



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS
ESTRUTURAIS E DO VALOR NUTRICIONAL DO
GRÃO DE MILHO RECONSTITUÍDO**

BRUNA FREIRE DOMINGUES DA COSTA

Brasília-DF
Dezembro/2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

BRUNA FREIRE DOMINGUES DA COSTA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS
ESTRUTURAIS E DO VALOR NUTRICIONAL DO
GRÃO DE MILHO RECONSTITUÍDO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília - UnB, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Professor Dr. Cássio José da Silva

Brasília-DF
Dezembro/2013

BRUNA FREIRE DOMINGUES DA COSTA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E
DO VALOR NUTRICIONAL DO GRÃO DE MILHO
RECONSTITUÍDO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina
Veterinária da Universidade de Brasília - UnB,
como requisito parcial para a obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientador: Professor Dr. Cássio José da Silva

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cássio José da Silva
Universidade de Brasília – UnB
Orientador

Prof. Dr. Clayton Quirino Mendes
Universidade de Brasília – UnB
Examinador

Prof. PhD. Gilberto Gonçalves Leite
Universidade de Brasília – UnB
Examinador

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, por sempre iluminar meu caminho e dar forças para continuar.

Aos meus pais, Gerth Domingues e Maria Regina; aos meus irmãos, Gerth e Renata; ao meu cunhado, Wellington; aos meus avós; ao meu grande amigo, Carlos Eduardo; ao meu querido Mateus; e a todos que me ajudaram e apoiaram de alguma forma, não só na vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado o dom da vida, e com ela saúde, esperança, sabedoria e coragem para enfrentar qualquer dificuldade, não deixando de lado a alegria de viver.

Ao meu pai, Gerth Domingues, por todo ensinamento passado, pelo carinho e amor dado e por ser meu exemplo de vida. A minha mãe, Maria Regina Freire, que sempre me apoiou em todos os momentos, na saúde e na doença, sempre me dando força quando ela nem mais tinha, um exemplo de fé e esperança.

Aos meus avôs, Geraldo Freire (*in memoriam*) e Francisco Domingues (*in memoriam*) que sem saber me incentivaram a escolher minha profissão, com histórias e locais que me levaram, demonstravam sempre muito amor pelo que contavam e faziam.

Aos meus irmãos, Renata Freire e Gerth Filho por serem exemplos de irmãos mais velhos, por estarem sempre ao meu lado, me ensinando e incentivando em todas minhas escolhas, além de tornarem minha vida mais feliz.

Ao Wellington, meu irmão mais “novo”, pessoa mais chata e mais amável, que sempre me tira grandes risadas.

À minha avó Regina, pela convivência diária, ensinamentos e pelo amor incondicional e zelo que tem por mim. Minha vida não seria a mesma sem ela.

À minha avó Dininha, pelo amor e carinho que sempre demonstra quando vou a sua casa, além de proporcionar lanches deliciosos.

Ao meu estimável, magnânimo e altruísta amigo Carlos Eduardo Gomes Oliveira, por estar sempre ao meu lado durante todos esses anos, na vida acadêmica e social, transmitindo conhecimentos que levarei para toda vida. Além de me propiciar momentos hilários e inesquecíveis. O período de formação acadêmica e a minha vida seria muito mais árdua sem a presença desta pessoa tão especial.

Ao meu amado Mateus, por ter aparecido em minha vida quando eu menos esperava, trazendo consigo uma bagagem de amor e paciência.

Aos meus padrinhos, pelo apoio e carinho, e por sempre me acolherem com o melhor abraço do mundo.

Ao tio Jorge e tia Rosemarie, que apesar de serem os tios que moram mais distante, são os que mais estão presentes na minha vida de forma muito especial.

Ao professor Cássio José, pela oportunidade de pesquisa, por toda a transmissão de conhecimento, além de toda atenção cedida, não se importando com os horários das mensagens e email.

À Universidade de Brasília, por ter me propiciado espaço para estudo e contato com excelentes professores da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Em especial, os professores: Cícero Célio, Cícero Lopes, Fagioli, Cirilo, Ernandes, Sérgio, Eiyti, Tairone, Blum, Xavier e Gilberto, que além de mestres, são pessoas maravilhosas que me ajudaram sempre que necessário.

À Fazenda Água Limpa e seus funcionários, que com seu acolhimento e amizade, tornaram a FAL minha segunda casa, um lugar que sempre vou me sentir bem. Agradeço ao Neguinho, Chico, Valdemar, Lulinha, Miltão, Romilson, Ramon, Almir, Maciel, Ceará, Antônio, Nogueira, Cana, Joel, Nice, Célia, William, Queen, João Paulo, João, Diovane, Cristiano, Luís, Ronaldo, Valdecir, Sambica, Rouland, Jandir, Geraldo, Dona Raimunda e todos os outros que sempre me cumprimentam com um grande sorriso, mas infelizmente não tive a oportunidade de conversar melhor e descobrir seus nomes ou apelidos.

Ao Laboratório de Nutrição Animal (LNA), pelo espaço e substâncias fornecidas para as análises. À Dani, Cris, Joice e Geovana(s) por serem prestativas e me auxiliarem quando foi preciso.

À xerox do Henrique, flamenguista gente boa que depois de anos me atendendo ainda tem novidades para contar. E ao Adenilton, que é o sorriso em pessoa.

Ao GPEC – Grupo de Estudo em Pecuária, pelo aprendizado do trabalho em equipe e por me aproximar dos bovinos que gosto tanto. Carlão, Magrelinho e Paulo vocês são feras.

À todos os amigos da agronomia que sempre estiveram juntos nas correrias de estudos, provas, trabalhos e também nas grandes zoeiras. Em destaque: Neguinho, Tiagão, Manu, André, Brunão, Fran, João, Taka e Arthur. Não sei qual caminho cada um vai seguir, mas tenho a certeza de que estarão para sempre em minha memória.

Aos meus amigos antigos que com a correria diária acabei vendo menos, mas sei que posso contar com eles: Paulinho, Lucas, Tamyra, Érika, Ulisses, Danniell, Cristiano, Brasil, Laís, Léo, Tiago e Raquel.

Por fim, agradeço à Deus novamente, por ter criado esse mundo, de uma beleza extraordinária com água, terra, plantas, animais e por ter me dado a chance de trabalhar diretamente com eles.

*"You'll find rocks on the way
You know you gotta give your best"*

(Eterna)

*"Comece fazendo o que é necessário,
Depois o que é possível,
E de repente você estará fazendo
O impossível."*

(São Francisco de Assis)

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da reconstituição da umidade associada à moagem grosseira do grão de milho sobre as características nutricionais e estruturais dos grãos. O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília. Foram utilizadas as seguintes combinações de processamento do milho: MRA - Milho moído (5 mm) e reconstituído com água; MRS - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina; MRAI - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina; MRSA - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina + álcool; MRAIA - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina + álcool. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), cinzas (CZ), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF), nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). Foi realizada ainda a microscopia eletrônica de varredura para os grãos de milho processados. Os processamentos de grãos de milho baseados na moagem grosseira a 5 mm e na reconstituição da umidade, em particular com solução alcalina + álcool promoveram redução nos teores de PB devido a solubilização das mesmas, porém não alteraram os valores de energia do milho. Os processamentos utilizados não alteram a estrutura dos grânulos de amido.

Palavras-chave: amido, processamento de grãos, reconstituição da umidade.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of reconstitution of humidity associated with coarse grinding of corn grain on the nutritional and structural characteristic of grain. The experiment was realized at Laboratory of Animal Nutrition in Água Limpa farm, University of Brasília property. The following combinations of corn processing were used: MRA - ground (5 mm) and reconstituted with water corn; MRS - ground (5 mm) and reconstituted with saline solution corn; MRAI - ground (5 mm) and reconstituted with alkaline solution corn; MRSA - ground (5 mm) and reconstituted with saline + alcohol corn; MRAIA - ground (5 mm) and reconstituted with alkaline solution + alcohol corn. The tenors of dry matter (DM), cinder (CD), organic matter (OM), crude protein (CP), ethereal extract (EE), neutral detergent fibre (NDF), total carbohydrates (TC), non-fibre carbohydrates (NFC), total digestible nutrients (TDN), digestible energy (DE), metabolised energy (ME) and net energy (NE) were determined. The electronic microscopy was done to sweep the processed grain corn. The processing of corn grains that are based in reconstitution of humidity with alkaline solution + alcohol and coarsely grinding (5 mm) caused the reduction in CP tenor due to their solubilization. The used processing doesn't change the structure of the starch granules.

