

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E FÍSICAS DO MILHO COM  
DIFERENTES TEXTURAS E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO**

Sandro de Castro Santos

Orientador: Prof. Dr. Juliano José de Resende Fernandes

GOIÂNIA  
2015



**Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TE-DE) na Biblioteca Digital da UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás–UFG a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDT/UFG, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico:  Dissertação  Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor: **Sandro de Castro Santos** E-mail: **sandro.santos@ifgoiano.edu.br**

Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?  Sim  Não

Vínculo Empregatício do autor: **Instituto Federal Goiano** Agência de fomento:

País: **Brasil** UF: **GO** CNPJ: **10.651.417/0007-63** Sigla: **IFGOIANO**

Título: **CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E FÍSICAS DO MILHO COM DIFERENTES TEXTURAS E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO** Palavras-chave: **Alimentação, armazenagem, bovinos, cereais**

Título em outra língua: **NUTRITION AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF CORN WITH DIFFERENT TEXTURES AND TIMES OF STORAGE**

Palavras-chave em outra língua: **food, cattle, grain, stock, grain**

Área de concentração: **Produção Animal** Data defesa: (dd/mm/aaaa) **24/02/2015**

Programa de Pós-Graduação: **Ciência Animal**

Orientador(a): **Dr. Juliano José de Resende Fernandes** E-mail: **julianojrf@gmail.com**

Co-orientador(1): **Emmanuel Arnhold** E-mail: **emmanuelarnhold@yahoo.com.br**

Co-orientador(2): **Katia Roberta Fernandes** E-mail: **katia.fernandes@ifgoiano.edu.br**

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?  total  parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

[  ] Capítulos. Especifique:

[  ] Outras restrições:

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Goiânia 2 de junho de 2015

  
Assinatura do(a) autor(a)

<sup>1</sup> Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

SANDRO DE CASTRO SANTOS

**CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E FÍSICAS DO MILHO COM  
DIFERENTES TEXTURAS E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada para obtenção do grau de Doutor  
em Ciência Animal junto à Escola de Veterinária e  
Zootecnia da Universidade Federal de Goiás

**Área de Concentração:**

Produção Animal

**Orientador:**

Prof. Dr. Juliano J. de R. Fernandes

**Comitê de Orientação:**

Prof. Dr. Emmanuel Arnhold

Profa.Dra. Katia Roberta Fernandes

GOIÂNIA

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

de Castro Santos, Sandro  
CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E FÍSICAS DO MILHO COM  
DIFERENTES TEXTURAS E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO  
[manuscrito] / Sandro de Castro Santos. - 2015.  
XII, 115 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Juliano José de Resende Fernandes; co  
orientador Dr. Emmanuel Arnhold; co-orientador Dr. Katia Roberta  
Fernandes.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Veterinária e Zootecnia (EVZ) , Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal, Goiânia, 2015.

Bibliografia. Anexos.

1. alimentação. 2. armazenagem. 3. bovinos. 4. cereais. 5.  
digestibilidade. I. José de Resende Fernandes, Juliano, orient. II.  
Arnhold, Emmanuel , co-orient. III. Título.

SANDRO DE CASTRO SANTOS

Tese defendida e aprovada em 24 de fevereiro de 2015, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

---

Emmanuel Arnhold– EV/UFG  
(Orientador)

---

Eliane Sayuri Miyagi Okada (memorian)

---

Aldi Fernandes de Souza França

---

Débora de Carvalho Bastos

---

Verner Eichler

Aos meus pais, Trajano e Rosa, pelo amor e incentivo

À minha amada esposa Ivana e meu filho Pedro Miguel, pelo amor e apoio incondicional

Ao meu avô Joaquim Pedro Pereira (*in memoriam*) pelo exemplo e determinação

À minha avó Ana Augusta Pereira exemplo de humildade

***Dedico.***

## AGRADECIMENTOS

À DEUS por iluminar o meu caminho e estar sempre presente.

As Pró-Reitorias de Pesquisa e Pós-graduação, da Universidade Federal de Goiás e do Instituto Federal de Goiás, pela viabilização do Programa de Doutorado Interinstitucional UFG/IF Goiano

Ao professor Dr. Juliano José de Resende Fernandes, pela orientação, pela sincera amizade e pela confiança em mim depositada.

Ao professor Dr. Emmanuel Arnhold pela orientação, pela amizade, pelo apoio incontestável.

Ao professor Dr. Milton Luiz Moreira Lima pelos ensinamentos e contribuição

Ao Prof Dr. Marcos Neves Pereira pela colaboração

Ao professor Dr. Adelmo Golynski pelo apoio e incentivo para realização do Doutorado

Ao meu irmão Alexandre de Castro Pereira e minha irmã Karla de Castro Pereira pelo auxílio e colaboração

A minha colega da pós Fabiola Alves Lino pela colaboração e apoio na execução desta pesquisa

A professora Tânia Fernandes Veri Araújo pela colaboração na execução deste programa DINTER

A equipe do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos pela ajuda na realização da pesquisa

Aos diretores Gilson Dourado da Silva e Sebastião Nunes da Rosa Filho por viabilizar o Programa DINTER e disponibilizar toda estrutura dos campus para desenvolver a pesquisa

Aos diretores Gilberto Silvério da Silva e Alessandra Edna de Paula pela confiança e apreço

Aos colegas da pós-graduação Elias de Pádua Monteiro, Alan Soares Machado, Waldeliza Fernandes da Cunha, Antônio João Fontes, Luciane Sperandio Floriano, Eduardo de Faria Viana,

Aos colegas do grupo foragidos da pós: Neto, Leonardo, Leandro, Kíria, Thiago (Príncipe), Flávia, Thiago (Ceará), Bárbara, Marcela, todo meu carinho e agradecimentos pela ajuda e pelos momentos de descontração

Ao Cirino e Raimunda meus segundos pais muito obrigado

Aos colegas do campus avançado de Hidrolândia que acompanharam as minhas aflições para o término deste trabalho.

**MUITO OBRIGADO!**



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Características gerais e estrutura dos híbridos de Milho .....	3
2.1.1 Pedicelo ou ponta .....	4
2.1.2 Pericarpo ou casca .....	4
2.1.3 Endosperma .....	5
2.1.4 Prolaminas .....	8
2.1.5 Amido .....	10
2.2 Degradabilidade ruminal dos grãos de milho .....	13
2.3 Efeito do processamento na degradabilidade ruminal .....	15
2.4 Armazenagem de grãos de milho.....	16
2.4.1 Fatores que interferem no armazenamento de grãos .....	19
2.4.2 Condutividade elétrica.....	22
3. REFERÊNCIAS .....	24
CAPITULO II - COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS HÍBRIDOS DE MILHOS COM DIFERENTES TIPOS DE TEXTURA ARMAZENADOS POR ATÉ 240 DIAS .....	33
1 INTRODUÇÃO.....	35
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
2.1 Primeira fase experimental .....	37
2.1.3 Escolha dos híbridos de milho.....	37
2.1.4 Localização, plantio e armazenamento.....	38
2.1.5 Análises Bromatológicas .....	39
2.1.5.1 Determinação do amido .....	40
2.2 Segunda fase experimental .....	41
2.2.3 Densidade dos grãos .....	41
2.2.4 Determinação da condutividade elétrica.....	42
2.2.5 Delineamento experimental e análise estatística .....	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
3.1 Primeira fase experimental .....	44
3.1.3 Monitoramento da temperatura e umidade do local de armazenamento .....	44
3.1.4 Composições bromatológicas dos híbridos de milho armazenados por até 240 dias... 44	44
3.2 Segunda fase experimental .....	57
4 CONCLUSÕES .....	60
5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	61
CAPITULO III – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E A INFLUÊNCIA SOBRE A DEGRADABILIDADE RUMINAL DOS HÍBRIDOS DE MILHOS COM TEXTURA DURA, SEMIDURA, SEMIDENTADO E DENTADO .....	64
1. INTRODUÇÃO.....	66
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
2.1. Determinação da vitreosidade.....	68
2.2. Determinação do teor de prolamina.....	69
2.3. Degradabilidade <i>in situ</i> .....	70

2.4. Delineamento experimental e análises estatísticas .....	73
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	75
3.1. Comparação entre os híbridos de milhos na colheita .....	75
3.2. Relação entre vitreosidade e densidade dos grãos .....	75
3.3. Avaliação dos teores de prolamina dos híbridos de milho com diferentes texturas .....	77
3.4. Degradabilidade ruminal dos híbridos de milhos .....	78
3.5. Análise multivariada da composição bromatológica e características físicas dos híbridos de milhos .....	82
4. CONCLUSÕES .....	85
5. REFERÊNCIAS .....	86
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	89
7. ANEXO I – Parecer do comitê de ética .....	91

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Composição física do grão de milho ..... 5
- Figura 2. Estrutura da amilose (A) e amilopectina (B). A amilose é um polímero não-ramificado de glicoses ligadas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4, enquanto a amilopectina é altamente ramificada e formada por ligações glicosídicas  $\alpha$  -1,6.... 11
- Figura 3. Endospermas vítreo e farináceo do grão de milho ..... 69
- Figura 4. Relação entre vitreosidade e densidade dos híbridos com textura tipo duro, semiduro, semidentado e dentado. Vitreosidade=  $-120,09 + 155,48 * \text{Densidade}$ ;  $r^2=0,63$ ,  $P<0,001$ . Fonte: Dados próprios ..... 77
- Figura 5. Degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) dos híbridos de milhos com texturas duro, semiduro, semidentado e dentado..... 79
- Figura 6. Gráfico das variáveis canônicas (CAN 1 e CAN 2) representando o agrupamento das características químicas e físicas dos híbridos de milhos com texturas do tipo duro, semiduro, semidentado e dentado (pb-proteína bruta; ds- densidade; ms- matéria seca; mo-matéria orgânica; ce-condutividade elétrica; vítreo-vitreosidade; fdn-fibra em detergente neutro; chonf-carboidrato não fibroso; ee-extrato etéreo)..... 83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química média do grão de milho seco indicado nas estruturas físicas específicas do grão .....	4
Tabela 2. Médias dos teores de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) dos híbridos de milhos duro AS1590, Semiduro AS3421YG, Semidentado DKB330 e dentado SHS4070 armazenados por até 240 dias .....	45
Tabela 3. Médias dos teores de proteína bruta (PB) dos híbridos de milhos duro AS1590, semiduro AS3421YG, semidentado DKB330 e dentado SHS4070 armazenados por até 240 dias .....	47
Tabela 4- Médias dos teores de cinzas dos híbridos de milhos duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias .....	49
Tabela 5. Médias dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) dos híbridos de milhos duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias .....	51
Tabela 6. Médias dos teores de extrato etéreo (EE) dos híbridos de milhos duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias .....	52
Tabela 7. Médias dos teores de carboidratos não-fibrosos (CHONF) dos híbridos de milhos duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias .....	54
Tabela 8. Médias dos teores de amido dos híbridos de milhos duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias .....	56
Tabela 9. Propriedades físicas de híbridos de milhos com texturas dura (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330) e dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias .....	58
Tabela 10. Vitreosidade e densidade médias de híbridos de milhos com diferentes texturas ..	76
Tabela 11. Média do teor de prolamina dos híbridos de milhos com diferentes texturas .....	78
Tabela 12. Médias das frações solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c) e degradação efetiva (DE) da matéria seca (MS) dos híbridos de milhos para taxas de passagem (kp) de 2%/h; 5%/h; e 8%/h .....	80

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Características dos híbridos de acordo com as especificações das empresas comerciais .....	37
Quadro 2. Temperaturas e umidade relativa do ar no ambiente de armazenamento dos híbridos de milhos. Morrinhos/GO. Maio/2012 a Dez/2012 .....	39

