à degradação ruminal.

5 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos e nas condições do presente trabalho, conclui-se que:

- Os grãos de milho processados apresentaram maiores degradabilidades da matéria seca e do amido quando comparados aos grãos de sorgo.

- Os métodos de processamento estudados melhoraram a degradabilidade ruminal da matéria seca e amido dos grãos de milho e sorgo, tornando-os mais susceptíveis ao ataque de enzimas produzidas pelos microorganismos do rúmen.

- A extrusão proporcionou maiores degradabilidades da matéria seca e do amido dos grãos de milho e sorgo em relação a outras formas de processamento.

- Os grãos de milho e principalmente os de sorgo necessitam de processamento antes do fornecimento aos animais para maximizar a degradação do amido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 11.ed. Washington, 1970. 1015p.
- BATTISTI, C.R.; COELHO, D.T.; TELES, F.F.F.; OLIVEIRA, L.M. de; SILVEIRA, A.J. da. Determinação do teor de carboidratos ácidos digeríveis em cultivares de mandiocas (*Manihot esculenta* Crantz) e sacarificação do amido por extrusão. *Revista Ceres, Viçosa*, v.28, n.157, p.318-322, maio/jun. 1981.
- BOER, G.; MURPHY, J.J.; KENNELLY, J.J. A modified method for determination of "in situ" rumen degradation of feedstuffs. *Canadian Journal of Animal Science, Champaign*, v.67,n.3; p.93-102, Mar. 1987.
- CARVALHO, W.T. de; GARCIA, J.A.; SILVA, J.F.C. da; CAMPOS, J.; SILVA, D.J. da. Efeito da alteração dos grãos de sorgo e de milho, pelo aquecimento, fermentação e moagem, sobre a digestibilidade "in vitro" dos carboidratos e da matéria seca. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa*, v.10, n.2, p.295-313, mar. 1981.

CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G.C.; VILELA, E.A. de. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v.4, n.1, p.55-65, jan./jun. 1980.

CHIANG, B.Y.; JOHNSON, J.A. Gelatinization of starch in extruded products. *Cereal Chemistry*, Minnesota, v.54, n.3, p.436-443, May/June 1977.

EUCLYDES, R.F. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas). Viçosa: UFV, 1983. 59p.

EVANS, J.L.; COLBURN, N.W. Disappearance in the rumen of grain dry matter with different physical forms. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.50, n.3, p.394-396, mar. 1967.

FERREIRA, J.J.; NETO, J.M.; MIRANDA de, C.S. Efeito do milho, sorgo e raspa de mandioca na ração sobre o desempenho de novilhos confinados. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.18, n.4, p.306-313, jul./ago. 1989.

FIGROID, W.W.; HALE, H.; THEURER, B. An evaluation of the nylon bag technique for estimating rumen utilization of grains. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.35, n.1, p.113-120, July 1972.

- FREDERICK, H.M.; THEURER, B.; HALE, W.H. Effect of moisture, pressure and temperature on enzymatic starch degradation of barley and sorghum grain. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.56, n.5, p.595-601, May 1973.
- GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. Corn particle size and site and extent of digestion by steers. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.49, n.1, p.204-210, July 1979.
- GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. Dry mater and starch disappearance of corn and sorghum as influenced by particle size and processing. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.64, n.9, p.1804-1812, Sept. 1981.
- HAHN, D.H.; ROONEY, L.W.; EARP, C.F. Tannins and phenols of sorghum. *Cereal Foods World*, Minnesota, v.29, n.12, p.776-779, Dec. 1984.
- HALE, W.H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.37, n.4, p.1075-1081, Oct. 1973.
- HIBBERD, C.A.; WAGNER, D.G.; SCHEMM, R.L.; MITCHELL JR., E.D.; HINTZ, R.L.; WEIBEL, D.E. Nutritive characteristics of different varieties of sorghum and corn grains. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.55, n.3, p.665-672, Sept. 1982.