Keywords: starch, grains processing, reconstitution of humidity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Anatomia do grão de milho e suas partes	4
Figura 2 - A - Amostras de milho moídas grosseiramente e as soluções utilizadas nos tratamentos. B – Amostras umedecidas em descanso por 24 horas.	8
Figura 3 - A – Equipamentos utilizados na determinação de proteína bruta (PB). B – Mufla destinada a obtenção dos teores de matéria mineral.....	13
Figura 4 - A – Metalizador - Leica, EM SCD 500. B – Capturação de imagens dos grânulos de amido do milho por microscopia eletrônica de varredura.	14
Figura 5 - Fotomicrografia eletrônica do milho processado. A, B e C - Milho moído (5mm) e reconstituído com água; D, E e F – Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina; G, H e I - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina; J, K e L - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina + álcool; e M, N e O - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina + álcool.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das frações de proteínas no milho.....	4
Tabela 2 - Valores médios de matéria seca (MS), cinzas (CZ), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG), carboidratos totais (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF) expressos em porcentagem da matéria seca (MS).....	15
Tabela 3 - Valores médios de nutrientes digestíveis totais (NDTm), energia digestível (EDm), energia metabolizável (EMm) e energia líquida (ELm) calculados a nível de manutenção.....	16

APÊNDICE

Tabela 4 - Valores médios de matéria seca (MS), cinzas (CZ), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN) em porcentagem da matéria seca do milho para os diferentes tratamentos e repetições	23
Tabela 5 - Valores médios de carboidratos totais (CHOT), carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN), carboidratos não fibrosos (CNF), lignina (LIG) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do milho para os diferentes tratamentos e repetições	24
Tabela 6 - Valores médios de proteína bruta digestível (PBD), carboidratos não fibrosos digestíveis (CNFD), fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpD), ácidos graxos digestíveis (AGD), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) do milho para os diferentes tratamentos e repetições	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.1. Tratamentos	7
3.2. Análises Laboratoriais	8
3.2.1. Pré Secagem das amostras.....	8
3.2.2. Determinação do Teor de Matéria Seca (MS).....	9
3.2.3. Determinação do teor de Matéria Mineral (MM).....	9
3.2.4. Determinação do teor de Proteína Bruta (PB).....	9
3.2.5. Determinação da Fibra em Detergente Neutro (FDN).....	11
3.2.6. Determinação do teor de Extrato Etéreo (EE).....	11
3.2.7. Determinação de Lignina em Ácido Sulfúrico (LDA).....	12
3.2.8. Estimativa de Carboidratos Não Fibrosos (CNF), Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) e valores de Energia	12
3.3. Microscopia Eletrônica de Varredura do Grânulo de Amido do Milho Reconstituído .	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1. Composição químico-bromatológica e valores de energia do milho processado	15
4.2. Microscopia Eletrônica de Varredura	17
5. CONCLUSÕES	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
APÊNDICE	23

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) representa uma das primeiras culturas em que o homem conseguiu êxito na domesticação na América Latina. No princípio, o cultivo do grão era para subsistência, mas, atualmente possui diversas finalidades e é considerado um grande alimento energético para as dietas humana e animal, devido à sua composição predominantemente de carboidratos (amido) e lipídeos (óleo).

Atualmente, a produção é em larga escala, e os fins são variados, sendo que seu uso alcança inúmeras atribuições, passando desde a sua função alimentar até a utilização na indústria e produção de combustível, atendendo assim a grande e diversificada demanda mundial pela cultura.

Desde seu ancestral mais primitivo (teosinto), o milho é alvo de diferentes estudos e pesquisas com o intuito de otimização de sua produção e maior eficiência no uso de todas as propriedades inerentes à sua constituição. O melhoramento tem visado o progresso e o desenvolvimento da cultura como um todo, buscando a obtenção de metas que se fazem necessárias de acordo com as novas demandas de mercado e de produção. Alguns aspectos são considerados imprescindíveis para o padrão de comercialização do produto, não apenas os parâmetros físicos, como conformação, coloração, tamanho, peso, densidade. Há também a consideração de outros índices, principalmente no que tange a composição químico-bromatológica do milho e os seus respectivos teores, tais como carboidrato, proteína, fibra, extrato etéreo, cinza, matéria orgânica e lignina.

De maneira geral, o principal constituinte do grão de milho é o amido, seguido em quantidade pelas proteínas que representam aproximadamente 11 a 14% do seu peso. Esta porção se distribui por todas as partes do grão, porém, a maior quantidade está no endosperma. As proteínas do milho estão dispostas entre albuminas, globulinas, prolaminas e gluteínas. No germe, a concentração de proteínas é aproximadamente o dobro do endosperma e predominam as gluteínas, já no endosperma estão presentes mais de 75% das proteínas do milho e predominam as prolaminas, que no caso do milho são chamadas zeínas. (SGARBIERI, 1996).

Uma das operações mais usuais no processamento de grãos, em especial o milho, é a moagem ou trituração. Esta consiste na redução do produto à farinha ou a pó, mediante a eliminação do pericarpo das cascas da semente, da epiderme nuclear e da camada do aleuroma. Já a reconstituição consiste no reumedecimento dos grãos de milho até um determinado teor de umidade desejado.

Contudo, o processamento de grãos nas rações tem sido alternativa para melhorar sua utilização pelos animais, onde o consumo dos grãos de milho inteiro traz uma redução na digestibilidade ruminal do amido. (HALE, 1973).

1.1. Objetivos

Almejou-se com este trabalho avaliar os efeitos da reconstituição da umidade dos grãos de milho com solução salina, álcool, solução alcalina, água ou a combinação destes, associada à moagem grosseira dos grãos de milho sobre as características estruturais e valor nutricional dos grãos de milho.

Os objetivos específicos foram:

1. Avaliar as alterações na composição químico-bromatológica do milho reconstituído com água, solução salina, solução salina + álcool, solução alcalina, solução alcalina + álcool e moído grosseiramente;
2. Avaliar as possíveis alterações na estrutura dos grânulos de amido através da técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura do milho processado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O grão de milho constitui a principal fonte energética utilizada na alimentação animal. Baseadas nas características do grão, existem cinco classes ou tipos de milho: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. A maioria do milho comercial produzido nacionalmente é do tipo duro ou “*flint*” (PAES, 2006).

No Brasil, a produção tem crescido, e segundo dados da CONAB (2013) obtem-se como estimativa um valor de 78.468.900 toneladas/ha na safra 2012/2013, em uma área plantada de 15.817.400 m², assumindo assim produtividade média de aproximadamente 4,96 toneladas/ha. Esses números fazem do Brasil o terceiro maior produtor mundial, logo atrás de Estados Unidos e China, e o segundo maior exportador, conforme dados da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (Embrapa).

Acerca da destinação principal do milho, tem-se como fim precípua a utilização do produto na formulação de rações, onde cerca de 70 a 80% da produção nacional está associado à cadeia produtiva da alimentação de aves, suínos e bovinos. Tendo em vista essa finalidade principal, alguns processamentos sobre o milho são requeridos para o melhor aproveitamento desse produto, onde sua digestibilidade por parte do animal deve ser a maior possível, além da eficiência na conversão desse alimento em atributos importantes na produção animal. Segundo Biagi (1990), processamento é qualquer tratamento que uma ração ou ingrediente de uma ração recebe antes de ser consumida pelos animais. Para Theurer (1986), são considerados grãos processados aqueles tratados com aquecimento a vapor, extrusados, moídos, ensilados e reconstituídos.