## RESUMO GERAL

O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2011 a fevereiro de 2013 no Instituto Federal Goiano (IF Goiano) – campus Morrinhos. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5x4, ou seja, cinco tratamentos (tempos de armazenamento 0, 60, 120, 180, 240 dias) e quatro tipos de híbridos de milho com texturas diferentes (duro, semiduro, semidentado e dentado). O objetivo foi avaliar a qualidade dos diferentes tipos de híbridos armazenados por um período de até 240 dias através da variação temporal dos componentes químicos dos grãos, da vitreosidade e degradabilidade ruminal. Os grãos foram colhidos e armazenados em sacos do tipo ráfia e posteriormente feitos as coletas das amostras, de acordo com os tempos de armazenagem, e em seguida armazenados em estufa a -20°C. Houve perda de matéria seca ( $P>0,05$ ) para todos os híbridos ao longo do período de armazenamento variando de 0,43% para o híbrido duro até 1,43 % para o híbrido dentado. Caracterizando que grão de milho com textura dura possui maior resistência ao armazenamento do que os grãos de milhos de textura farinácea. Não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre todos os tratamentos para o teor de proteína bruta. Quanto a vitreosidade os valores médios observados para os híbridos de textura duro e semiduro foram semelhantes ( $P>0,05$ ) 79,2% e 77,7%, respectivamente. E a vitreosidade dos grãos para os híbridos de textura semidentado e dentado os valores não diferiram ( $P>0,05$ ) e foram 69,87% e 67,4%, respectivamente. Sendo assim, pode-se observar a presença de apenas dois grupos: grãos com textura dura e textura dentado. Os grãos dentados e semidentados obtiveram as maiores taxas de degradação ( $P>0,05$ ) comparadas aos duros e semiduros, 68,6%, 68,4%, 73,72% e 72,01%, respectivamente. A determinação da degradabilidade ruminal da MS mostra que a textura dentada dos grãos de milho permite maior ação dos microrganismos ruminais em relação aos grãos de textura dura. Desta forma, o milho produzido no Brasil possui a vantagem de ser indicado para armazenagem devido ao seu grau de resistência e mais produtivo do que o milho farináceo. Por outro lado, os grãos farináceos são mais digestíveis, e o que ficou demonstrado nesse trabalho é que não foram diferentes dos híbridos duros quanto ao armazenamento.

Palavras-chave: alimentação, armazenagem, bovinos, cereais, digestibilidade

## ABSTRACT

The experiment was carried out from December 2011 to February 2013 at the Federal Institute Goiano (IF Goiano) - Morrinhos. The design was completely randomized in a factorial arrangement 5x4, five treatments (storage times of 0, 60, 120, 180, 240 days) and four types of maize hybrids with different textures (hard, medium-hard, those semi and toothed ). The objective was to evaluate the quality of different types of hybrids stored for a period up to 240 days by temporal variation of the chemical components of the grain, the vitreousness and degradability. The pellets were collected and stored in bags raffia type and subsequently the collection of samples made in accordance with the storage time, and then stored in an oven at 20 ° C. There was a loss of dry matter ( $P > 0.05$ ) for all hybrids throughout the storage period ranging from 0.43% to 1.43% to hybrid hard for toothed hybrid. Featuring which grain has hard texture corn with improved resistance to storage than the corn grain mealy texture. There was no difference ( $P > 0.05$ ) among all treatments for the crude protein content. As for vitreousness the average figures for hybrid hard and semi-hard texture were similar ( $P > 0.05$ ) 79.2% and 77.7%, respectively. And vitreousness grain hybrids for those semi toothed texture and the values did not differ ( $P > 0.05$ ) were 69.87% and 67.4%, respectively. Thus, one can observe the presence of only two groups: hard grain texture and toothed texture. The toothed grain and semidentados achieved the highest degradation rates ( $P > 0.05$ ) compared to hard and semi-hard, 68.6%, 68.4%, 73.72% and 72.01%, respectively. The determination of the MS degradability shows that the soft texture of the corn kernels allows greater share of rumen microorganisms in relation to grain hard texture. Thus, the corn produced in Brazil has the advantage of being suitable for storage due to their degree of resistance and more productive than the corn dough. Moreover, the farinaceous grains are more digestible and which has been demonstrated is that this work were not different from in the storage flint hybrids.

Keywords: food, storage, cattle, cereals, digestibility

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais cultivados no mundo. Segundo a FAO<sup>1</sup>, foram produzidas 872,06 milhões de toneladas na safra de 2012/2013 em 177,37 milhões de hectares.

O Brasil ocupa a 3ª posição mundial, com 79,07 milhões de toneladas da safra 2012/2013, FAO<sup>1</sup>. O milho é utilizado como matéria prima para elaboração de muitos produtos, como etanol, óleo, farinha, amido, margarina, xarope de glicose e flocos para cereais matinais, mas é na indústria de ração animal que absorve a maior parte dos grãos produzidos no Brasil.

Estima-se que o consumo de milho destinado como componente de rações para os animais seja responsável por 75% do total da produção, e o restante para consumo humano e aplicações nos processos industriais, e devido o seu alto nível de inclusão nas dietas tem como principal função atender as exigências de energia pelos animais, ABIMILHO<sup>2</sup>.

Apesar da produção elevada no Brasil, a demanda interna para a cadeia produtiva da agropecuária também é alta, entretanto, qualquer mudança no cenário internacional pode interferir no preço do produto interno. Assim, o armazenamento dos grãos torna-se necessário para amenizar os efeitos provocados nas variações dos preços dos grãos comercializando o produto no momento oportuno.

A comercialização dos grãos irá depender do preço favorável, e também do tempo em que os grãos poderão ficar armazenados. Períodos de até um ano para que não ocorra a deterioração dos grãos, a temperatura e o teor de umidade.

O armazenamento traz benefícios quando são tomadas medidas que amenizem a deterioração dos grãos durante a armazenagem. Que vão desde antes da colheita, passando pelo transporte, o processamento até a sua utilização na alimentação dos animais.

Os valores nutritivos dos grãos de milhos dependem de diversos fatores como genética, nível de produção, composição bromatológica, textura dos grãos entre outros, Cruz et al.<sup>3</sup>.

Para a armazenagem de cereais, o mercado brasileiro tem utilizado os grãos com características para textura do tipo duro devido à sua resistência ou dureza dos grãos. A dureza descreve a resistência do grão às deformações externas, quebra mecânica durante a colheita e o armazenamento. Os grãos mais duros apresentam a característica de boa



armazenagem e qualidade de germinação, Cruz et al.<sup>3</sup>. Por esse motivo, no Brasil, a indústria de grãos tem optado por híbridos de textura dura, em que a alta vitreosidade de endosperma é predominante, Pereira et al.<sup>4</sup>.

A vitreosidade refere-se à quantidade de endosperma vítreo sobre o endosperma total. O endosperma vítreo está relacionado a dureza do grão e tem alta correlação negativa com a degradação ruminal do amido, ou seja, quanto mais vítreo for o grão, menor é a degradabilidade do amido no rúmen, Correa et al.<sup>5</sup>. Desse amido com baixa degradabilidade ruminal parte será convertido em glicose no intestino delgado e aproveitado como energia pelas vísceras e o restante aproveitado no intestino grosso ou eliminado com as fezes.

O objetivo é estudar os efeitos dos diferentes híbridos de milho com texturas dura, semidura, semidentada e dentada, e em diferentes tempos de armazenamento sobre a composição bromatológica e características físicas dos grãos de milhos.

## CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 2. REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1 Características gerais e estrutura dos híbridos de Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta monoica que pertence à família Gramineae/Poaceae. Os aspectos vegetativos e reprodutivos da planta de milho podem ser modificados através da interação com os fatores ambientais que afetam o controle da ontogenia do seu desenvolvimento. O resultado geral da seleção natural e da domesticação foi produzir uma planta anual, com um a quatro metros de altura, desenvolvida para a produção de grãos. Portanto, o interesse nessa cultura está na produção de grãos, para alimentação humana e animal, e também para a produção de forragem, Magalhães e Durães<sup>6</sup>.

É uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza. De uma semente que pesa pouco mais de 0,3 g irá surgir uma planta com aproximadamente 2,0 m de altura, isto em cerca de nove semanas. E ainda, nos meses seguintes, essa planta produzirá cerca de 600 a 1.000 sementes similares àquela da qual se originou, Aldrich et al<sup>7</sup>.

Os grãos de milho além de ricos em energia são conhecidos botanicamente por uma cariopse, e são formados por quatro principais estruturas físicas: pericarpo, endosperma, embrião ou germe e pedicelo ou ponta, cada qual com suas características químicas específicas (Tabela 1). Essas composições químicas sofrem variação dependendo do material genético, tipo de solo, nível de adubação, condições climáticas e estágio de maturação da planta, Paterniani e Viégas<sup>8</sup>; Gomes et al.<sup>9</sup>.

Tabela 1 - Composição química média do grão de milho seco indicado nas estruturas físicas específicas do grão

Componentes do grão	Endosperma (%)	Embrião ou germe (%)	Pericarpo (%)	Pedicelo ou ponta (%)	Grão Inteiro (%)
Amido	86,40	8,20	7,30	5,30	71,50
Proteína	9,40	18,80	3,70	9,30	10,30
Óleo	0,80	34,50	1,00	3,80	4,80
Açúcar	0,64	10,80	0,34	1,54	1,97
Cinza	0,31	10,10	0,84	1,56	1,44
Inteiro	81,90	11,90	5,30	0,80	99,9

Adaptado de Carvalho e Nakagawa<sup>10</sup>

### 2.1.1 Pedicelo ou ponta

É a menor estrutura do grão e a única não coberta pelo pericarpo. É o responsável por ligar o grão ao sabugo e sua composição básica é de material proteico não exercendo influência na qualidade final do grão, Carvalho e Nakagawa<sup>10</sup>.

### 2.1.2 Pericarpo ou casca

A superfície externa dos grãos de cereais é constituída por um pericarpo espesso e com várias camadas que serve para proteger internamente o germe e o endosperma do ataque microbiano (Figura 1). Além disso, altas concentrações de lignina, depositadas durante o espessamento secundário do pericarpo, e ésteres de cera, estão associados à superfície externa do grão, e são impedimentos adicionais à invasão microbiana, insetos e absorção de água. Em todos os grãos de cereais, o pericarpo apresenta-se seco após a maturidade fisiológica, constituído de grandes células vazias Evers et al.<sup>11</sup>. A epiderme externa do grão apresenta ainda uma camada de cutícula responsável pelo controle das trocas de água nos grãos em crescimento, Evers et al.<sup>11</sup>.

Em relação à composição química, o pericarpo é composto por cerca de 90% de fibras e a digestão destes constituintes é possivelmente limitada ao máximo de 40%, Van Barneveld<sup>12</sup>. A digestibilidade do pericarpo pode ser ainda comprometida pelo baixo pH ruminal (pH < 6,2), comumente associado às dietas com alta quantidade de grãos.

Na Figura 1 pode-se observar a anatomia vegetal do grão de milho e suas partes constituintes, como o pericarpo, endosperma, gérmen e ponta.

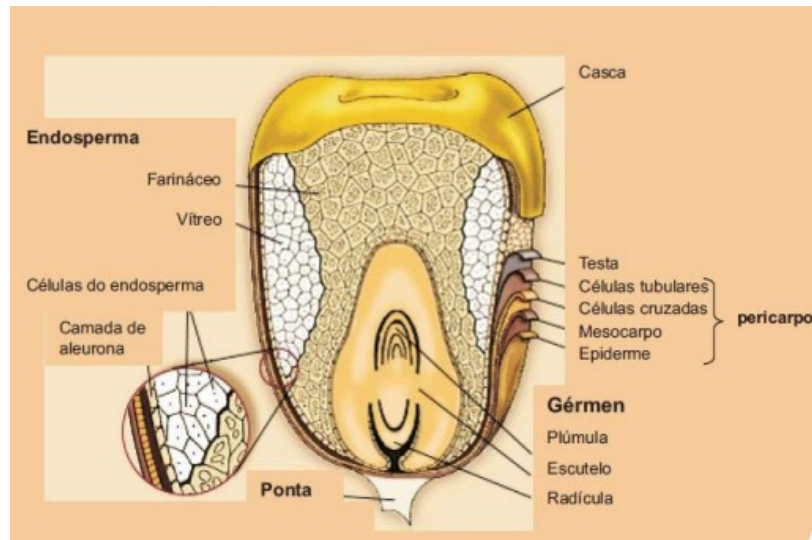


Figura 1 – Composição física do grão de milho  
Fonte: adaptado de Encyclopaedia Britanica<sup>13</sup>

### 2.1.3 Endosperma

O endosperma forma a maior parte do grão e exerce grande importância na determinação do valor econômico e nutricional do milho e, por esse motivo, sua característica é utilizada para classificar os grãos.