- McGINTY, D.D.; RIGGS, J.K.. Variation in digestibility of sorghum grain varieties. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.27, n.4, p.1170, July 1968. (Abstr.).
- McNEIL, J.W.; POTTER, G.D.; RIGGS, J.K. Ruminal and postruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.33, n.6, p.1371-1374, Dec. 1971.
- McNEIL, J.W.; POTTER, G.D.; RIGGS, J.K.; ROONEY, L.W. Chemical and physical properties of processed sorghum grain carbohydrates. *Journal of Animal Science*, New York, v.40, n.2, Feb. 1975.
- MAXSON, W.E.; SHIRLEY, R.L.; BERTRAND, J.E.; PALMER, A.Z. Energy values of corn, bird-resistant and nonbird-resistant sorghum grain in rations fed to steers. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.37, n.6, p.1451-1457, Dec. 1973.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agricultural Science*, New York, v.88, n.3, p.645-650, Mar. 1977.
- MOE, P.W.; TYRELL, H.F.; HOOVEN JR., N.W. Physical form and energy value of corn grain. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.56, n.10, p.1298-1304, oct. 1973.

- NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, Baltimore, v.153, p.375-380, 1944.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H. *Linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental designs*. 2.ed. USA: Richard D. Irwin, 1985. 1125p.
- NOCEK, J.E. Evaluation of specific variables affecting "in situ" estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.60, n.5, p.1347-1358, May 1985.
- NOCEK, J.E.; "In situ" and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.71, n.8, p.2051-2069, Aug. 1988.
- NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.74, n.10, p.3598-3629, Oct. 1991.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, New York, v.92, n.1, p.499-508, Mar. 1979.

OSMAN, H.F.; THEURER, B.; HALE, W.H.; MEHEN, S.M. Influence of grain processing on "in vitro" enzymatic starch digestion of barley and sorghum grain. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v.100, n.10, p.1133-1139, Nov. 1970.

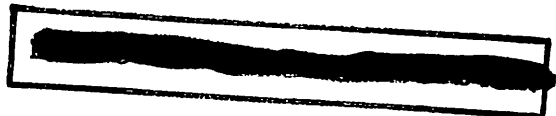
PRASAD, D.A.; MORRIL, J.L.; MELTON, S.L. et al. Evaluation of processed sorghum grain and wheat by cattle and by 'in vitro' techniques. *Journal Animal Science*, Champaign, v.41, n.2, p.578-587, Aug. 1975.

ROMERO, F. Utilization de la tecnica de digestion "in situ" para la caracterizacion de forrages. In: *NUTRICION DE RUMINANTES: GUIA METODOLOGICA DE INVESTIGACION*. San José, Costa Rica, 1990. p.105-114.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.63, n.5, p.1607-1623, Nov. 1986.

RUSSELL, J.B.; HESPELL, R.B. Microbial rumen fermentation. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.64, n.6, p.1153-1169, June 1981.

SALSBURY, R.L.; HOEFER, J.A.; LUECKE, R.W. Effect of heating starch on its digestion by rumen microorganisms. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.20, n.3, p.569-572, Aug. 1961.



- SAMFORD, R.A.; RIGGS, J.K.; ROONEY, L.W.; COON, J.G.. Ruminal digestibility of sorghum endosperm types. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.30, n.6, p.1038, June 1970. (Abstr.).
- SOUTHGATE, D.A.T. *Determination of food carbohydrates*. 2.ed. London: Elsevier Applied Science, 1991. 232p.
- SPICER, L.A.; THEURER, C.B.; SOWE, G.; NOOM, T.H. Ruminal and post-ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum grain, corn, and barley-based diets by beef steers. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.62, n.2, p.521-530, Feb. 1986.
- SULLINS, R.D.; ROONEY, L.W.. Microscopic evaluation of the digestibility of sorghum lines that differ in endosperm characteristics. *Cereal Chemistry*, Minnesota, v.51, n.1, p.134-137, Jan./Feb. 1974.
- TEIXEIRA, J.C.; HUBER, J.T.; WANDERLEY, R.C. A mobile nylon bag technique for estimating post-ruminal digestibility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.71, n.Suppl. 1, p.180, June 1988. (Abstr.).
- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.63, n.5, p.1649-1662, Nov. 1986.