O endosperma do grão (região em que localizam os grânulos de amido) se divide em duas partes de composição semelhante no que diz respeito ao teor de proteína e amido, mas totalmente distintas sob o ponto de vista de sua estrutura física, podendo ser vítreo ou farináceo (Figura 1). O endosperma representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88%), organizado na forma de grânulos (PAES, 2006). No endosperma estão também presentes as proteínas de reserva (8%) do tipo prolaminas, chamadas zeínas.

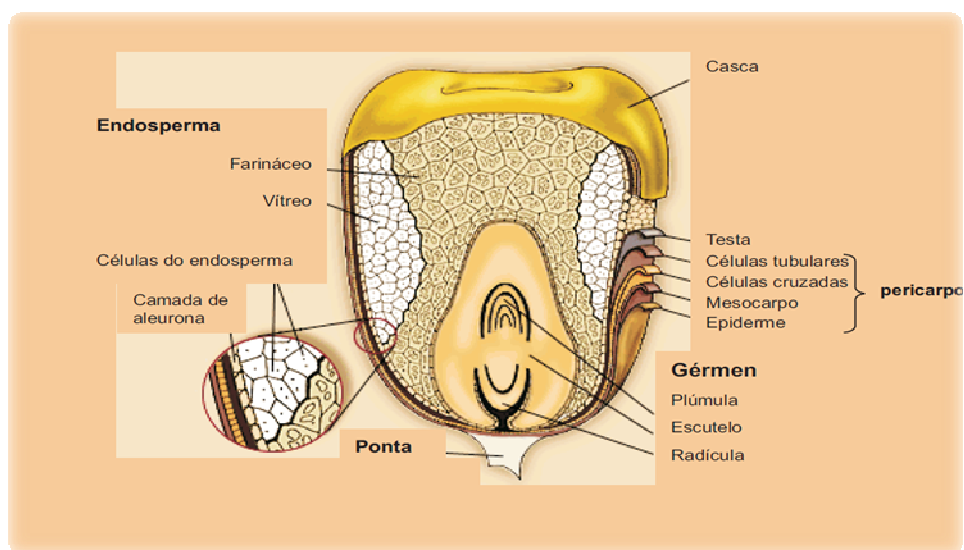


Figura 1 - Anatomia do grão de milho e suas partes. Fonte: adaptado de Encyclopaedia Britannica (2006).

A dureza do endosperma está relacionada com a composição química – basicamente composição protéica (proteínas solúveis em água – albuminas; proteína extraída com solução salina – globulinas; com álcool e água – prolaminas; e com solução alcalina - glutelinas) conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição das frações de proteínas no milho (% base seca)

Proteína	Solubilidade	Grão inteiro	Endosperma	Gérmen
Albumina	Água	8	4	30
Globulina	Sal	9	4	30
Gluteína	Álcali	40	39	25
Zeína	Álcool	39	47	5

Fonte: SHUKLA et al. (2000).

Os grânulos de amido dentro das células estão envoltos por uma matriz protéica. A densidade da matriz varia com o tipo do grânulo de amido, sendo esparsa e fragmentada no endosperma farináceo e denso e bem desenvolvida na região vítreo. Essas proteínas formam os corpos proteicos que compõem a matriz que envolve os grânulos de amido dentro das células no endosperma em qualquer cereal. Com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína, o endosperma é classificado em dois tipos: farináceo e vítreo.

No endosperma farináceo, os grânulos de amido são arredondados e dispersos, não havendo matriz protéica circundando essas estruturas, o que resulta em espaços vagos durante o processo de secagem do grão, a partir dos espaços que antes era ocupado pela água, durante

o desenvolvimento do grão. Já no endosperma vítreo, a matriz protéica é densa, com corpos protéicos bem formados, circundando os grânulos de amido e não permitindo espaços entre estas estruturas (DENARDIN e SILVA, 2008). Esses mesmos corpos proteicos tornam o grânulo de amido resistente à hidrólise por enzimas microbianas, além de dificultar a penetração de água no grânulo de amido.

O gérmen representa 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade (83%) dos lipídeos (óleos e vitamina E) e dos minerais (78%) do grão, além de conter quantidades importantes de proteínas (26%) e açúcares (70%). O pericarpo representa, em média, 5% do grão, sendo a estrutura que protege as outras estruturas do grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos. A ponta é a menor estrutura, 2% do grão, e é responsável pela conexão do grão ao sabugo, sendo a única área do grão não coberta pelo pericarpo. Sua composição é essencialmente de material lignocelulósico.

O pericarpo e a matriz protéica que envolve os grânulos de amido no endosperma vítreo consistem nas duas principais barreiras a colonização microbiana, sendo que a maioria dos processamentos tem como objetivo eliminar essas barreiras primárias e melhorar a digestibilidade ruminal do amido. Assim, o processamento do grão milho serve para expor os grânulos de amido à digestão (BEAUCHEMIN *et al.*, 1994), formando fissuras, quebrando, ou expandindo o amido, por meio da eliminação da película externa do grão, o pericarpo, que constitui uma barreira física que dificulta o acesso dos microrganismos e a ação das enzimas digestivas microbianas e do animal (KOTARSKI *et al.*, 1992).

O processamento mais utilizado nos sistemas de produção brasileiros para grãos de cereais é a moagem a seco. A moagem fina, teoricamente, é vantajosa em relação à moagem grosseira, pois resulta em maior superfície específica dos grãos e em maior rompimento da matriz protéica que envolve os grânulos de amido (SANTOS *et al.*, 2001), favorecendo a digestibilidade do amido. Um outro método de processamento simples e de fácil execução em nível de campo consiste na reconstituição da umidade do grão. Buscando-se informações a este respeito verifica-se que há carência de informações nas condições brasileiras quanto aos métodos de processamento de milho, como a reconstituição.

A reconstituição consiste no reumedecimento dos grãos de milho até um determinado teor de umidade desejado. A princípio pode parecer um processo “energeticamente desfavorável”, desprezando a energia térmica consumida durante o processo de secagem; porém, pode facilitar o acesso dos microrganismos ruminais ao endosperma e melhorar a digestibilidade do amido em animais ruminantes.

Na porção farinácea, os grânulos de amido estão mais acessíveis ao ataque enzimático. A interação com a proteína pode reduzir a susceptibilidade do amido à hidrólise enzimática, reduzindo a digestibilidade deste carboidrato, além da presença do pericarpo. O pericarpo representa, em média, 5% do grão, sendo a estrutura que protege as outras estruturas do grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos.

Outro ponto importante associado à reconstituição é que o milho tem participado normalmente com 70 a 80% da composição total da ração, sendo que este, normalmente é moído a 1 mm. Estima-se que 3% de toda a energia consumida no mundo seja gasta para a redução do tamanho de partículas, incluindo minérios e insumos para as indústrias química, farmacêutica e alimentícia (TAVARES, 2001). Desse modo, apesar da moagem proporcionar uma mistura homogênea dos ingredientes, facilita o processo de digestão e melhorar a qualidade final dos produtos, ela é também responsável por uma grande parcela do custo de produção das rações.

HEALY *et al.* (1994) estudaram a influência da redução do tamanho da partícula na produtividade e consumo de energia. Os resultados demonstraram que a energia elétrica gasta para a moagem do grão de milho a 9 mm foi de 5,3 kWh/t, com uma produção de 1,76 t/h. Com a redução do tamanho da partícula para 3 mm ocorreu aumento no consumo de energia elétrica para 24,5 kWh/t e uma redução na produção de ração para 0,65 t/h.