A principal diferença entre os tipos de milho é a forma e o tamanho dos grãos, definidos pela estrutura do endosperma e o tamanho do gérmen. Portanto, baseado nestas características que o milho está dividido em cinco classes: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce Paes<sup>14</sup>.

Já o Watson<sup>15</sup> classifica os grãos de milho quanto à textura em: amiláceo ou farináceo (“floury”); dentado (“dent”); duro ou cristalino (“flint”); pipoca (“pop corn”); doce (“sweet”) e ceroso (“waxy”).

No entanto, o Ministério da Agricultura através da Instrução Normativa (IN) nº 60 de 22/12/2011 estabeleceu que a partir de setembro de 2013 o milho seja classificado, baseado na consistência e formato do grão, em quatro grupos, são eles: duro, dentado, semiduro e misturado BRASIL<sup>16</sup>.

A IN 60 de 22/12/11 define cada grupo como sendo:

a) Grão duro quando apresentar o mínimo de 85% em peso de grãos com as características de duro, ou seja, apresentando endosperma predominantemente córneo, exibindo aspecto vítreo; quanto ao formato, considera-se duro o grão que se apresentar predominantemente ovalado e com a coroa convexa e lisa;

b) Grão dentado quando apresentar o mínimo de 85% em peso de grãos com as características de dentado, ou seja, com consistência parcial ou totalmente farinácea; quanto ao formato, considera-se dentado o grão que se apresentar predominantemente dentado com a coroa apresentando uma reentrância acentuada;

c) semiduro: quando apresentar o mínimo de 85% em peso de grãos com consistência e formato intermediários entre duro e dentado; e

d) misturado: quando não estiver compreendido nos grupos anteriores, especificando-se no documento de classificação as percentagens da mistura de outros grupos.

As empresas que comercializam sementes ainda classificam os grãos em duro, semiduro, semidentado e dentado. Acrescentando os tipos de grãos os de características intermediárias aos grãos duro e dentado.

Independente da nomenclatura adotada na classificação dos grãos o fato é que essas características estão relacionadas à textura dos grãos. Sendo que o arranjo e a constituição dos componentes químicos no grão são dados basicamente por proteína e amido Martinez et al.<sup>17</sup>.

Desta forma, os grãos do tipo dentado, o qual predomina endosperma farináceo, são constituídos por grânulos de amido densamente arranjados nas laterais dos grãos, formando um cilindro aberto que envolve parcialmente o embrião; na parte central, os grânulos de amido são menos densamente dispostos; Já os grãos do tipo duro apresentam reduzida proporção de endosperma farináceo em seu interior, notando-se que a parte dura ou cristalina é a predominante e envolve por completo o endosperma farináceo, Kotarski et al.<sup>18</sup>

Essa denominação vítrea e farinácea refere-se ao aspecto dos endospermas nos grãos quando sujeitos à luz. No endosperma farináceo, os espaços vagos permitem a passagem da luz, conferindo opacidade ao material. De forma oposta, a ausência de espaços entre os grânulos de amido e a matriz proteica promove a reflexão da luz, resultando em aspecto vítreo ao endosperma observado nessas condições Paes<sup>14</sup>.

O endosperma é constituído por dois tecidos distintos, o endosperma amiláceo (60-90% do peso do grão) e a aleurona (2% do peso do grão), sendo que esta pode variar de

uma a três camadas e depende do tipo do grão de cereal Kent<sup>19</sup> (Figura 1). Na camada de aleurona e no endosperma vítreo, estão presentes os carotenoides, substâncias lipídicas que conferem a cor aos grãos de milho. Sendo que os principais carotenoides nos grãos de milho são: zeaxantina, luteína, betacriptoxantina, alfa e beta Zinn et al.<sup>20</sup>.

A parede celular do endosperma do milho é composta principalmente por arabinoxilanas, em sua maior parte desprovida de lignina e, portanto, não representa uma barreira significativa à digestão do amido devido à elevada atividade das arabinoxylanase dos microrganismos do rúmen, McAllister et al.<sup>21</sup>.

A parede celular do endosperma envolve os grânulos de amido envoltos pela matriz proteica. Na parte vítrea do endosperma, os grânulos de amido estão densamente compactados no interior da matriz proteica; já na parte farinácea do endosperma, os grânulos de amido estão frouxamente associados à matriz proteica. Os grânulos de amido do milho estão em uma associação tão rígida com a proteína que eles frequentemente se quebram após a moagem, expondo os anéis concêntricos que se formam durante a deposição do amido no grânulo, ocorridos durante o desenvolvimento do grão, McAllister et al.<sup>21</sup>.

A densidade dessa matriz proteica varia, dentre outros fatores, com a localização da célula no grão Kotarski et al.<sup>18</sup>. No endosperma farináceo a matriz é esparsa e fragmentada, enquanto que na região vítrea é densa e bem desenvolvida, Choct et al.<sup>22</sup> e Philippeau et al.<sup>23</sup>. Com o desenvolvimento do grão, os grânulos de amido alargam-se e são envolvidos pela matriz proteica, tornando-se firmemente ligados à mesma.

Essa configuração química do grão e a estrutura da matriz proteica ao redor dos grânulos de amido também afetam a acessibilidade de enzimas amilolíticas. Estas características podem influenciar a digestibilidade dos nutrientes dos grãos, uma vez que está associada à vitreosidade que, por sua vez, está relacionada com a quantidade de endosperma vítreo e farináceo do grão, Choct et al.<sup>22</sup>.

Para a safra de 2013/2014 estão disponibilizados 467 cultivares de milho e destes a maioria do tipo duro ou vítreo. Assim a maioria do milho comercial brasileiro é do tipo duro ou “flint”, enquanto, nos países de clima temperado, a predominância é do tipo dentado. Demonstrando que os híbridos brasileiros são selecionados para durabilidade ou tempo de armazenamento e não para disponibilidade de energia do grão, Cruz et al.<sup>24</sup>.

#### 2.1.4 Prolaminas

As zeínas são conhecidas como proteínas de reserva do milho e constituem cerca de 80% das proteínas do milho. As zeínas estão localizadas no endosperma do grão, na forma de corpos proteicos. Essas proteínas são sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso. O início da síntese das zeínas ocorre entre 8 a 12 dias após a polinização, sendo máxima entre 16 e 35 dias e continua até 40 a 45 dias após a polinização Gibbon e Larkins<sup>25</sup>. Elas têm sido estudadas tanto pelo interesse sob aspecto tecnológico quanto pelo nutricional.

O interesse tecnológico das zeínas do milho vem da possibilidade destas substituírem derivados de petróleo, principalmente por serem biodegradáveis e renováveis, diminuindo o impacto ambiental. As zeínas possuem propriedades hidrofóbicas e permite a confecção de filmes comestíveis para cobertura de medicamentos e alimentos, protegendo-os da umidade e do oxigênio, Forato<sup>26</sup>.

Sob aspecto nutricional, tem sido demonstrado que o conteúdo de proteína, em especial de zeínas, está associado com diferenças na dureza dos grãos de cereais, Pratt et al.<sup>27</sup> e Chandrashekar e Mazhar<sup>28</sup>. A dureza é uma característica física que influencia na qualidade e no processamento dos grãos de milhos Fox e Manley<sup>29</sup>.

Uma forma indireta de medir essa dureza do grão é através da determinação da vitreosidade. Obtida através da dissecação dos grãos e calculada pela proporção de endosperma vítreo em relação ao endosperma total Philippeau e Michalet-Doreau<sup>31</sup> e Correa et al.<sup>5</sup>.

Conforme Choct et al.<sup>22</sup>, a configuração química do grão e a estrutura da matriz proteica ao redor dos grânulos de amido também afetam a acessibilidade de enzimas amilolíticas. Estas características podem influenciar a digestibilidade dos nutrientes dos grãos, uma vez que está associada à vitreosidade.

Corona et al.<sup>31</sup> avaliaram o efeito da vitreosidade e processamento (floculados e laminados a seco) dos grãos de milho na digestão novilhos holandeses. A floculação, ao contrário da laminação a seco, eliminou o efeito adverso do aumento da vitreosidade do endosperma sobre a digestão do amido no trato digestivo dos novilhos. E mais, os dados sugerem que os benefícios da floculação sobre a digestão do milho não estão relacionados apenas à gelatinização do amido, mas também ao aumento da destruição da matriz proteica.

Philippeau et al.<sup>32</sup> quantificaram a relação entre vitreosidade e concentração de prolaminas no milho e concluíram que milhos mais vítreos contêm mais prolaminas do que milhos menos vítreo. Estes dados definem as diferenças na composição química entre o endosperma vítreo e endosperma farináceos Hoffman et al.<sup>33</sup>.

McAllister et al.<sup>34</sup> utilizaram novilhos holandeses fistulados para avaliar a influência da matriz proteica dos grãos de milho e cevada sobre a digestão microbiana do amido. Os grãos foram processados e separados em partículas pequenas ( $<0,89\text{mm}$ ) e partículas grandes ( $2\text{mm}<x<3\text{mm}$ ) e independente do tamanho de partículas a digestão do amido dos grãos de cevada foi maior ( $P<0,001$ ) do que o amido dos grãos de milho. Possivelmente influenciados pela maior resistência da matriz proteica do milho em relação à cevada.

As prolaminas se localizam exteriormente aos grânulos de amido no endosperma. Em milho de endosperma farináceo os grânulos de amido são esferas dispersas no endosperma, enquanto que em endosperma vítreo os grânulos de amido são helicoidais e adensados. Como a ligação entre os grânulos de amido e as prolaminas é muito forte no endosperma vítreo, nem água penetra entre os grânulos, e nem as amilases e maltases necessárias para que ocorra a quebra enzimática do amido a glicose no rúmen ou nos intestinos McAllister et al.<sup>21</sup>.

As proteínas do milho compreendem quatro grupos estruturalmente distintos  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , e  $\Delta$  que podem ser separados com base na sua estrutura primária e na sua solubilidade. São constituídas de aproximadamente 6% de globulinas e albuminas (proteínas solúveis em água ou solução salina), 34% de glutelinas (proteínas insolúveis em água e álcool) e 60% prolaminas (proteínas insolúveis em água e solúveis em álcool 70%), Paterniani e Viégas<sup>8</sup>. As proteínas desses dois últimos grupos são também conhecidas como proteínas de reserva.

As prolaminas são associadas ao amido nos grãos de todos os cereais e no milho, as prolaminas são denominadas zeínas. A maioria das glutelinas tornam-se solúveis em álcool após redução das ligações de dissulfeto, e também têm sido classificadas como prolaminas (zeínas) por várias semelhanças de sequência e composição de aminoácidos. Assim, as zeínas totais representam cerca de 80 % das proteínas do milho, Forato<sup>26</sup>.



### 2.1.5 Amido

O principal carboidrato presente no endosperma é o amido, composto por polímeros de glicose lineares e ramificados denominados amilose e amilopectina, respectivamente French<sup>35</sup>. As unidades de glicose na amilose estão unidas por ligações  $\alpha$ -(1,4), já a amilopectina apresenta além de ligações  $\alpha$ -(1,4), ligações  $\alpha$ -(1,6) nos pontos de ramificação da cadeia glicosídica (Figura 2).