UDEN, P.; VAN SOEST, P.J. Investigation of the "in situ" bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.58, n.1, p.213-221, Jan. 1984.

VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitação pluviométrica de Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v.4, n.1, p.46-55, jan./jun. 1980.

VILELA, E.R. Produção, caracterização e extrusão da farinha de guandu. Campinas: UNICAMP, 1983. 149p. (Tese Doutorado).

WALDO, D.R. Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.37, n.4, p.1062-1074, Oct. 1973.

WEAKLEY, D.C.; STERN, M.D.; SATTER, L.D. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.56, n.2, p.493-507, Feb. 1983.

WILKINS, R.J. The potential digestibility of cellulose in forage and feces. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.73, n.1, p.57-64, Aug./Dec. 1969.

APÊNDICES

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	48
APÊNDICE A	49
APÊNDICE B	53
1 TÉCNICA DE EXTRAÇÃO DO AMIDO	53
1.1 Passos da análise	53
1.2 Preparo das soluções	56
1.3 Curva padrão de glicose	58

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1A	Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (R^2) obtidos para degradabilidade ruminal da matéria seca dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes processamentos	49
2A	Estimativa da degradabilidade da matéria seca, para os grãos de milho e sorgo segundo as formas de processamento nos diferentes tempos de incubação em %	50
3A	Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (R^2) obtidos para degradabilidade ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes processamentos	51
4A	Estimativa da degradabilidade do amido dos grãos de milho e sorgo segundo as formas de processamento nos diferentes tempos de incubação em %	52

APÊNDICE A

TABELA 1A - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (R^2) obtidos para degradabilidade ruminal da matéria seca dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes processamentos.

Raça		Equação	R^2
Milho			
Inteiro	Holandesa	$Y = 0,07 + 84,72 (1 - e^{-0,003t})$	93,2
	Jersey	$Y = 0,28 + 95,00 (1 - e^{-0,002t})$	90,6
Quebrado	Holandesa	$Y = 0,07 + 95,00 (1 - e^{-0,02t})$	95,2
	Jersey	$Y = 0,01 + 95,00 (1 - e^{-0,01t})$	95,0
Moído	Holandesa	$Y = 24,14 + 75,00 (1 - e^{-0,03t})$	94,7
	Jersey	$Y = 25,66 + 70,00 (1 - e^{-0,03t})$	98,1
Extrudado	Holandesa	$Y = 71,79 + 25,88 (1 - e^{-0,05t})$	93,8
	Jersey	$Y = 76,09 + 21,63 (1 - e^{-0,04t})$	92,9
Autocla- vado	Holandesa	$Y = 13,73 + 85,00 (1 - e^{-0,02t})$	97,6
	Jersey	$Y = 13,36 + 85,00 (1 - e^{-0,02t})$	96,4
Sorgo			
Inteiro	Holandesa	$Y = 0,01 + 95,00 (1 - e^{-0,002t})$	97,4
	Jersey	$Y = 0,02 + 95,00 (1 - e^{-0,002t})$	98,4
Quebrado	Holandesa	$Y = 6,97 + 90,00 (1 - e^{-0,02t})$	97,4
	Jersey	$Y = 6,36 + 90,00 (1 - e^{-0,02t})$	97,7
Moído	Holandesa	$Y = 18,79 + 80,00 (1 - e^{-0,02t})$	92,2
	Jersey	$Y = 17,53 + 80,00 (1 - e^{-0,02t})$	90,0
Extrudado	Holandesa	$Y = 42,85 + 44,67 (1 - e^{-0,12t})$	96,3
	Jersey	$Y = 45,01 + 41,44 (1 - e^{-0,13t})$	93,0
Autocla- vado	Holandesa	$Y = 8,21 + 74,20 (1 - e^{-0,02t})$	97,3
	Jersey	$Y = 8,42 + 66,63 (1 - e^{-0,02t})$	97,7

TABELA 2A - Estimativa da degradabilidade da matéria seca, para os grãos de milho e sorgo segundo as formas de processamento nos diferentes tempos de incubação em %.