Esses resultados demonstraram a necessidade de aperfeiçoar a moagem de forma a maximizar o aproveitamento do alimento e racionalizar o uso da energia. Assim, a reconstituição de grãos de milho moídos grosseiramente, pode auxiliar no processo de digestão e ao mesmo tempo causar reduções significativas de consumo de energia para moagem dos grãos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Tratamentos

Utilizou-se o milho tipo semi-duro alaranjado, Híbrido duplo 32D10 de ciclo precoce, produzido pela empresa Sementes SEMPRE. Este híbrido tem sido muito utilizado na região Centro-Oeste, por possuir característica de duplo propósito, ou seja, é recomendado tanto para produção de grãos como para produção de silagem. As análises foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal localizado na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília durante o ano de 2013.

Os tratamentos foram compostos pela combinação de diferentes formas de processamento do milho tipo duro, sendo:

- 1: MRA - Milho reconstituído com água;
- 2: MRS - Milho reconstituído com solução salina;
- 3: MRAI - Milho reconstituído com solução alcalina;
- 4: MRSA - Milho reconstituído com solução salina + álcool;
- 5: MRAIA - Milho reconstituído com solução alcalina + álcool.

As amostras de milho foram moídas a 5 mm e submetidas aos tratamentos mencionados acima, envolvendo a reconstituição do grão com o teor de umidade elevado a 50%, de acordo com procedimentos baseados na equação, adaptada de Ferreira (1983):

$$\Delta H_2O = ([MU * (U_f - U_i) / (100 - U_i)]) / (\rho)$$

Onde: ΔH_2O = Volume de água adicionado (litros);

MU = Massa do produto úmido (kg);

U_f = Umidade final (% base úmida);

U_i = Umidade inicial (% base úmida);

ρ = Massa específica da água (kg/L).

O milho foi moído a cinco milímetros e em seguida foi adicionado água ou as soluções salina ou soluções alcalina com e sem álcool, seguido pelo período de descanso durante 24 horas (Figura 2).

Foram utilizados aproximadamente 300 gramas de milho em cada uma das 3 repetições nos 5 tratamentos distintos. A solução salina foi composta de água destilada e 5% de NaCl e teve objetivo de solubilizar as globulinas. Já a solução contendo NaCl a 5% +

Etanol 70% na proporção de 70:30 teve objetivo de solubilizar as prolaminas. A solução alcalina foi composta de água destilada + 0,2% de NaOH e teve objetivo de solubilizar as gluteínas. Sendo essas, as principais proteínas que formam a matriz proteica que envolve os grânulos de amido e dificultam o acesso das enzimas microbianas ou animal ao amido do grão de milho. As concentrações das soluções foram baseadas nos trabalhos de Fageer & Tinay, 2004, Landry & Moureaux (1970) e Newmann & Wall (1984).

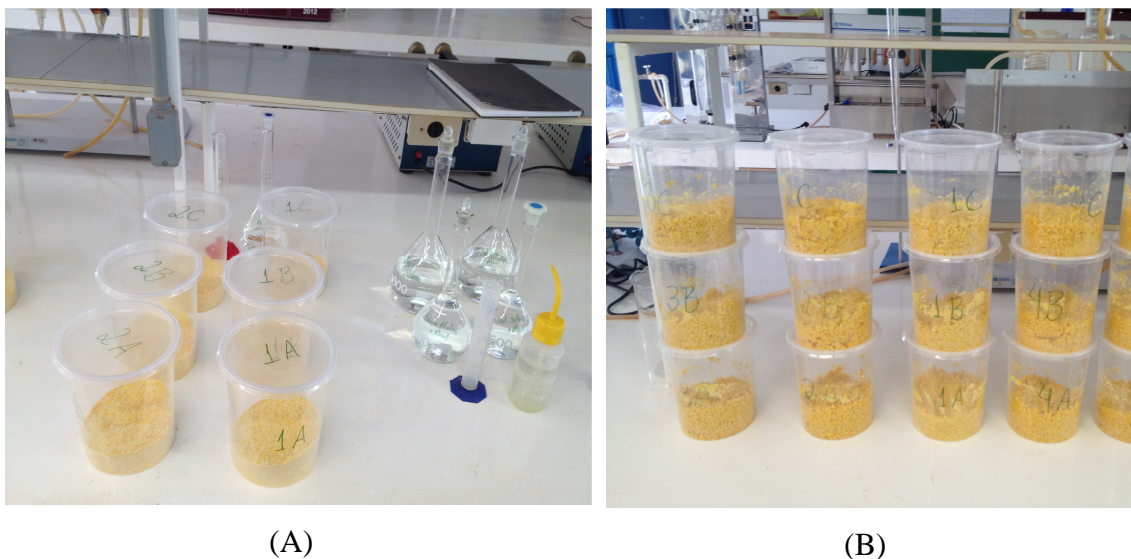


Figura 2 - A - Amostras de milho moídas grosseiramente e as soluções utilizadas nos tratamentos. B – Amostras umedecidas em descanso por 24 horas.

3.2. Análises Laboratoriais

3.2.1. Pré Secagem das amostras

Para a realização das análises é necessário o processo de pré-secagem, que consiste na eliminação prévia da umidade. As amostras inicialmente estavam acondicionadas em sacos de papel, distribuídas de forma uniforme e, posteriormente, colocadas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C por 24 horas. Ressalta-se que as amostras foram pesadas antes e após o procedimento de pré-secagem. Com esses valores obtidos pode-se determinar as porcentagens da matéria pré-seca.

As amostras de milho foram moídas a 1 mm em moinho multiuso modelo TE 631 e armazenadas em frascos de polietileno. As análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), compostos nitrogenados (N), extrato etéreo (EE) seguiram as especificações do *American of Official Analytical Chemists* - AOAC (1990), sendo que o extrato etéreo foi adaptado pelo método de ANKOM (2009). A fibra em detergente neutro

(FDN) e a lignina em ácido sulfúrico (LDA) foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa segundo Van Soest *et al.* (1991) com adaptação para autoclave de Pereira & Rossi Jr. (1995), respectivamente.

Já os valores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram retirados das tabelas do NRC (1996).

3.2.2. Determinação do Teor de Matéria Seca (MS)

O processo de determinação da matéria seca consistiu no início das análises bromatológicas sob as amostras de alimentos. O conhecimento do teor de matéria seca do alimento é de grande valia, pois define condições de armazenamento e manipulação, além de fornecer a avaliação comparativa e exata de alimentos o que se considera importante, devido a padronização que o corre já que a expressão dos teores dos componentes é baseado na matéria seca, retirando assim toda a variabilidade causada pela água.

As amostras, após a moagem, foram pesadas em cadinhos previamente tarados e colocados em estufa à temperatura de 105°C durante 16 horas. Passado esse período, as amostras foram retiradas da estufa e alocadas em um dessecador, por 30 minutos, para torná-las termicamente equilibradas mantendo seus teores de umidade. A partir de então foram pesadas novamente, e determinado seus valores percentuais de matéria seca.

3.2.3. Determinação do Teor de Matéria Mineral (MM)

A determinação da matéria mineral (cinzas) fornece uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais. Está intimamente relacionado com a combustão da matéria orgânica restando apenas o resíduo inorgânico a ser aferido. Segundo Silva (2009), as cinzas nos alimentos contém principalmente os seguintes íons: cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, cobre, cobalto, alumínio, sulfato, cloreto, silicato e fosfato.

O procedimento consistiu no aquecimento das amostras em cadinhos na mufla à temperatura de 600°C durante 4 horas, observando um aquecimento gradativo no início do procedimento a fim de evitar a produção de muita fumaça. Após esse período, com o esfriamento da mufla, as amostras foram colocadas em dessecador até o equilíbrio de temperatura com o ambiente e posteriormente pesados.

3.2.4. Determinação do Teor de Proteína Bruta (PB)

O termo proteína bruta envolve um grande grupo de substâncias com estruturas semelhantes, porém com funções fisiológicas muito diferentes. O procedimento mais comum

para determinar proteína é através da determinação de um elemento ou grupo pertencente à proteína.

De forma geral, obtém-se os valores de nitrogênio contido na matéria orgânica, incluindo o nitrogênio protéico e outros compostos nitrogenados, tais como: aminas, amidas, lecitinas, nitrilas e aminoácidos.