Estes polímeros diferenciam entre si quanto ao tipo de estrutura química, tamanho da molécula e quanto às propriedades químicas. De maneira geral, a amilose e a amilopectina representam de 98 a 99% dos grânulos de amido. A amilose é um polímero longo e relativamente linear, formado por moléculas de D-glicose, com cerca de 99% das ligações  $\alpha$ -1,4. Por outro lado, a amilopectina é uma molécula maior que a amilose, mais insolúvel, formada por moléculas de D-glicose, com ligações  $\alpha$ -1,4, com ramificações  $\alpha$ -1,6 Lehninger<sup>36</sup> (Figura 2).

O amido é depositado na forma de grânulos no interior do endosperma. Dependendo do tipo de grão, os grânulos podem variar muito em sua forma (redonda, lenticular, poligonal), distribuição de tamanho da partícula (uni ou bimodal) e associação (simples ou compostos), Tester et al.<sup>37</sup>.

Os grânulos de amido são formados pela deposição de anéis de crescimento, que consistem em camadas alternadas, semicristalinas e amorfas. Estes anéis se estendem a partir do centro do grânulo (hilo) em direção a sua superfície, de forma análoga às camadas de uma cebola. As regiões amorfas nos grânulos de amido parecem ser os pontos de ramificação de amilopectina, enquanto a área cristalina representa a estrutura em dupla hélice mais compacta da amilopectina, Tester et al.<sup>37</sup>.

Os amidos são definidos como cerosos quando a proporção de amilose para amilopectina é menor que 15%, normais quando a amilose representa de 16% a 35% dos grânulos e de alta amilose quando o teor de amilose é superior a 36% do grânulo. Apesar de vários estudos terem demonstrado que a razão amilose: amilopectina está negativamente correlacionada com a digestão do amido em não ruminantes, Svihus et al.<sup>38</sup>, não está bem definido se este fator influencia a degradação do amido pelos microrganismos do rúmen.

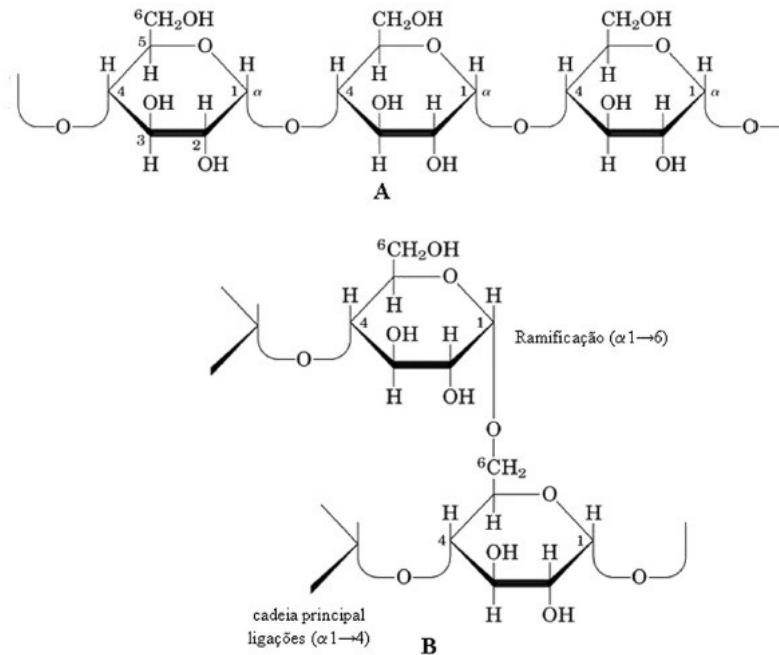


Figura 2– Estrutura da amilose (A) e amilopectina (B). A amilose é um polímero não-ramificado de glicoses ligadas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4, enquanto a amilopectina é altamente ramificada e formada por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,6. Fonte: Adaptado de Kozloski<sup>39</sup>.

#### 2.1.1.1. Características do amido relevantes à nutrição de ruminantes

A importância do amido para a nutrição dos ruminantes pode ser atribuída a vários fatores como a sua participação efetiva na composição nas dietas dos bovinos, a variação da fermentação ruminal do amido, a influência da proporção amilose: amilopectina, o processamento do amido através da gelatinização e o amido encapsulado.

O amido corresponde a uma fração substancial nas dietas dos bovinos, que varia de menos de 20% para mais de 35%. A maior parte do amido alimentar é fornecida por grãos de cereais, principalmente o milho. O teor de amido dos grãos de cereais varia de 45% para a aveia e 72% para o milho. Enquanto, as forragens têm uma variação no teor de amido de menos de 15% da MS para alfafa e gramíneas perenes, até 35% para silagem de milho Grant<sup>40</sup>.

A fermentação ruminal do amido pode variar de menos de 50% a mais de 90%, e é uma função da taxa de fermentação (kd) e tempo de retenção (kp) das partículas do alimento no rúmen Grant<sup>40</sup>. Algumas pesquisas têm tentado determinar ótimas concentrações dietéticas

de amido. No entanto, uma quantidade ótima de amido dietético será função de vários fatores, incluindo a degradabilidade inerente da fonte de amido, o método de processamento, a quantidade de proteína solúvel, FDN, método de alimentação, e meio ambiente.

A proporção entre amilose e amilopectina, que variam entre espécies e variedades de grãos, é fator determinante para influenciar a taxa de degradação e a digestibilidade do amido. A digestibilidade do amido é inversamente proporcional ao teor de amilose. Desta forma fontes de amido com maiores teores de amilopectina, podem apresentar maior digestibilidade Gonçalves et al.<sup>41</sup>.

As moléculas de amilose e amilopectina são mantidas unidas pelas pontes de hidrogênio, resultando em grânulos de amido com estruturas altamente organizada, Nocek e Tamminga<sup>42</sup>. Diversos tipos de processamento são aplicados aos grãos de cereais com a finalidade de romper as pontes de hidrogênio dentro dos grânulos de amido, melhorando a sua capacidade de hidratação. Dessa forma, o amido torna-se mais susceptível à digestão enzimática.

Quando processados os grânulos de amido estão sujeitos a gelatinização, que é a perda irreversível de sua estrutura original em função de alguma energia aplicada, que será responsável pela quebra das pontes de hidrogênio, Nocek e Tamminga<sup>42</sup>. A gelatinização provoca maior capacidade de absorção de água e perda da estrutura cristalina que expõem uma maior parte do amido à degradação, Mello Jr<sup>43</sup>.

A digestibilidade do amido do grão de milho é limitada também pela matriz proteica que é uma estrutura amorfa com função estrutural no grão que encapsula os grânulos de amido. Essa matriz está presente principalmente no endosperma vítreo dos grãos e a quebra da matriz proteica pode melhorar a velocidade e a extensão da digestão do amido, McAllister et al.<sup>34</sup>. A parte mais importante na matriz proteica são as prolaminas, que são proteínas do endosperma que desenvolvem estruturas terciárias que são altamente hidrofóbicas, portanto insolúveis em solventes normais para o ambiente ruminal, Momany<sup>44</sup>.

No milho, as prolaminas compreendem de 50 a 60% do total da proteína e aumentam com o avanço da maturidade do grão de milho encapsulando o amido, Hamaker et al.<sup>45</sup>. Potencialmente, a digestão do amido requer bactérias do rúmen para degradar primeiro as prolaminas, via proteólise antes da atividade amilolítica, Cotta<sup>46</sup>. A proteólise das prolaminas é, portanto um passo limitante na taxa de digestão do amido.

McAllister et al.<sup>34</sup> estudando a influência da matriz proteica sobre a digestão do amido observaram que, o milho tratado com protease *in vitro* teve a digestão de amido dobrada e concluíram que a matriz proteica do milho foi um fator importante na digestão ruminal do amido.

Jurjanz e Monteils<sup>47</sup> observaram menor degradabilidade ruminal efetiva do amido em grãos de milho antes (70,2%) do que depois (92,3%) da ensilagem. Em estudo recente, Hoffman et al.<sup>33</sup> acompanharam o destino da matriz proteica em silagens de grão úmido de milho armazenadas por 240 dias e observaram que a ensilagem reduziu as concentrações de prolaminas.

Portanto, o amido, está entre as principais fontes de energia para os ruminantes, apresenta algumas características que dificultam a sua digestibilidade e por isso torna-se importante o processamento dos grãos para quebrar essas barreiras e aumentar a disponibilidade dos grânulos de amido para os microrganismos e os animais.

## 2.2 Degradabilidade ruminal dos grãos de milho

A maior parte dos carboidratos da dieta dos ruminantes é fermentada no rúmen, originando ácidos graxos voláteis (AGV). Os carboidratos que não são degradados no rúmen passam para o intestino delgado. Nesse caso, se o amido estiver presente nesta fração, será passível de hidrólise pelas enzimas pancreáticas e intestinais, liberando glicose, que será então absorvida. Parte dos carboidratos residuais que chegam ao intestino grosso podem ser fermentadas da mesma maneira como no rúmen, mas a maior parte, contudo, é excretada nas fezes, Van Soest<sup>48</sup>.

A fermentação ruminal, que precede a digestão gástrica nos ruminantes, torna a maior parte dos componentes nutritivos dos alimentos disponíveis para ser utilizada diretamente pelos tecidos dos animais. Dessa forma, os carboidratos estruturais e não estruturais proteínas e outros substratos fermentáveis são convertidos em ácidos graxos voláteis (AGV), gás carbônico, metano, amônia e células microbianas como produtos finais da fermentação, Van Soest<sup>48</sup>.

Os ácidos graxos voláteis são absorvidos através da parede ruminal e representam a maior fonte de energia para o ruminante. Sutton et al.<sup>49</sup> utilizaram vacas leiteiras para avaliar a energia líquida de dietas compostas por normal (60% concentrado: 40% feno) e

baixa forragem (90% concentrado: 10% feno) e verificaram que a energia líquida suprida pelos três principais ácidos graxos voláteis (acetato, propionato e butirato) representaram 55% e 64% da energia digestível das dietas, respectivamente.

A taxa e a extensão da digestão do amido no rúmen dependem da fonte ou tipo de amido e do método e intensidade no processamento Theurer et al.<sup>50</sup>. Em ordem decrescente, a taxa de degradação ruminal do amido é: mandioca > trigo > cevada > aveia > milho e sorgo. Quanto ao processamento físico dos grãos geralmente aumenta a taxa e a extensão de fermentação do amido no rúmen com redução da quantidade de amido disponível para a digestão no intestino delgado, Kozloski<sup>39</sup>.

O pericarpo representa uma barreira física para a colonização microbiana e dificulta a digestão dos componentes nutricionais da maioria dos grãos. Após o seu rompimento através da mastigação ou processamento, a taxa de fermentação dos grânulos de amido é determinada pela concentração e rigidez da matriz proteica (zeína, no milho) e pela presença da parede celular das células do endosperma. Para que essas barreiras sejam superadas pelas bactérias amilolíticas é necessário a ação conjunta das bactérias celulolíticas (quebram a parede celular) e das bactérias proteolíticas (quebram as proteínas) para que assim os grânulos de amido fiquem acessíveis aos microrganismos amilolíticos, McAllister et al.<sup>21</sup>.

A matriz proteica do milho é extremamente resistente a degradação e por isso explica o porquê mais de 40% do amido do milho pode escapar da fermentação ruminal e chegar ao intestino delgado, Orskov<sup>51</sup>.

Essa quantidade de amido que escapa da fermentação ruminal são digeridas no intestino delgado por enzimas pancreáticas, como a  $\alpha$ -amilase, e por enzimas produzidas pela própria mucosa intestinal, como a maltase e isomaltase, semelhante ao que ocorre com os monogástricos, Kozloski<sup>39</sup>. A produção e a secreção da amilase pancreática são dependentes da quantidade de amido que chega ao intestino delgado, podendo aumentar 2,5 vezes quando a quantidade de concentrado da dieta de novilhos aumentar de 20% para 80% Van Hellen et al.<sup>52</sup>.