Raça	Tempos de incubação (h)							
	0	4	8	12	24	36	48	
Milho								
Inteiro	Holandesa	0,1	1,1	2,1	3,1	6,0	8,7	11,4
	Jersey	0,3	1,0	1,8	2,5	4,7	6,9	9,0
Quebrado	Holandesa	0,1	7,4	14,1	20,3	36,3	48,8	58,8
	Jersey	0,0	3,7	7,3	10,8	20,3	28,7	36,2
Moído	Holandesa	24,1	32,6	40,1	46,8	62,6	73,7	81,4
	Jersey	25,7	33,6	40,6	46,8	61,6	71,9	79,1
Extrudado	Holandesa	71,8	76,5	80,3	83,5	89,9	93,4	95,3
	Jersey	76,1	79,3	82,0	84,3	89,4	92,6	94,5
Autocla- vado	Holandesa	13,7	20,3	26,3	31,9	46,1	57,4	66,2
	Jersey	13,4	19,9	25,9	31,5	45,8	57,0	65,8
Sorgo								
Inteiro	Holandesa	0,0	0,8	1,5	2,3	4,5	6,6	8,7
	Jersey	0,0	0,8	1,5	2,3	4,5	6,6	8,7
Quebrado	Holandesa	7,0	13,9	20,3	26,2	41,3	53,2	62,5
	Jersey	6,4	13,3	19,7	25,6	40,7	52,6	61,9
Moído	Holandesa	18,8	24,9	30,6	35,9	49,3	59,9	68,2
	Jersey	17,5	23,7	29,4	34,6	48,0	58,6	66,9
Extrudado	Holandesa	42,9	59,9	70,4	76,9	85,0	86,9	87,4
	Jersey	45,0	61,8	71,8	77,7	84,6	86,1	86,4
Autocla- vado	Holandesa	8,2	13,9	19,2	24,0	36,5	46,3	54,0
	Jersey	8,4	13,5	18,3	22,6	33,8	42,6	49,5

TABELA 3A - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (R^2) obtidos para degradabilidade ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes processamentos.

	Raça	Equação	R^2
Milho			
Inteiro	Holandesa	$Y = 0,18 + 94,97 (1 - e^{-0,005t})$	82,1
	Jersey	$Y = 0,48 + 95,00 (1 - e^{-0,004t})$	90,8
Quebrado	Holandesa	$Y = 5,03 + 92,50 (1 - e^{-0,02t})$	94,2
	Jersey	$Y = 5,47 + 92,50 (1 - e^{-0,01t})$	91,7
Moído	Holandesa	$Y = 26,15 + 70,00 (1 - e^{-0,04t})$	96,9
	Jersey	$Y = 26,21 + 66,65 (1 - e^{-0,03t})$	98,3
Extrudado	Holandesa	$Y = 70,88 + 27,24 (1 - e^{-0,11t})$	98,0
	Jersey	$Y = 76,81 + 22,48 (1 - e^{-0,07t})$	95,2
Autocla- vado	Holandesa	$Y = 7,66 + 76,67 (1 - e^{-0,05t})$	97,6
	Jersey	$Y = 8,00 + 75,98 (1 - e^{-0,04t})$	97,1
Sorgo			
Inteiro	Holandesa	$Y = 0,00 + 95,50 (1 - e^{-0,004t})$	94,6
	Jersey	$Y = 0,09 + 91,73 (1 - e^{-0,003t})$	96,4
Quebrado	Holandesa	$Y = 7,89 + 87,50 (1 - e^{-0,02t})$	96,8
	Jersey	$Y = 7,40 + 90,00 (1 - e^{-0,02t})$	96,9
Moído	Holandesa	$Y = 28,60 + 70,00 (1 - e^{-0,02t})$	94,1
	Jersey	$Y = 27,94 + 70,00 (1 - e^{-0,02t})$	93,1
Extrudado	Holandesa	$Y = 47,89 + 47,23 (1 - e^{-0,15t})$	97,7
	Jersey	$Y = 44,44 + 48,63 (1 - e^{-0,13t})$	97,7
Autocla- vado	Holandesa	$Y = 11,41 + 64,41 (1 - e^{-0,03t})$	99,1
	Jersey	$Y = 10,28 + 85,00 (1 - e^{-0,03t})$	96,6

TABELA 4A - Estimativa da degradabilidade do amido dos grãos de milho e sorgo segundo as formas de processamento nos diferentes tempos de incubação em %.