Para a determinação do nitrogênio total foi utilizado um método padrão que se baseia na digestão da amostra e o isolamento do nitrogênio orgânico. Ele é dividido principalmente em três etapas: 1) digestão da amostra em ácido sulfúrico com um catalizador, que resulta em conversão do nitrogênio em amônia; 2) destilação da amônia em uma solução receptora; e 3) quantificação da amônia por titulação com uma solução padrão.

No início do procedimento (a digestão) pesou-se 0,3 gramas de amostra de milho que foram dispostas em tubo de digestão, adicionando 1,0 grama de mistura digestora catalisadora (composta de sulfato de sódio e sulfato de cobre pentaidratado em uma relação de 10:1) que tem função de aumentar a temperatura de ebulição do ácido e fornecer oxigênio para tornar a reação mais rápida. E ainda, 5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) para a oxidação dos composto orgânicos. Os tubos foram colocados em bloco digestor com temperatura inicial de $100^{\circ}C$, no interior de uma capela. De forma gradativa, a temperatura do bloco digestor era aumentada em $50^{\circ}C$, a cada 30 minutos atingindo $450^{\circ}C$ como temperatura crítica, mantendo-a até a mudança de coloração da solução para verde claro.

O produto final da fase de digestão é o sulfato de amônio ($(NH_4)_2SO_4$), substância não volátil na qual todo o nitrogênio está fixado. Após o alimento ser completamente digerido, espera-se alguns minutos e acrescenta-se água para total resfriamento.

No procedimento seguinte, houve a transferência do tubo digestor com a amostra digerida para o aparelho de destilação. Essa etapa converte o nitrogênio em forma química facilmente quantificada, e é realizada pelo arraste por vapor em meio básico. A seguir foi inserido na saída do equipamento um becker contendo 7,5 mL de ácido bórico (H_3BO_3) e 3 gotas de indicador (vermelho-de-metila e verde do bromocressol). No funil do conjunto adicionou-se 10,5 mL de hidróxido de sódio (NaOH) que foi liberado lentamente ocorrendo a reação de neutralização que libera amônia, esta é levada por arraste de vapor até o Becker com a solução receptora (H_3BO_3). A reação da amônia com o H_3BO_3 produz o borato ácido de amônia ($NH_4H_2BO_3$), que é estável e facilmente quantificado. É importante sempre manter o terminal do condensador mergulhado na solução receptora até que toda a amônia seja liberada, sendo que o volume do destilado é de aproximadamente 60 mL.

Na titulação quantifica-se o nitrogênio total por volumetria. O becker com o indicador colocado anteriormente e o volume destilado ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$) que é um sal básico, foi titulado com ácido clorídrico (HCl) 0,1 N. Anotou-se o volume gasto do ácido (HCl) até a viragem do indicador voltando a coloração original (rosada). É importante lembrar que a titulação deve ser realizada no máximo duas horas após a destilação, pois o N poderá se perder por volatilização.

Com posse desses volumes gastos na titulação, com a normalidade do HCl e o fator de diluição, encontra-se o valor de nitrogênio presente na amostra. Considerou-se que as proteínas contêm em média 16% de nitrogênio, desta maneira utilizou-se o fator 6,25 comumente usado para transformar a porcentagem de nitrogênio em proteína.

3.2.5. Determinação da Fibra em Detergente Neutro (FDN)

A solução de detergente neutro é utilizada para dissolver todas as substâncias facilmente digeridas como: açúcares, proteínas, pectina e outros, em resultado a isso restam apenas um resíduo fibroso que é composto por lignina, hemicelulose e celulose, que são os principais componentes da parede celular das plantas, restando também as proteínas da parede celular e as danificadas pela temperatura elevada.

No preparo da solução para FDN utilizou-se EDTA, lauril sulfato de sódio, borato de sódio deca-hidratado, fosfato de sódio anidro, etileno glicol e água destilada. Essas substâncias foram misturadas em agitador com aquecimento. Posteriormente, foi misturada a solução amilase, essa é de extrema importância uma vez que o milho é constituído em grande parte de amido, podendo os valores de fibra ser superestimados, incluindo teores de amido.

Para determinação da FDN pesou-se a amostra, colocou-a num recipiente e acrescentou 60 ml de solução de FDN, posteriormente foi levada para autoclave onde permaneceu durante 30 minutos. A amostra foi filtrada em cadinhos previamente pesados e lavada com água quente até a retirada total do detergente, logo após foi lavada com acetona para auxílio na retirada de materiais como gordura e clorofila. Em seguida os cadinhos foram para estufa a 105°C , permanecendo durante uma noite, sendo retirados e postos no dessecador para total resfriamento até a pesagem e determinação da FDN.

3.2.6. Determinação do teor de Extrato Etéreo (EE)

Gorduras, óleos, pigmentos e outras substâncias gordurosas solúveis contidas na amostra são dissolvidas através da extração com um solvente orgânico, geralmente o éter de petróleo. Sendo assim, o resíduo resultante é considerado o extrato etéreo ou gordura bruta. A

quantificação de lipídeos em alimentos é um parâmetro básico para avaliações nutricionais e de processamento.

A utilização de saquinhos de ANKOM na extração de lipídios é um método automatizado em que o processo de extração é conduzido em alta temperatura, a 90 °C, em um sistema fechado, o que aumenta a rapidez da extração com consequente redução do tempo para até 60 minutos, no máximo. Este método também permite a extração de 15 amostras simultaneamente e a recuperação de aproximadamente 90% do solvente utilizado.

Pesou-se 1,0 grama de amostra de milho dos diferentes tratamentos nos saquinhos de ANKOM e os selou. Eles foram colocados para secar em estufa de 105°C por 3 horas, após esse período foram esfriados em dessecador até atingir a temperatura ambiente.

Após acomodar as amostras no equipamento, foram adicionados 200 mL de éter de petróleo no compartimento de extração e 150 mL de éter de petróleo no tubo de teflon, o procedimento durou 60 minutos a uma temperatura de 90°C.

Ao fim do processo de extração as amostras foram levadas a estufa de 105°C por 30 minutos, e após serem esfriadas em dessecador foram pesadas.

3.2.7. Determinação de Lignina em Ácido Sulfúrico (LDA)

A lignina é dos componentes da parede celular que ainda não possui caracterização concisa sobre sua formação. Porém de grande relevância, pois sua concentração nos alimentos, principalmente de ruminantes, exerce negativamente uma grande influencia sobre a digestibilidade da dieta.

A avaliação da Lignina é determinada por métodos gravimétricos, pela hidrólise ácida ou oxidação. O método utilizado foi o de hidrólise ácida. Adicionou-se ácido sulfúrico 72% p/p no resíduo de detergente ácido (RDA), ocorreu a solubilização da celulose e o resíduo restante é considerado lignina, sílica e cutina, sendo a maior parte lignina.

3.2.8. Estimativa de Carboidratos Não Fibrosos (CNF), Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) e valores de Energia

Os carboidratos totais (CHOT) foram calculados segundo Russell *et al.* (1992) e Van Soest *et al.* (1991), respectivamente:

$$\text{CHOT} = 100 - (\% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ Cinzas})$$

$$\text{CNF} = (100 - (\% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ Cinzas} + \% \text{ FDNcp}))$$

Os valores estimados de nutrientes digestíveis totais (NDT) para o nível de manutenção do milho processado foi obtido segundo as equações descritas no NRC (2001).

$NDT_m = (PBD + CNFD + FDND + AGD \times 2,25) - 7$, em que:

$PBD = [1 - (0,4 \times PIDA/PB)] \times PB$ – para concentrados;

$CNFD = 0,98 \times CNF$;

$FDND = 0,75 \times (FDN_{cp} - LDA) \times [1 - (LDA/FDN_{cp}) 0,667]$;

$AGD = EE - 1$

0,75 = constante de proporcionalidade;

7 refere-se ao NDT metabólico fecal.