Já a maltase e isomaltase possuem maior atividade no jejuno e íleo do que no duodeno devido ao pH ótimo estar entre 5,8 e 6,2. E ainda, o amido que escapa da digestão enzimática no intestino delgado pode ser fermentado até ácidos graxos voláteis no intestino grosso pelos microrganismos anaeróbicos, de forma semelhante a fermentação ruminal, ou ser eliminado pelas fezes, Kozloski<sup>39</sup>.

O rúmen é o principal sítio de digestão do amido, em média 78,5% do amido é digerido neste compartimento, segundo Owens et al.<sup>53</sup>, verificaram a degradabilidade ruminal variou de 58,9% para o grão inteiro até 86% para o grão ensilado. A digestibilidade média do amido que escapou da fermentação ruminal no intestino delgado foi de 52,9% ± 18,6%. Essa redução da digestibilidade no intestino delgado é devido a maior disponibilidade do amido para a fermentação ruminal, mas também por fatores específicos relacionados a atividade das enzimas amilase, maltase e isomaltase; da capacidade limitada de absorção da glicose secretada pela digestão do amido; do acesso inadequado das enzimas aos grânulos de amido ou pela proteção física conferida pela matriz proteica aos grânulos.

### **2.3 Efeito do processamento na degradabilidade ruminal**

De maneira geral, os fundamentos do processamento dos grãos são a melhoria da digestibilidade dos alimentos por meio da quebra das barreiras que impedem o acesso enzimático aos componentes nutricionais, conservação, o isolamento das partes específicas, a melhoria da palatabilidade ou detoxificação dos alimentos McAllister et al.<sup>54</sup> e Pond et al.<sup>55</sup>.

Os métodos são classificados em seco (quebra, moagem, laminação e tostagem) e úmidos (floculação, explosão, cozimento sob pressão e ensilagem), Hale<sup>56</sup>.

A união dos dois processos, redução do tamanho de partícula e aplicação de vapor, melhora ainda mais a eficiência da digestão dos grãos processados pelos ruminantes, Theurer<sup>57</sup>.

O aumento da degradação ruminal do amido proporcionada pelo processamento aumenta a disponibilidade de energia rapidamente fermentável no rúmen, podendo aumentar a produção de proteína microbiana e de ácidos graxos voláteis totais Nocek e Tamminga<sup>42</sup>.

Todavia, efeitos adversos decorrentes da maior disponibilidade do amido podem ocorrer como, redução na digestibilidade de carboidratos fibrosos, consumo de forragem e matéria seca e acidose ruminal, Mc Carthy et al.<sup>58</sup>. O processamento a ser utilizado é selecionado com base no aumento de digestibilidade, aceitabilidade pelo animal, custo, e probabilidade de causar disfunções digestivas.

Como dito anteriormente o processamento pode interferir na digestibilidade do amido e no local de digestão depende das condições do processamento como, tamanho de partícula, tempo de fermentação e extensão da gelatinização, Owens e Zinn<sup>59</sup>.

Beauchemin et al.<sup>60</sup> utilizaram três bovinos fistulados no rúmen e esôfago para avaliar grãos de cereais inteiros, partidos ao meio, em quatro partes, e grãos mastigados, sobre a degradabilidade ruminal da matéria seca. Os autores verificaram que os grãos de milhos partidos em quatro partes e os grãos mastigados possuem o comportamento semelhante na curva de degradação ruminal. E para os grãos de milhos mastigados a extensão da digestão aumentou de 16% para 68% por um período de 96 horas de incubação.

Vários trabalhos utilizam como premissa na determinação da degradabilidade ruminal dos alimentos a moagem de grãos ou concentrados com o uso de peneiras de 2 mm. No entanto, quando feita a moagem em moinho tipo “Willey” existem tamanhos de partículas variados desde muito finas ( $\pm 0,6$  mm), médias (entre 2 mm e 0,6 mm) e grossas (maior do que 2 mm). O diâmetro geométrico médio (DGM) trata da determinação da granulometria de ingredientes moídos para uso em rações e permite correlacionar granulometria e digestibilidade dos nutrientes, Zanotto e Bellaver<sup>61</sup>.

Factori et al.<sup>62</sup> utilizaram dois híbridos de textura dura e dentada para avaliar a influência da textura do grão de milho sobre o consumo de energia elétrica e amperagem em dois graus de moagens (865 mm – grossa; 570 mm – fina). Os autores não observaram diferença ( $P>0,05$ ) entre os híbridos para as duas granulometrias avaliadas, no entanto, foi observada a interação do híbrido de textura dura com as granulometrias fina e grossa, sendo observado maior consumo de energia elétrica e amperagem com a granulometria fina.

Desta forma devido à diferenciação do tamanho de partículas e da existência de interação dos híbridos do tipo duro com granulometrias diferentes, ambos podem influenciar na comparação da degradabilidade ruminal de híbridos de milhos com texturas dura e dentada.

## **2.4 Armazenagem de grãos de milho**

Com o aumento da produtividade agrícola, necessariamente deve-se aprimorar as condições de armazenagem. Uma característica dos grãos é a possibilidade de serem armazenados por longo período de tempo, entretanto, o armazenamento prolongado só pode ser realizado quando se incorpora ao manejo dos grãos o monitoramento, o combate aos insetos e a prevenção da ocorrência de fungos, Santos<sup>63</sup>.

O armazenamento de grãos também pode ser definido como um ecossistema e mudanças qualitativas e quantitativas podem ocorrer devido às interações entre os fatores físicos, químicos e biológicos, Sinha<sup>64</sup>. Dessa forma, a importância da armazenagem deve-se ao fato de que, com o armazenamento adequado dos produtos agrícolas, evitam-se perdas e preservam-se suas qualidades, além de suprir as demandas durante a entressafra e de permitir aguardar variações de preços melhores Sauer<sup>65</sup>.

O armazenamento é uma etapa de suma importância na cadeia de produção agrícola, pois tem um grande reflexo no custo e afeta diretamente a qualidade do produto que chega à mesa do consumidor. Um dos grandes problemas enfrentados pelo Brasil, em relação à produção de grãos, é o baixo índice de unidades armazenadoras localizado nas fazendas. Isso gera uma demanda excessiva do setor de transportes elevando o custo do produto final Conab<sup>66</sup>.

O objetivo do armazenamento de grãos é manter as características que os grãos possuem imediatamente após o pré-processamento, tais como a viabilidade de sementes, a qualidade de moagem e as propriedades nutritivas Brooker et al.<sup>67</sup>.

O tipo de armazenamento ideal irá depender da necessidade de armazenar grão ou espiga de milho. Além disso, o nível tecnológico do armazenamento está estabelecido de acordo com o volume a ser armazenado e a disponibilidade de recursos para a construção e aquisição dos equipamentos que constituirão a unidade armazenadora.

Estas unidades armazenadoras para recebimento de grãos a granel devem apresentar estrutura e gerenciamento adequados para atender às etapas de recepção, limpeza, secagem, armazenagem e expedição. Assim, estas unidades armazenadoras devem possuir máquinas de pré-limpeza, máquinas de limpeza, secadores, transportadores de grãos (correias transportadoras, elevadores e transportadores helicoidais ou pneumáticos), moegas, silos intermediários (silos-pulmão e silos para seca-aeração), silos ou graneleiros para armazenagem e setor de expedição Pimentel e Fonseca<sup>68</sup>.

Os tipos de armazenagens podem ser a granel, em silos (metálicos, de alvenaria ou concreto), em armazéns convencionais (sacarias), em armazéns graneleiros e em sistemas de armazenagem temporária, como silo bolsa, Pimentel e Fonseca<sup>68</sup>.

O armazenamento em silos ou em armazéns equipados com eficientes sistemas de termometria, aeração e outros recursos para manutenção de qualidade dos grãos, são as formas mais empregadas por cooperativas, indústrias, serviços de armazenagem e grandes



produtores. Estas unidades armazenadoras representam 84,76% dos números de estabelecimentos IBGE<sup>69</sup>.

Já os pequenos produtores, utilizam formas mais simples para o armazenamento como em espiga, na palha, e o convencional, em sacaria Pimentel e Fonseca<sup>68</sup>.

O armazenamento em espigas é um dos métodos mais empregado em pequenas propriedades, com baixo investimento tecnológico, requerendo atenção durante o período de armazenamento, devido às maiores perdas inerentes ao sistema. As estruturas para o armazenamento do milho em espigas se caracterizam pelo baixo custo, com aproveitamento de materiais da propriedade, mantendo a durabilidade e proporcionando ambiente mais arejado Santos<sup>70</sup>.

Em armazéns convencionais, armazenamento em sacaria, o milho deve estar com umidade entre 13 e 14%, a sacaria deve ser mantida sobre estrados suspenso do piso, e mantida distante das paredes para facilitar a circulação, inspeção e a movimentação da carga, Santos<sup>70</sup>.

As instalações devem possuir boa ventilação e o piso deve ser impermeabilizado e estar 30 cm acima do nível do solo. O expurgo periódico dos lotes deve ser realizado sempre que se identificar alta incidência de traça e de caruncho. A garantia deste tipo de armazenamento depende de cuidados como: limpeza dos grãos antes de ensacá-los, umidade adequada do grão, limpeza do armazém, eliminação e inspeções periódicas de focos de ratos e de insetos, uso de sacaria limpa e empilhamento adequado, Santos<sup>71</sup>.

O armazenamento em sacaria requer maior mão de obra e maiores espaços do que os silos. Porém, a detecção de poucos sacos contaminados, impede a inviabilização de lotes inteiros, pela facilidade de remoção e de inspeção Santos<sup>71</sup>.

Quanto ao número de estabelecimentos, as armazenagens convencionais vem reduzindo ao longo dos anos como mostram os dados de julho de 2007 com total de 6.273 unidades e julho de 2013 com total de 5.572 unidades armazenadoras. Por outro lado, as unidades armazenadoras na forma de silos cresceram de 3.801 em julho de 2007 para 4.958 em julho de 2013, IBGE<sup>69</sup>.

Estes números têm mostrado crescentes investimentos em unidades armazenadoras na própria propriedade rural. Esses são encarados como uma estratégia de negócios, pois as mesmas viabilizam a autonomia e o controle do empreendedor rural sob a sua produção de grãos. Garante autonomia aumentando as possibilidades de negociação.

A ampliação da armazenagem nas fazendas significa alteração em toda a logística de escoamento de grãos do País podendo garantir qualidade do produto e favorecer a circulação mais racional dos grãos não sendo necessário escoar toda a safra de uma só vez e o produtor não fica refém dos fretes exorbitantes e nas filas das estradas e dos portos que ocasiona perda de qualidade dos produtos.

#### **2.4.1 Fatores que interferem no armazenamento de grãos**

Os grãos, apesar das características de resistência e rusticidade próprias de cada espécie, estão sujeitos aos ataques de insetos, ácaros, microrganismos, roedores, pássaros e outros animais; às danificações mecânicas, às alterações bioquímicas e às químicas não enzimáticas, desde antes do armazenamento, Santos<sup>71</sup>.

Esse conjunto de fatores indesejáveis provoca perdas quantitativas e qualitativas, pelo consumo de reservas e por modificações na composição química dos grãos, redução do valor nutritivo e desenvolvimento de substâncias tóxicas, com diminuição do valor comercial. Por consequência, acaba comprometendo a utilização do produto para o consumo e, mesmo, para industrialização, caso não forem adotadas técnicas adequadas e métodos eficientes de conservação, Pimentel e Fonseca<sup>68</sup>.