Raça		Tempos de incubação (h)						
		0	4	8	12	24	36	48
Milho								
Inteiro	Holandesa	0,2	2,1	3,9	5,7	10,9	15,8	20,4
	Jersey	0,5	1,9	3,5	4,9	9,2	13,2	17,1
Quebrado	Holandesa	5,0	12,1	18,7	24,8	40,3	52,5	62,1
	Jersey	5,5	9,1	12,6	15,9	25,2	33,4	40,7
Moído	Holandesa	26,2	36,5	45,3	52,8	69,3	79,6	85,9
	Jersey	26,2	33,7	40,4	46,4	60,4	70,2	77,1
Extrudado	Holandesa	70,9	80,6	86,8	90,8	96,2	97,6	98,0
	Jersey	76,8	82,3	86,5	89,6	95,1	97,5	98,5
Autocla- vado	Holandesa	7,7	21,6	32,9	42,3	61,2	71,7	77,4
	Jersey	8,0	19,2	28,8	37,0	54,9	66,0	72,8
Sorgo								
Inteiro	Holandesa	0,0	1,5	3,0	4,5	8,7	12,8	16,7
	Jersey	0,1	1,2	2,3	3,3	6,5	9,5	12,4
Quebrado	Holandesa	7,8	14,6	20,8	26,5	41,2	52,7	61,8
	Jersey	7,4	14,3	20,7	26,6	41,7	53,6	62,9
Moído	Holandesa	28,6	34,0	39,0	43,5	55,3	64,5	71,8
	Jersey	27,9	33,3	38,3	42,9	54,6	63,9	71,1
Extrudado	Holandesa	47,9	69,2	80,9	87,3	93,8	94,9	95,1
	Jersey	44,4	64,2	75,8	82,9	90,9	92,6	93,0
Autocla- vado	Holandesa	11,4	18,7	25,2	30,9	44,5	53,9	60,6
	Jersey	10,3	19,9	28,4	36,0	53,9	66,4	75,1

APÊNDICE B

1 TÉCNICA DE EXTRAÇÃO DO AMIDO

MÉTODO DE SOMOGY MODIFICADO POR NELSON (1944)

1.1 Passos da análise

1ª ETAPA

- Pesar 3 g do material seco e moído em um tubo
- colocar uma pitada de carbonato de cálcio
- colocar 20 ml de álcool etílico a 70%
- tampar com uma rolha perfurada por uma vareta de vidro
- levar em chapa digestora, esperar atingir 100°C, abaixar a temperatura para 80°C e deixar por 1 hora. Desligar e deixar em repouso por 15 horas.

2ª ETAPA

- Colocar 15 ml de álcool etílico a 95%
- filtrar em vidrinhos
- lavar o papel de filtro, jogando o resíduo num Erlenmeyer
- lavar o tubo com água destilada, jogando todo o resíduo no Erlenmeyer
- completar, com água destilada, o volume do Erlenmeyer para 100 ml
- colocar 3 gotas de soda (NaOH) a 10%
- tampar com rolo de gase
- levar em autoclave por 1 hora a 120°C
- deixar esfriar
- colocar 2,5 ml de ácido clorídrico (HCl) concentrado
- voltar ao autoclave por 30 minutos

- desligar e deixar em repouso por 24 horas.

3ª ETAPA

- Neutralizar o conteúdo do Erlenmeyer com soda (NaOH) a 50% e 10%, pingar uma gota no papel titulador. A cor deve atingir o pH 7,0
- filtrar a solução neutralizada, num balão volumétrico
- completar, com água destilada, o volume do balão para 100 ml
- pipetar 1 ml dessa solução
- colocar num balão volumétrico e completar com 100 ml de água destilada (diluição 1 ml/100 ml).