Sendo: PBD (PB verdadeiramente digestível); CNFD (CNF verdadeiramente digestível); FDND (FDN verdadeiramente digestível); AGD (AG verdadeiramente digestíveis); LDA (lignina em detergente ácido).

Os valores de NDT foram convertidos em energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) utilizando-se as equações sugeridas pelo NRC (2001):

$ED \text{ (Mcal/kg)} = 0,04409 \times NDT(\%)$

$EM \text{ (Mcal/kg)} = 1,01 \times ED \text{ (Mcal/kg)} - 0,45$;

A conversão do NDT em energia líquida foi feita pela equação de Moe *et al.* (1972), que corresponde a energia líquida ao nível de manutenção:

$EL_m \text{ (Mcal/kg)} = 0,0266 \times NDT (\%) - 0,12$



(A)



(B)

Figura 3 - A – Equipamentos utilizados na determinação de proteína bruta. B – Mufla destinada a obtenção dos teores de matéria mineral.

3.3. Microscopia Eletrônica de Varredura dos Grânulos de Amido do Milho Reconstituído

A análise microscópica dos grânulos de amido é de grande importância para uma melhor compreensão dos efeitos do processamento utilizados neste trabalho sobre os grânulos de amido dos grãos de milho. A microscopia eletrônica foi utilizada para estudar as características de forma, tamanho dos grânulos, e distribuição do amido. Assim, uma amostra de milho de cada um dos cinco tratamentos foram secas em estufa a 105°C e preparadas para observação em microscopia eletrônica de varredura.

Devido ao fato das amostras já estarem secas não foi necessária a fixação com glutaraldeído e paraformaldeído, em tampão fosfato (KARNOVSKY, 1965). Assim, as amostras foram cobertas com ouro em metalizador (Leica, EM SCD 500). A captura de imagens foi realizada em microscópio eletrônico de varredura com câmera digital acoplada (Zeol, JSM 7001-F), localizado no Laboratório de Microscopia e Eletrônica e Virologia do IB-UnB.

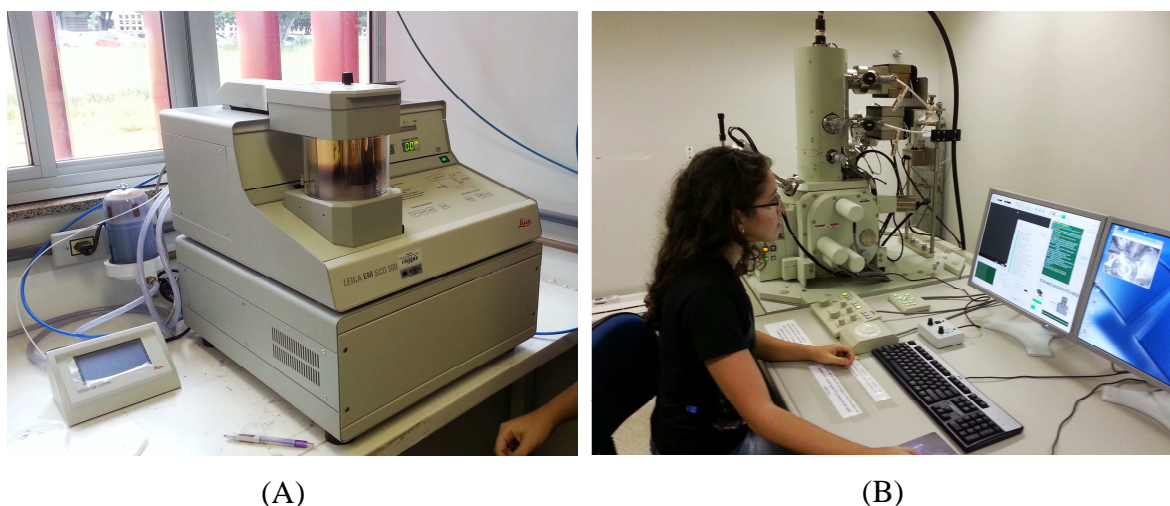


Figura 4 - A – Metalizador - Leica, EM SCD 500. B – Captura de imagens dos grânulos de amido do milho por microscopia eletrônica de varredura.

Os valores encontrados foram submetidos à análises estatísticas através do teste de Turkey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição químico-bromatológica e valores de energia do milho processado

A seguir são apresentadas as tabelas referentes às análises de composição químico-bromatológica para as amostras de milho nos diferentes tratamentos.

Tabela 2 - Valores médios de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG), carboidratos totais (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF), expressos em porcentagem da MS.

Tratamento	MS	MM	MO	PB	EE	FDN	LIG	CHOT	CNF
MRA	58,67	1,36 ^b	98,64	12,75 ^a	4,11	10,33 ^b	1,04	81,77 ^b	71,44 ^b
MRS	61,31	3,19 ^a	96,81	11,87 ^a	4,05	10,10 ^b	1,15	80,89 ^b	70,79 ^b
MRAI	59,51	1,39 ^b	98,61	11,72 ^a	3,79	9,77 ^b	1,40	83,10 ^a	73,33 ^a
MRSA	62,86	2,36 ^a	97,64	11,56 ^a	4,06	12,30 ^a	1,43	82,02 ^a	69,72 ^b
MRAIA	61,82	1,19 ^b	98,81	10,44 ^b	4,39	11,40 ^b	1,17	83,48 ^a	72,08 ^b

MRA - Milho moído (5mm) e reconstituído com água; MRS - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina; MRAI - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina; MRSA - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina + álcool; MRAIA - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina + álcool.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se na Tabela 2, que não foram encontradas diferenças para os teores de MS, MO e EE após a utilização das diferentes soluções. No entanto, observou-se uma redução nos teores de PB para o milho reconstituído com solução alcalina mais álcool, devido o efeito da ação combinada da solução alcalina que age sobre a gluteínas e da solução do álcool que age sobre as prolaminas (zeínas). Com relação à FDN, houve aumento nos teores para o milho reconstituído com solução salina mais álcool, o que refletiu na diminuição dos teores de CNF. Na maioria dos trabalhos, o etanol e uma solução de hidróxido de sódio são empregados como solventes em concentrações variadas. Geralmente no milho, a fração proteica solúvel em etanol é maior do que a fração solúvel em álcali, e ambas constituem 80-90 % da proteína do milho (KAMPEN, 1995). Ainda segundo esse autor, 85 a 90 % das proteínas do milho compõem a fração gluteína e prolamina (zeína), solúveis em soluções alcalina e alcoólica, respectivamente.

Em alguns estudos o etanol foi empregado isoladamente com o objetivo de extrair as zeínas do milho (DICKEY *et al.*, 1998, 1999; SHUKLA *et al.*, 2000). As melhores condições de extração da zeína do grão de milho foram determinadas por SHUKLA *et al.* (2000), que

extraíram as zeínas com etanol a 70 % na proporção 8:1 líquido/sólido por 30-40 min a uma temperatura de 50°C. A recuperação média das zeínas foi 50,6 % do total das proteínas do milho.

Na Tabela 3 são apresentados os valores calculados de nutrientes digestíveis totais e energia para o milho processado.

Tabela 3 - Valores médios de nutrientes digestíveis totais (NDTm), energia digestível (EDm), energia metabolizável (EMm) e energia líquida (ELm) calculados a nível de manutenção.

Tratamento	NDTm (%MS)	EDm (Mcal/Kg MS)	EMm (Mcal/Kg MS)	ELm (Mcal/Kg MS)
MRA	88,83	3,92	3,84	2,24
MRS	87,51	3,86	3,78	2,21
MRAI	90,06	3,97	3,89	2,28
MRSA	89,57	3,95	3,87	2,26
MRAIA	89,76	3,96	3,88	2,27

MRA - Milho moído (5mm) e reconstituído com água; MRS - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina; MRAI - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina; MRSA - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina + álcool; MRAIA - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina + álcool.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Ao avaliar os valores de NDTm, verificou-se que não houve diferença em função do tipo de processamento utilizado. Consequentemente, também não foram verificadas diferenças nos teores de EDm, EMm e ELm, pois estes valores são calculados a partir dos valores de NDTm. A ausência de diferenças nos teores de NDTm pode estar relacionada a pouca variação numérica nos teores de PB e EE de LIG e de FDN, pois estes são utilizados para calcular os coeficientes de digestibilidade que compõe os Nutrientes Digestíveis Totais. 3

É importante ressaltar que é desejável que não ocorram efeitos deletérios no valor energético do milho, pois este é o principal alimento energético utilizado na alimentação de ruminantes. Assim, os valores encontrados estão de acordo com os valores apresentados pelas principais tabelas de composição de alimentos, tal como o NRC. Estudos de avaliação de processamento de grão devem ser complementados com avaliações “*in vitro*” e “*in vivo*”.