Os tipos de manutenção a aplicar, sua periodicidade e sua intensidade ficam na dependência de resultados observados durante o período de armazenamento e das medidas de controle de qualidade obtidas em testes. Dentre outros, devem ser considerados parâmetros como variação de umidade relativa e temperatura do ar, umidade e temperatura dos grãos, desenvolvimento de microrganismos, presença de insetos, ácaros, roedores e outros animais, incidência de defeitos e variação de acidez do óleo, Santos<sup>70</sup>.

A qualidade dos grãos durante o armazenamento deve ser preservada ao máximo, em vista da ocorrência de alterações químicas, bioquímicas, físicas, microbiológicas e da ação de seres não microbianos a que estão sujeitos. A velocidade e a intensidade desses processos dependem da qualidade intrínseca dos grãos, do sistema de armazenagem utilizado e dos fatores ambientais durante a estocagem Pimentel e Fonseca<sup>68</sup>.

As alterações que ocorrem durante o armazenamento são refletidas em perdas quantitativas e qualitativas. As quantitativas são as mais facilmente observáveis, refletem o metabolismo dos grãos e organismos associados, resultando na redução do conteúdo da

matéria seca dos grãos. Já as qualitativas são devidas, sobretudo, às reações químicas e enzimáticas, à presença de materiais estranhos, impurezas e ao ataque microbiano, resultando em perdas de valor nutricional, germinativo e comercial, com a possibilidade da formação de substâncias tóxicas no produto armazenado, se o processo não for adequadamente conduzido, D'Arce<sup>72</sup>.

Alguns fatores como o teor de umidade, presença de grãos danificados por fungos (grãos embolorados, mofados, com germens danificados, descoloridos, aquecidos, fermentados ou ardidos), grãos quebrados, matérias estranhas, impurezas, presença de micotoxinas, teores de óleo e níveis de proteína podem informar com certa precisão a qualidade de um lote de grãos Lazzari<sup>73</sup>.

A composição química dos grãos como o alto conteúdo em carboidratos, principalmente o amido, e de outros componentes como proteínas e ácidos graxos, fazem do milho um importante produto comercial, que em condições inadequadas de armazenamento, pode sofrer perdas no valor quantitativo e qualitativo devido principalmente ao ataque de pragas e fungos desde o campo até a época de consumo, Lopes et al.<sup>74</sup>.

Os principais insetos que infestam os grãos de milho armazenados são o gorgulho (*Sitophilus zeamais*) e a traça dos cereais (*Sitotroga cerealella*) Carvalho<sup>75</sup>. Lopes et al.<sup>74</sup>, trabalhando com os níveis de 5, 20, 30, 40 e 50% de infestação dos grãos por *Sitophilus zeamais*, verificaram perda de peso dos grãos da ordem de 0, 5, 8, 10 e 13%, e também da energia bruta com o aumento dos níveis de infestação.

Os principais fungos capazes de invadir e danificar sementes, grãos, fibras naturais e seus subprodutos são divididos em classes como fungos de campo, intermediários e de armazenamento, Lazzari<sup>73</sup>.

#### **2.4.1.1 Secagem dos grãos**

A secagem é a forma mais usada na conservação de grãos e pode ser efetuada antes ou após a colheita. No entanto, a dependência das condições climáticas, as perdas por tombamento e/ou deiscência, os ataques de insetos, pássaros, roedores e outros animais, a contaminação por microrganismos e o maior tempo de ocupação das lavouras têm sido os fatores mais limitantes na utilização da secagem previamente à colheita, com os grãos ainda na planta-mãe Pimentel e Fonseca<sup>68</sup>.

Por outro lado, a necessidade de estrutura adequada, os custos daí decorrentes e a exigência da adoção de tecnologias compatíveis restringem a utilização da secagem posteriormente à colheita, apesar de sua maior eficiência Sartori<sup>76</sup>.

Os avanços da pesquisa em tecnologia de pós-colheita, a secagem ainda é praticamente o único método utilizado para a conservação de grãos no Brasil. Esse fato, associado às deficiências na armazenagem em nível de propriedade, em locais afastados das principais regiões produtoras, determina os estrangulamentos na cadeia produtiva, causando grandes perdas à economia do país, Sartori<sup>76</sup>.

Os pequenos produtores não utilizam a secagem artificial, ou ainda poucos a utilizam, por falta de recursos, de conhecimentos e/ou de tecnologias compatíveis com a sua condição. Já os produtores com maiores recursos financeiros e tecnológicos encontram no curto período das safras agrícolas a necessidade de fazerem grandes investimentos nas estruturas de secagem, armazenagem e transporte, o que resulta em grande ociosidade do capital investido, uma característica marcante da atividade Brooker et al.<sup>67</sup>.

A preservação dos grãos, a liberação do solo para outros cultivos, a diminuição das perdas do produto e a dispensa da secagem forçada, dentre outros, são aspectos vantajosos na conservação de grãos com umidade de colheita, sem secagem, pois essa técnica permite melhorar a utilização da estrutura armazenadora disponível na propriedade e a alimentação de animais na entressafra, com um produto de qualidade Pimentel e Fonseca<sup>68</sup>.

Alves et al.<sup>77</sup> avaliaram a qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita (25%, 22%, 16,5% e 15%) e da temperatura de secagem (40°C, 60°C, 80°C e 100°C) e obtiveram os melhores resultados para os grãos colhidos com conteúdo de umidade de 15 a 16,5% e temperatura do ar de secagem entre 40 e 60 °C.

#### **2.4.1.2 Temperatura e umidade relativa do ar**

Num sistema ideal de armazenagem o grão e os microrganismos estão normalmente em estado de dormência. Uma variação anormal dos níveis de temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa, gás carbônico e oxigênio podem criar condições favoráveis ao desenvolvimento e à multiplicação de insetos, fungos, ácaros entre outros, D'Arce<sup>72</sup>.

A temperatura é um dos principais fatores físicos responsável pela deterioração dos grãos ao longo do armazenamento, pois o aumento da sua temperatura acelera o metabolismo das sementes e conseqüentemente provoca perdas da qualidade Santos<sup>71</sup>.

Devido ao aquecimento do grão, produzido pelo calor despreendido na respiração do próprio grão e de microrganismos associados - quanto maior a umidade, maior o risco de deterioração - que utilizam nutrientes presentes no grão para o seu crescimento e reprodução, D'Arce<sup>72</sup>.

Fatores como o teor de água dos grãos, índice de danos mecânicos, temperatura dos grãos e do ambiente de armazenamento e a composição da atmosfera, sobretudo a disponibilidade de O<sub>2</sub>, influenciam a atividade respiratória dos grãos e conseqüente a perda de matéria seca, Dillahunty et al.<sup>78</sup>.

A umidade relativa do ar, diretamente relacionada como conteúdo de umidade das sementes, e a temperatura no ambiente de armazenamento são os fatores ambientais que mais afetam a manutenção da qualidade durante o armazenamento, Bilia et al.<sup>79</sup>.

De uma maneira geral, as elevações de temperatura e de umidade relativa do ar correspondem a elevações das perdas qualitativas no produto armazenado. Estas perdas, relacionadas diretamente com as decorrências metabólicas que as alterações no ambiente podem promover, têm, ainda, ligações com os estímulos proporcionados à atividade de bactérias, fungos e insetos associados às sementes, Bosser<sup>80</sup>.

#### **2.4.2 Condutividade elétrica**

A medição da condutividade elétrica da solução contendo os grãos de milho tem como finalidade avaliar a permeabilidade da membrana à medida que o grão se deteriora. Baseia-se na modificação da resistência elétrica causada pela lixiviação de eletrólitos dos tecidos dos grãos para a solução em que este é imerso Vieira e Carvalho<sup>81</sup>.

As membranas celulares são constituídas por camada dupla de lipídios e essa camada lipídica atua como barreira à difusão de material, em geral, para o interior e exterior celular, Marcos Filho<sup>82</sup>.

Ao passar pelo processo de secagem, as membranas se desorganizam, em maior grau, com a diminuição da umidade. E em seguida, caso as sementes secas voltem a ter

contato com água, ocorre lixiviação de eletrólitos do interior das células para o meio. Sendo a deterioração das camadas lipídicas um dos primeiros sinais de perda de qualidade nos grãos.

A lixiviação compreende a perda de compostos orgânicos, tais como açúcares, ácidos graxos, aminoácidos, ácidos orgânicos e íons metálicos Marcos Filho<sup>82</sup>. Estes solutos, com propriedades eletrolíticas, apresentam carga elétrica podendo então, ser detectado por aparelhos próprios (condutivímetros), constituindo estes, importante método para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, Dias e Barros<sup>83</sup>.

Faroni et al.<sup>84</sup> avaliaram a qualidade dos grãos de milho armazenados por até 180 dias e em diferentes temperaturas (20°C, 25°C, 30°C, 35°C e 40°C) utilizando medidas como a condutividade elétrica e a massa específica aparente. Os autores observaram que, quanto maior a temperatura e o período de armazenamento, maior a condutividade elétrica da solução que continha os grãos, indicando maior deterioração da membrana celular desses grãos, devido à maior lixiviação de eletrólitos do interior das células para o meio, gerando maiores valores de condutividade elétrica.

Coimbra et al.<sup>85</sup> compararam alguns testes de vigor de sementes utilizados para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de milho-doce, dentre eles a condutividade elétrica, e constataram que esse é um teste rápido e eficaz para medir o vigor das sementes.

### 3. REFERÊNCIAS

- 1 FAOSTAT. 2014. <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>. (Acesso em: 06 Março 2014).
- 2 ABIMILHO. Associação Brasileira das Indústrias do Milho. <<http://www.abimilho.com.br/estatistica4.htm>>. (Acesso em: 10 Agosto 2010).
- 3 Cruz JC, Pereira Filho IA, Garcia JC, Duarte JO. 2009. Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2009/10, 2009. Embrapa Milho e Sorgo [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_7\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/cultivares.htm) (Acesso em: 04 Maio 2010).
- 4 Pereira, MN, Pinho RGV, Bruno RGS, Caestine AC. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. *Sci Agri*. 2004; 61(4): 358-363.
- 5 Correa CES, Shaver RD, Pereira MN, Laure JG, Kohn K. Relationship Between Corn Vitreousness and Ruminant In Situ Starch Degradability. *J. Dairy Sci.* 2002; 85(1):3008–3012.
- 6 Magalhães PC, Durães, FOM. *Fisiologia da Produção de Milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; 2006. 10 p.
- 7 Aldrich SR, Scott WO, Leng ER. *Modern corn production*. 2.ed. Champaign: A & L Publication, 1982. 371 p.
- 8 Paterniani E, Viégas G P. *Melhoramento e produção de milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 795p.
- 9 Gomes MS, Pinho RGV, Ramalho MAP, Ferreira DV, Brito AH. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. *Pesq Agrop Bras.* 2004; 39(9):879-885.
- 10 Carvalho NM, Nakagawa J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- 11 Evers AD, Blakeney AB, O'Brien LO. Cereal structure and composition. *Austr J Agri Res.* 1999; 50(1):629-650.
- 12 Van Barneveld SL. Chemical and physical characteristics of related to variability in energy and amino acid availability in ruminal: a review. *Aust J of Agri Res.* 1999; 50: 651-666.
- 13 Encyclopaedia Britannica. *Ultimate reference suite*. São Paulo, 1 CD-ROM. 2006.
- 14 Paes MCD. *Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho*. Sete Lagoas:

- Embrapa, 2006.66p.
- 15 Watson SA. Structure and composition. In: Watson SA, Ramstad PE. Corn: chemistry and technology. St.Paul: American Association. Cereal Chemistry, 1987. p.53-82.
  - 16 Brasil. Instrução Normativa nº 60 de 22 de dez. de 2011. Estabelecer o Regulamento Técnico do Milho na forma da presente. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília (23 de dez. 2011); Sec. 1: 3-5.
  - 17 Martinez GM, Figueroa-Cardenas JD, Reyes-Vegas ML, Rincon-Sanchez F. Microstructure of Starch Granule Related To Kernel Hardness in corn. Rev. Fito Mex, 2006; 29(2):135 – 139.
  - 18 Kotarski SF, Waniska RD, Thurn KK. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. J of Nutr[on line].1992;122(1):178-190 [acesso em 01 mar 2013]. Disponível em: <http://jn.nutrition.org/content/122/1/178.long>
  - 19 Kent N L. Technology of Cereals. 3 ed., Oxford: Pergamon Press, 1983. 334p.
  - 20 Zinn RA, Owens FN, Ware RA. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. J of Ani Sci, 2002; 80(5):1145-1156.
  - 21 McAllister TA, Hristov AN, Beauchemin KA. Enzymes in ruminant diets. In: Bedford MR, Partridge GG. Enzymes in farm animal nutrition. Oxon: Cab International, 2001. Cap. 11, p.273-298.
  - 22 Choct M, Bird SH, Littlefield R, Balogun R, Rowe JB. Microstructure of grains as an indicator of nutritive value. An Nutr in Aust[on line] 2001; 13(1):223-228. Disponível em: [http://prijipati.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/2620/1/Choct\\_M\\_etal\\_2001b.pdf](http://prijipati.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/2620/1/Choct_M_etal_2001b.pdf)  
ISSN: 0103-8478
  - 23 Philippeau C, Monredon FLD, Doreau,M. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. J of Anim Sci[on line], 1999; 77(1):238-243 [acesso em 03 jan 2010]. Disponível em: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/77/1/238?search-result=1>
  - 24 Cruz JC, Pereira Filho IA, Queiroz LR. Quatrocentos e sessenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes no Brasil para a safra 2013/2014. Disponível em:



- <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_8\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/cultivares.htm)>. Acesso em: 04 janeiro 2014.
- 25 Gibbon BC, Larkins B. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. *Tren in gen* 2005; 29(4):227-233.
- 26 Forato LA. Estudo das estruturas das Zeínas por RMN, FTIR e MFA.[Tese]. São Carlos: Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos; 2000.
- 27 Pratt RC, Paulis JW, Miller K, Nelsen T, Bietz JA. Association of zein classes with maize kernel hardness. *Cereal Chem* [on line], 1995; 72(2): 162-167[acesso em 02 jun 2010].Disponível em: [http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72\\_162.pdf](http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72_162.pdf)
- 28 Chandrashekar A, Mazhar H. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. *J of Cereal Sci*, 1999; 30(1): 193-207. DOI: 10.1006/jcrs.1999.0264
- 29 Fox G, Manley M. Hardness methods for testing maize kernels. *J Agri Food Chem*, 2009; 57(13):5647-5657.
- 30 Philippeau C, Michalet-Doreau B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Anim Feed Sci Tech*,1997; 68(1):25–35.
- 31 Corona L, Owens FN, Zinn RA. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. *J of Anim Sci*, 2006[on line]; 84(1):3020-3031. doi:10.2527/jas.2005-603
- 32 Philippeau C, Landry L, Michalet-Doreau B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. *J of the Sci of food and Agri* [on line], 2000; 80(3):404-408[acesso em 10 out 2010]. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0010%28200002%2980:3%3C404::AID-JSFA541%3E3.0.CO;2-Z/epdf>. DOI: 10.1002/1097-0010(200002)80:3<404::AID-JSFA541>3.0.CO;2-Z
- 33 Hoffman PC, Esser NM, Shaver RD, Coblenz WK, Scott AL, Schmidt RJ and Charley RC. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high moisture corn. *J of Dairy Sci*, 2011; 94(5):2465-2474. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1865&context=usdaarsfacpub>. doi:10.3168/jds.2010-3562

- 34 McALLISTER, T. A.; PHILLIPE, R. C.; RODE, L. M.; CHENG, K. J. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. *J of Anim Sci* [on line], 1993,71(1):205-212[acesso em 21 out 2010]. Disponível em: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/71/1/205?search-result=1>. doi:/1993.711205x
- 35 French D. Chemical and physical properties of starch. *J of Anim Sci*, 1973; 37(4):1048-1061. doi:10.2134/jas1973.3741048x
- 36 Lehninger AL. *Princípio de Bioquímica*. 4ª ed. São Paulo: Savier, 1998. p.105.
- 37 Tester RF, Karkalas J, Qi X. Starch-composition, fine structure and architecture. *Cereal Chem*, 2004; 39(1):151-165.
- 38 Svihus B, Uhlen AK, Harstad OM. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim Feed Sci and Tech*, 2005; 122(1):303-320[acesso em 2 out 2010]. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840105000921>  
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.025>
- 39 Kozloski GV. *Bioquímica dos Ruminantes*. Santa Maria: UFSM, 3ed., 2011. 214p.
- 40 Grant RJ. Optimizing starch concentrations in dairy rations. In: *W.H. Mineragricultural Research Institute Annual Tri-state Dairy Nutrition Conference*, 2005, Fort Wayne. Proceedings... Fort Wayne, 2005, p.73-79.
- 41 Gonçalves LC, Borges I, Ferreira PDS. *Alimentos para gado de leite*. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p.
- 42 Nocek JE, Tamminga S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J of Dairy Sci* [on line] 1991; 74 (1):3598 [acesso em 2 out 2010]. Disponível em: <http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302%2891%2978552-4/pdf>  
DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78552-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78552-4)
- 43 Mello Júnior, C. A. Processamento dos grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In: *SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS*, 4, 1991, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba, FEALQ, 1991. p.263-283.
- 44 Momany FA, Sessa DJ, Lawton JW, Selling GW, Hamaker SAH and Willet JL. Structural characterization of alpha-zein. *J of Agri and Food Chem* [acesso em 23 out 2010], 2006; 54 (1): 543-547. Disponível em:

- [http://www.researchgate.net/publication/7355762\\_Structural\\_Characterization\\_of\\_-Zein](http://www.researchgate.net/publication/7355762_Structural_Characterization_of_-Zein)
- 45 Hamaker BR, Mohamed AA, Habben JE, Huang CP and Larkins BA. Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamins contents than the conventional method. *Cereal Chem, Madison* [on line] 1995; 72(6):583-588 [acesso em 20 nov 2011]. Disponível em: [http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72\\_583.pdf](http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72_583.pdf)
- 46 Cotta, M. Amylolytic of Selected Species of Ruminant Bacteria. *Appl and Envir Micr*, 1988; 54 (3):772-776.
- 47 Jurjanz S, Monteils V. Ruminant degradability of corn forages depending on the processing method employed. *Anim Res* [on line], 2005; 3 (1): 15-23 [acesso em 01 julh 2010]. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00890010/document>. DOI: 10.1051/animres:2004041
- 48 Van Soest PJ. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- 49 Sutton JD, Dhanoa MS, Morant SV, France J, Napper DJ and Schuller E. Rates of Production of Acetate, Propionate, and Butyrate in the Rumen of Lactating Dairy Cows Given Normal and Low-Roughage Diets. *J of Dairy Sci* [on line] 2003; 86 (1):3620-3633 [acesso em 8 mar 2010]. Disponível em: <http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302%2803%2973968-X/pdf>
- 50 Theurer CB, Huber JT, Delgado-Elorduy A and Wanderley R. Invited review: Summary of steam flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *J of Dairy Sci* [on line], 1999; 82 (1):1950-1959 [acesso em 2 out 2010]. Disponível em: <http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302%2899%2975431-7/pdf>
- 51 Orskov ER. Starch digestion and utilization in ruminants. *J of Anim Sci*, 1986; 63 (5):1624-1633.
- 52 Van Hellen RW. Bovine amylase, insulin and glucose response to high and low concentrate diets. *J of Anim Sci*, 1978; 47 (1):445.
- 53 Owens FN, Zinn RA, Kim YK. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J of Anim Sci* [on line], 1986; 63 (1):1634-1648 [acesso em 01 abr 2010]. Disponível em: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/63/5/JAN063005163>

- [4?search-result=1](#). doi:10.2134/jas1986.6351634x
- 54 McAllister TA, Rode LM, Major DJ, Cheng J and Buchanan-Smith JG. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *J of Anim Sci*[on line], 1990; 70 (1):571-579[acesso em 1 mar 2010]. Disponível em: <http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/cjas90-069>. Doi: 10.4141/cjas90-069
- 55 Pond WG, Church DC, Pond KR. *Basic Animal Nutrition and Feeding*. 4<sup>a</sup> ed. New York: John Willey and Sons, 1995, p. 353-364.
- 56 Hale WH. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *J of Anim Sci* [on line], 1973; 37 (1):1075-1080[acesso em 11 mar 2010]. doi:10.2134/jas1973.3741075x
- 57 Theurer, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J of Anim Sci*, [on line] 1986; 63 (4):1649-1662 [acesso em 3 fev 2010]. Disponível em: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/63/5/JAN0630051649?search-result=1>. doi:10.2134/jas1973.3741075x
- 58 McCarthy RD, Klusmeyer JL, Vicini JH. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J of Dairy Sci* [on line], 1989; 72(8):2002-2016 [acesso em 3 fev 2010] Disponível em: <http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302%2889%2979324-3/pdf>
- 59 Owens FN, Zinn RA. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: *Southwest Nutrition Conference 2005, Nebraska. Proceedings...* Nebraska, p. 86-112, 2005.
- 60 Beauchemin KA, McAllister TA, Dong Y, Farr BI and Cheng KJ. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *J of Anim Sci*, 1994; 72 (1):236-246 [acesso em 01 abr 2011]. Disponível em: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/72/1/236?search-result=1>. doi:/1994.721236x
- 61 Zanotto DL, Bellaver C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. Concordia: Embrapa Suíno e Aves. 1996. p. 1-5.
- 62 Factori MA, Costa C, Biaggioni MAM, Saleh MAD. Avaliação do consumo de energia elétrica em duas granulometrias de moagem de grãos de milho de textura dentada e dura. *Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa*, 65(2): 83-88, abr./jun.

- 2008.
- 63 Santos JP. Métodos Preventivos de Controle de Pragas de Grãos Armazenados. In: Lorini I, Miike LH, Scussel VM. Armazenagem de Grãos. 1. ed. Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2002. p. 399-441.
- 64 Sinha RN. Interrelations of physical, chemical and biological variables in the deterioration of stored grains. In: Sinha RN, Muir WE. Grain storage: part of system. Westport, 1973. p. 15-47.
- 65 Sauer DB. Storage of cereal grains and their products. 4. ed. St. Paul, MN: AACC, 1992. 615p.
- 66 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_07\\_09\\_09\\_04\\_53\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_graos_junho_2013.pdf). Acesso em: 10 ago. 2013.
- 67 Brooker DB, Bakker-Arkema FW, Hall CW. Drying and storage of grains and oilseeds. Westport: AVI, 1992. 450p.
- 68 Pimentel MAG, Fonseca MJO. Cultivo do milho: Secagem e Armazenamento, Embrapa Milho e Sorgo, 2012. ISSN 1679-012X. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_7\\_ed/colsecagem.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/colsecagem.htm)
- 69 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 05 jan. 2014.
- 70 Santos JP. Embrapa milho e sorgo. Sistemas de Produção: Cultivo do sorgo, ISSN 1679-012X. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/roteiro pedagogico/recursometod/8284\\_Embrapa\\_Milho\\_e\\_Sorgo.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/roteiro pedagogico/recursometod/8284_Embrapa_Milho_e_Sorgo.pdf)
- 71 Santos JP. Armazenagem de milho a granel na fazenda. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 6 p. ISSN 1518-4269
- 72 D'Arce MA. Pós-colheita e Armazenamento de Grãos. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/Armazenamentodegraos.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2014.
- 73 Lazzari FA. Umidade, Fungos e Micotoxinas na Qualidade de Sementes, Grãos e Rações. Curitiba: edição do autor, 1993. 140p.
- 74 Lopes DC, Fontes RA, Donzele JL, Alvarenga JC. Perda de peso e mudanças na composição química do milho (*Zea mays*, L.) devido ao carunchamento. R Bras