4ª ETAPA - Desproteínização

- Pipetar 3 ml do extrato de amido (diluição 1 ml/100 ml) do balão volumétrico e colocar em um tubo de ensaio
- colocar 9 ml de água destilada
- adicionar 1,2 ml de hidróxido de bário (0,3N)
- adicionar 1,2 ml de sulfato de zinco (0,5%)
- filtrar.

5ª ETAPA - Determinação

- Utilizar dois tubos de ensaio para cada amostra
- separar dois tubos para branco
- pipetar 2 ml da solução filtrada na 4ª etapa (desproteínizada)
- colocar 1 ml do reagente cúprico em todos os tubos (o tubo branco recebe todos os reagentes, menos a amostra)
- tampar os tubos com papel alumínio e levar em banho-maria por 20 minutos
- esfriar em banho de gelo
- colocar 1 ml de arsenomobilídico em todos os tubos
- colocar 6 ml de água destilada

- fazer leitura em um espectrofotômetro a 510 nm de absorbância.

CÁLCULO DO AMIDO

3 g de amostra/100 ml

1 ml/100 ml

2 ml do desproteinizado

3 g _____ 100 ml

x _____ 1 ml

x = 0,03 g

0,03 g _____ 100 ml

x _____ 3 ml

x = 0,0009 g

0,0009 g _____ 14,4 ml

x _____ 2,0 ml do desproteinizado

x = 0,000125

0,000125 g _____ 254,54*

100 _____ x

x = 203,6320 g

203,6320 x 0,9** = 183,2688***

* - Fator derivado da curva padrão de glicose.

** - Fator de conversão da glicose em amido.

*** - Esse valor multiplicado pela média das leituras dos dois tubos resultará na quantidade de amido presente na amostra.

Obs.: A diferença entre duas leituras de uma mesma amostra não deve ser maior que 0,3. Caso isso ocorra, repetir a determinação.

1.2 Preparo das soluções

1. Solução de Sulfato de Zinco (ZnSO_4) a 5%

- 50 g de ZnSO_4 /100 ml de água destilada.

2. Solução de Hidróxido de Bário (Ba(OH)_2) 0,3N

- 47,2 g de Ba(OH)_2 /1000 ml de água destilada

3. Reativo A

- Carbonato de sódio anidro - 25 g
- Tartarato duplo de sódio e potássio - 25 g
- Bicarbonato de sódio - 20 g
- Sulfato de sódio anidro - 200 g
- Água destilada q.s.p. - 1000 ml

4. Reativo B

- Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) - 15 g
- Água destilada q.s.p. - 100 ml
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado - 2 gotas

5. Reativo cúprico

- Reativo A - 25 ml
- Reativo B - 1 ml

Preparar na hora do uso.

6. Reativo arsenomobílico

- Dissolver 25 g de molibdato de amônia em 450 ml de água destilada.
- Adicionar 21 ml de ácido sulfúrico concentrado e misturar.
- Separadamente, dissolver 3 g de arseniato dissódico ($\text{Na}_2\text{HASO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) em 25 ml de água destilada. Juntar essa solução à primeira e agitar.
- Colocar a mistura em banho-maria regulado a 56°C por 25 minutos.
- Guardar em frasco âmbar.

7. Solução padrão de glicose

- 100 mg de glicose pura/1000 ml de água destilada.

1.3 Curva padrão de glicose

Tubos de ensaio	Sol. Padrão glicoses (ml)	Água destilada (ml)	Reativo cúprico (ml)	Reativo arsenomob. (ml)
Branco	-	2,0	1	1
Padrão 1	0,2	1,8	1	1
Padrão 2	0,4	1,6	1	1
Padrão 3	0,6	1,4	1	1
Padrão 4	0,8	1,2	1	1
Padrão 5	1,0	1,0	1	1
Padrão 6	1,2	0,8	1	1

- colocar os tubos em banho-maria fervente por 20 minutos
- esfriar em banho de gelo
- colocar 1 ml de arsenomobilítico
- completar o volume final dos tubos para 10 ml, colocando 6 ml de água destilada
- ler em espectrofotômetro a 510 nm de absorbância
- somar as leituras e dividir pela soma dos volumes dos padrões de 1 a 6 e multiplicar o resultado por 100.