4.2. Microscopia Eletrônica de Varredura

As imagens obtidas através das amostras de milho nos 5 tratamentos utilizados são apresentadas a seguir, com aumentos de 600x, 2.000x e 5.000x em microscópio eletrônico de varredura.

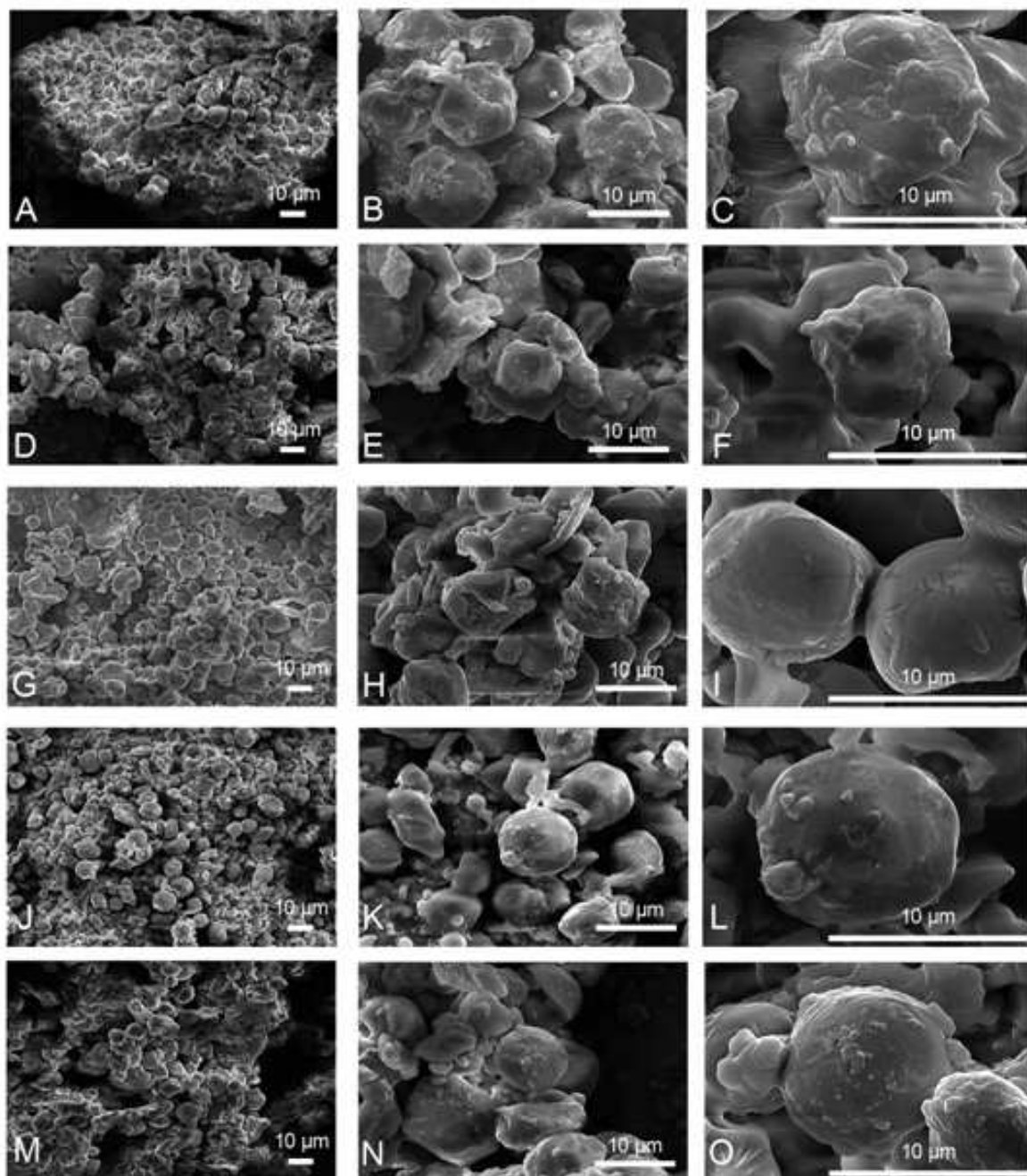


Figura 5 - Fotomicrografia eletrônica do milho processado. A, B e C - Milho moído (5mm) e reconstituído com água; D, E e F - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina; G, H e I - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina; J, K e L - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina + álcool; e M, N e O - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina + álcool.

O amido do milho apresentou uma mistura de grânulos de diversos tamanhos predominantemente arredondados. O tamanho e a forma dos grânulos de amido estão de

acordo com as características previamente conhecidas, seguindo a base para os modelos atuais proposto por Oates (1997). Não foi observado nenhuma mudança ou ruptura visível das estruturas dos grânulos de amido após as reconstituições, indicando que as soluções nas concentrações testadas para reconstituição do milho, por si só, não contribuíram para modificar a conformação do grânulo de amido durante o processo de moagem.

Sabe-se que a superfície do grânulo de amido é relativamente impermeável a moléculas grandes, como amilases, devido ao compacto empacotamento das cadeias de amilopectina. Segundo French (1984) e Eliasson (2004), a porosidade dos grânulos de amido à água e a pequenas moléculas solúveis ocorre devido à expansão parcialmente reversível das regiões amorfas, que penetram por todo o grânulo durante a hidratação, formando uma fase contínua de gel, onde atuaria as soluções avaliadas. No entanto, nas concentrações testadas, a entrada de soluções hidrolizantes e outras moléculas grandes para o interior dos grânulos é restrita e parece ser possível somente através de poros ou canais. Estudos sugerem orifícios com diâmetros entre 0,1 e 0,3 μm , enquanto canais interiores teriam entre 0,07 e 0,1 μm (ELIASSON, 1996; ELIASSON, 2004). Porém, mais estudos devem ser realizados para comprovar a existência desses poros e canais, pois no presente estudo não foi encontrado nenhuma evidência destes na superfície dos grânulos de amido do milho. Silva (2012) também não verificou a existência dos mesmos em grânulos de amido de trigo e milho respectivamente.

5. CONCLUSÕES

Os grãos de milho moídos a 5 mm e reconstituído com água, solução salina, solução salina + álcool, solução alcalina, solução alcalina + álcool nas concentrações avaliadas não alterou os teores da maioria dos componentes nutricionais do milho. No entanto, verifica-se redução nos teores de proteína bruta para o milho reconstituído com solução alcalina mais álcool, devido ao efeito da ação combinada da solução alcalina que age sobre a gluteínas e da solução do álcool que age sobre as prolaminas (zeínas).

Microscopicamente a estrutura dos grânulos de amido não foi alterada pela reconstituição e moagem grosseira com o uso da combinação de processamentos avaliados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANKOM. **Operator's manual – ANKOM^{XT10} extraction system**. Macedon, 2009b. 21 p.
- AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official Method Am 5-04, Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction**. Urbana: Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 2005.
- BEAUACHEMIN, K. A.; McALLISTER, T. A.; DONG, Y.; FARR, B. I.; CHENG, K. J. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, 1994. 236 – 246 p.
- BIAGI, J. D. Tecnologia de peletização de rações. **Simpósio do colégio brasileiro de nutrição animal**, 3., 1990, Campinas: CBNA, 1990. 37-59 p.
- DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2008.
- DICKEY, L.C.; DALLMER, M.F.; RADEWONUK, E.R.; PARRIS, N.; KURANTZ, M.; CRAIG, J.C. Zein batch extraction from dry-milled corn: cereal disintegration fluid shear. **Cereal Chem.**, v. 75, p. 443-448, 1998.
- ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food**. New York: Marcel Dekker, 664p. 1996.
- ELIASSON, A.C. **Starch in food – Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 605p. 2004.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. Ultimate reference suite. São Paulo, 1 CD-ROM.2006.
- FAGEER, A.S.M.; TINAY, A.H.E. Effect of genotype, malt pretreatment and cooking on in vitro protein digestibility and protein fractions of corn. **Food Chem.**, v.84, p. 613-619, 2004.
- FERREIRA, W. A.; Armazenamento de grãos de cereais. **Manual de armazenamento e embalagem de produtos agropecuários**. CEREDA, M.P.; SANCHES, L. (Eds). UNESP. Botucatu, 1983. 96-128 p.
- FRENCH, D. Organization of starch granule. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHAL, E. F. **Starch: chemistry and Technology**. 2. ed. London: Academic Press, p. 183-247. 1984.
- HALE, W. H. Influence of processing on the utilisation of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, 1973. 37 p.
- HEALY, B.J. et al. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2227-2236, 1994.
- KAMPEN, W.H. Recovery of protein isolate and/or starch from cereal grains. **United States Patent 5.410.021**, 1995.

- KARNOVSKY, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology** 27:137-138, 1965.
- KOTARSKI, S. F., WANISHA, R. D., THUR, K. K. Starch hydrolysis by ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, 1992. 122:178-190 p.
- LANDRY, J.; MOUREAUX, T. Heterogeneity of the glutelins of the grain corn: Selective extraction and composition in amino acids of the three isolated fractions. **Bull. Soc. Chem. Bio.**, v. 52, p. 1021-1037, 1970.
- MOE, P. W.; FLATT, W. P.; TYRREL, H. F. Net energy value of feeds for lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 55, 1972. 945 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients Requeriments of Beef Cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 1996. 242 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7 ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381 p.
- NEWMANN, P.E.; WALL, J.S. Chemical and physical properties of proteins in wet-milled corn gluten. **J. Cereal Chem.**, v. 61, p. 353-356, 1984.
- OATES, C.G. Towards and understanding of starch granule structure and hydrolysis. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, p.375-382, 1997.
- PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. **Circular Técnica**, Embrapa Milho e Sorgo, 2006.
- PEREIRA, J. R. A.; ROSSI JR, P. **Manual prático de avaliação de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 1995.
- 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. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3551 – 3561, 1992.
- SANTOS, F.A.P.; MENEZES JR., M.P.; SIMAS, J.M.C. et al. Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.923-931, 2001.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. Livraria Varela – São Paulo, 1996.
- SHUKLA, R.; CHERYAN, M.; DE VOR, R.E. Solvent extraction of zein from dry-milled corn. **Cereal Chem.**, v. 77, p. 724-730, 2000.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**, 3 ed. Viçosa: UFV, 2009.

SILVA, J. S. Processamento de grãos de milho para uso na Alimentação de vacas leiteiras Viçosa: UFV, 2012. 86p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2012.

TAVARES, L. M. Um método para o cálculo da eficiência energética de moinhos industriais. **Revista Matéria. Periódico científico virtual da área de materiais**, 2001.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**. v.63, 1986. 1649-1662 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994.

APÊNDICE

Tabela 4 - Valores médios de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN) em porcentagem da matéria seca do milho para os diferentes tratamentos e repetições.

Amostras	%MS	%MM	%MO	%PB	%EE	%FDN
1 A	60,22	1,36	98,64	11,88	4,24	10,33
1 B	57,10	1,32	98,68	13,58	3,93	10,33
1 C	58,69	1,39	98,61	12,80	4,17	10,33
2 A	61,79	3,20	96,80	11,80	4,23	10,10
2 B	61,07	3,17	96,83	11,96	4,11	10,10
2 C	61,06	3,19	96,81	11,86	3,80	10,10
3 A	60,37	1,38	98,62	12,08	3,68	9,77
3 B	59,77	1,37	98,63	12,16	3,93	9,77
3 C	58,38	1,41	98,59	10,92	3,77	9,77
4 A	63,65	2,37	97,63	11,68	4,15	12,30
4 B	61,51	2,40	97,60	11,53	3,80	12,30
4 C	63,42	2,30	97,70	11,46	4,24	12,30
5 A	61,46	1,21	98,79	10,63	4,34	11,40
5 B	62,48	1,17	98,83	11,14	4,19	11,40
5 C	61,53	1,18	98,82	11,05	4,63	11,40

1 - Milho moído (5mm) e reconstituído com água; 2 - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina; 3- Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina; 4 - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina + álcool; e 5 - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina + álcool. As letras A, B e C significam as repetições.

Tabela 5 - Valores médios de carboidratos totais (CHOT), carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN), carboidratos não fibrosos (CNF), lignina (LIG) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do milho para os diferentes tratamentos e repetições.

Amostras	% CHOT	% CSDN	% CNF	% LIG	%NDT
1 A	82,52	89,67	72,19	1,04	88,97
1 B	81,17	89,67	70,84	1,04	88,66
1 C	81,64	89,67	71,31	1,04	88,86
2 A	80,77	89,90	70,67	1,15	87,73
2 B	80,76	89,90	70,66	1,15	87,61
2 C	81,15	89,90	71,05	1,15	87,19
3 A	82,86	90,23	73,09	1,40	89,93
3 B	82,54	90,23	72,77	1,40	90,25
3 C	83,90	90,23	74,13	1,40	90,00
4 A	81,80	87,70	69,50	1,43	89,67
4 B	82,27	87,70	69,97	1,43	89,19
4 C	82,00	87,70	69,70	1,43	89,85
5 A	83,81	88,60	72,41	1,17	89,67
5 B	83,50	88,60	72,10	1,17	89,53
5 C	83,14	88,60	71,74	1,17	90,07

1 - Milho moído (5mm) e reconstituído com água; 2 - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina; 3- Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina; 4 - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina + álcool; e 5 - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina + álcool. As letras A, B e C significam as repetições.

Tabela 6 - Valores médios de proteína bruta digestível (PBD), carboidratos não fibrosos digestíveis (CNFD), fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpD), ácidos graxos digestíveis (AGD), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) do milho para os diferentes tratamentos e repetições.

Amostras	PBD	CNFD	FDNpD	AGD	ED	EM	EL
1 A	11,62	70,74	6,31	3,24	3,92	3,84	2,25
1 B	13,32	69,42	6,31	2,93	3,91	3,83	2,24
1 C	12,54	69,88	6,31	3,17	3,92	3,84	2,24
2 A	11,54	69,26	6,67	3,23	3,87	3,79	2,21
2 B	11,70	69,24	6,67	3,11	3,86	3,78	2,21
2 C	11,60	69,63	6,67	2,80	3,84	3,76	2,20
3 A	11,82	71,63	7,45	2,68	3,97	3,88	2,27
3 B	11,90	71,32	7,45	2,93	3,98	3,90	2,28
3 C	10,66	72,65	7,45	2,77	3,97	3,89	2,27
4 A	11,42	68,11	10,05	3,15	3,95	3,87	2,27
4 B	11,27	68,57	10,05	2,80	3,93	3,85	2,25
4 C	11,20	68,30	10,05	3,24	3,96	3,88	2,27
5 A	10,37	70,96	7,81	3,34	3,95	3,87	2,27
5 B	10,88	70,66	7,81	3,19	3,95	3,87	2,26
5 C	10,79	70,31	7,81	3,63	3,97	3,89	2,28

1 - Milho moído (5mm) e reconstituído com água; 2 - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina; 3- Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina; 4 - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução salina + álcool; e 5 - Milho moído (5 mm) e reconstituído com solução alcalina + álcool. As letras A, B e C significam as repetições.