- Zoo,1988; 17(4):367-371.
- 75 Carvalho AOR. Pragas e seu controle: O Milho no Paraná. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1982.p.141.
- 76 Sartori JA. Qualidade dos grãos de milho após o processo de secagem [Tese]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola; 2001.
- 77 Alves WM, Faroni LRD, Queiroz DM, Corrêa PC, Galvão JCC. Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. R Bras Eng Agr e Amb [on line], 2001; 5(3):469-474 [acesso em 5 fev 2010]; Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662001000300017>
- 78 Dillahunty AL, Siebenmorgen TJ, Buescher RW, Smith DE and Mauromoustakos A. Effect of moisture content and temperature on respiration rate of rice. Cereal Chem, Madison [on line], 2000; 77(05):541-543 [acesso em 4 mar 2010]; Disponível em: <http://www.uark.edu/ua/uarpp/Publications/Storage/Dillahunty%20et%20al%202000%20Cereal%20Chem.pdf>
- 79 Biblia DAC, Fancelli AL, Marcos Filho J, Machado JA. Comportamento de sementes de milho híbrido durante o armazenamento sob condições variáveis de temperatura e umidade relativa do ar. Sci Agric [on line], 1994; 51(1): 153-157 [acesso em 4 fev 2010]; Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161994000100022>.
- 80 Bosser F. Conservação dos cereais e outros produtos granulados por meio de resfriamento. Curitiba: Companhia Paranaense de Silos e Armazéns, 1982.
- 81 Vieira RD and Carvalho NM. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP; UNESP; 1994.132p.
- 82 Marcos Filho J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.
- 83 Dias MCL, Barros ASR. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de milho. In: Krzyanowski FC, Vieira RD, França Neto JB editores. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES; 1999.218p.
- 84 Faroni LRA. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. Eng na Agric 2005; 13 (03): 193-201.
- 85 Coimbra RA, Martins CC, Tomaz CA, Nakagawa J. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes. Ciência Rural [on line], 2009;

39(9) [acesso em 10 fev 2010]. ISSN 0103-8478

**CAPITULO II - COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS DOS HÍBRIDOS DE MILHOS COM DIFERENTES TIPOS DE TEXTURA  
ARMAZENADOS POR ATÉ 240 DIAS**

**RESUMO**

Neste experimento foi avaliado a dinâmica da composição bromatológica e das características físicas dos híbridos de milhos com texturas dura, semidura, semidentada e dentada armazenados por até 240 dias. Os híbridos de milhos foram cultivados e armazenados em sacos tipo ráfia por período de até 240 dias. Foram determinadas matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, cinzas, extrato etéreo, carboidratos não-fibrosos e amido. Para as características físicas foram analisadas a densidade e condutividade elétrica dos híbridos armazenados. O delineamento adotado foi o bloco ao acaso em esquema de parcelas subdivididas sendo que as parcelas correspondiam aos quatro híbridos (duro, semiduro, semidentado e dentado) e as subparcelas aos tempos de armazenamento (0, 60, 120, 180 e 240 dias). Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) para as variáveis analisadas. Portanto, para condições adequadas de armazenamento pode-se utilizar os híbridos de milho AS1590, AS3421YG, DKB330 e SHS4070 sem alteração nas quantidades de nutrientes e nas características físicas por período de armazenamento de até 240 dias.

Palavras-chave: alimentação, bovinos, cereais, estoque, grãos



## CHAPTER II – CHEMICAL COMPOSITION AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF HYBRID CORNS TEXTURE WITH DIFFERENT TYPES OF STORED FOR UP TO 240 DAYS

### ABSTRACT

In this experiment evaluated the dynamics of chemical composition and physical characteristics of hybrid maize with hard textures, semi-hard, and semidentada toothed stored for up to 240 days. The corn hybrids were grown and stored in bags raffia type a period up to 240 days. Were determined dry matter, organic matter, crude protein, ash, lipids, non-fibrous carbohydrates and starch. To the physical characteristics were reviewed density and electrical conductivity of the hybrid storage. The design was a randomized block design with split plots and plots that corresponded to the four hybrids (hard, medium-hard, those semi-toothed) and subplots to storage times (0, 60, 120, 180 and 240 days). There was no statistical difference ( $P > 0.05$ ) for any variable. Therefore, for proper storage conditions can be used hybrid corn AS1590, AS3421YG, DKB330 SHS4070 and no change in the amounts of nutrients per storage period of 240 days.

Keywords: food, cattle, grain, stock, grain

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos principais cereais mais cultivados no mundo. Segundo a FAO<sup>1</sup> foram produzidas 872,06 milhões de toneladas na safra de 2012/2013 em 177,37 milhões de hectares. O Brasil ocupa a 3ª posição mundial com produção de 79,07 milhões de toneladas da safra 2012/2013, FAO<sup>1</sup>.

O milho é utilizado como matéria prima para elaboração de muitos produtos, como etanol, óleo, farinha, amido, margarina, xarope de glicose e flocos para cereais matinais, mas é na indústria de ração animal que absorve a maior parte dos grãos produzidos no Brasil.

Estima-se que o consumo de milho destinado como componente de rações para os animais seja responsável por 75% do total da produção, e o restante para consumo humano e aplicações nos processos industriais, ABIMILHO<sup>2</sup>. O seu alto nível de inclusão nas dietas tem como principal função atender as exigências de energia pelos animais.

Apesar da produção elevada no Brasil à demanda interna para a cadeia produtiva da agropecuária também é alta. Desse modo, qualquer mudança no cenário internacional pode interferir no preço do produto interno. Assim, o armazenamento dos grãos torna-se uma medida necessária para amenizar os efeitos provocados nos custos de produção das rações.

O armazenamento traz benefícios quando são tomadas medidas que amenizem a deterioração dos grãos durante a armazenagem. Que vão desde antes da colheita, passando pelo transporte, o processamento até a sua utilização na alimentação dos animais.

Os valores nutritivos dos grãos de milhos dependem de diversos fatores como genética, nível de produção, composição bromatológica, textura dos grãos entre outros.

Portanto, esta resistência ou dureza dos grãos no armazenamento que o mercado brasileiro tem utilizado mais os grãos com características para textura do tipo duro. A dureza descreve a resistência do grão às deformações externas, quebra mecânica durante a colheita e o armazenamento. Os grãos mais duros apresentam a característica de boa armazenagem e qualidade de germinação, Cruz et al.<sup>3</sup>. Por esse motivo, no Brasil, a indústria de grãos tem optado por híbridos de textura dura, em que a alta vitreosidade de endosperma é predominante, Pereira et al.<sup>4</sup>.

A vitreosidade refere-se à quantidade de endosperma vítreo sobre o endosperma total. O endosperma vítreo está relacionado a dureza do grão e tem alta correlação negativa

com a degradação ruminal do amido. Ou seja, quanto mais vítreo for o grão menor é a degradabilidade do amido no rúmen, Correa et al.<sup>5</sup>.

Desse amido com baixa degradabilidade ruminal parte será convertido em glicose no intestino delgado e aproveitado como energia pelas vísceras e o restante aproveitado no intestino grosso ou eliminado com as fezes.

O objetivo desse estudo foi verificar o efeito do tempo de armazenamento de diferentes tipos de híbridos com textura do tipo duro, semiduro, semidentado e dentado, sobre as características físicas e a composição bromatológica dos grãos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos em duas fases experimentais:

- Primeira fase 1: foi realizado o plantio, colheita e armazenamento dos grãos e a avaliação da dinâmica da composição bromatológica em diferentes períodos de armazenamentos
- Segunda fase: avaliação das características físicas dos grãos durante o período de 240 dias de armazenagem

### 2.1 Primeira fase experimental

#### 2.1.3 Escolha dos híbridos de milho

Os híbridos foram selecionados baseados nos quatro tipos de textura, através da tabela de Cruz et al.<sup>6</sup> e consulta com empresas que comercializam sementes de milhos na região de Morrinhos-Goiás (Quadro 1).

Os híbridos de milho foram cultivados na Fazenda Escola do IF Goiano – campus Morrinhos e depois armazenado no Laboratório de rações animais, do mesmo instituto, com o objetivo de garantir que os híbridos utilizados não fossem misturados ou possuíssem a textura dos grãos desejada para avaliação.

Quadro 1 Características dos híbridos de acordo com as especificações das empresas comerciais

- Híbrido	Textura <sup>1</sup>	Cor	Ciclo	Híbrido
AS 1590	Duro	Alaranjado	superprecoce	triplo
AS 3421YG	Semiduro	Amarelo/alaranjado	precoce	triplo
DKB330	Semidentado	Amarelo/alaranjado	superprecoce	simples
SHS 4070	Dentado	Amarelo	normal	duplo

Fonte: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/>

#### 2.1.4 Localização, plantio e armazenamento

O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2011 a fevereiro de 2013 no Instituto Federal Goiano (IF Goiano) – campus Morrinhos, localizado na latitude S 17° 43'55'' e longitude de W 49° 06'03'' e uma altitude de 771 m, no município de Morrinhos. Segundo a classificação de Köepen, o clima da região é do tipo Aw (quente e semiúmido, com estação seca bem definida dos meses de maio a setembro). A temperatura média anual é de 20 °C, com média mínima anual de 18 °C. A precipitação média anual da região é de 1.380 mm, BRASIL<sup>7</sup>.

Antes do preparo do solo foi aplicado calcário na quantidade de 0,45 t de calcário/ha, tipo Filler (PRNT = 130%) a lanco e incorporado com as grades aradora e niveladora, com o objetivo de obter uma distribuição mais uniforme e profunda. Já a adubação de semeadura foi feita manualmente nas linhas utilizando a formulação 8-28-16 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) na dose de 500 kg/ha. O plantio dos híbridos foi realizado no dia 08/12/2011 e duas semanas depois foi feito o raleio permitindo densidade de 50.000 plantas por hectare.

A adubação de cobertura foi realizada em duas aplicações, sendo a primeira dia 09/01/2012 quando a planta atingiu o estágio vegetativo V3 ou com três folhas completamente desenvolvidas, na quantidade de 80 kg de uréia por hectare e a segunda aplicação quando a planta estava em estado vegetativo V6 para V8 ou seis folhas desenvolvidas na quantidade de 120 kg de uréia por hectare.

Os híbridos de milhos foram colhidos no estágio de maturidade fisiológica (R6 - presença da camada preta na ponta do grão) no dia 07/05/2012, com umidade de 15% ± 1,5%, debulhados manualmente, secos à sombra em piso de concreto e colocados em sacos tipo ráfia, com umidade próxima de 11%, armazenados dentro de prateleira com dimensões de 2,0m x 0,40m x 1,70m com proteção de tela galvanizada malha de 14 mm.

Para monitorar a temperatura e umidade do local de armazenamento dos grãos foi utilizado o Termo higrômetro digital que se trata de um instrumento de medição das temperaturas interna, externa e da umidade relativa do ar. As medidas foram realizadas no período de maio de 2012 a dezembro de 2012 (Quadro 2).

Quadro 2 – Temperaturas e umidade relativa do ar no ambiente de armazenamento dos híbridos de milhos. Morrinhos/GO. Maio/2012 a Dez/2012

Mês/Ano	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade Relativa máxima (%)	Umidade relativa mínima (%)
Mai/2012	25,6	13,2	84	60
Jun/2012	28,5	12,9	73	44
Jul/2012	27,8	11,4	57	34
Ago/2012	29,4	12,1	47	26
Set/2012	32,9	14,8	45	25
Out/2012	33,9	16,9	45	36
Nov/2012	31,3	19,5	74	55
Dez/2012	31,3	19,0	72	55

Fonte: Arquivo pessoal

Os híbridos de milho foram expurgados utilizando-se uma pastilha de 3g do produto GASTOXIN® B57 por um período de 96 horas e refazendo o procedimento a cada 21 dias durante todo o período de armazenagem. Os saquinhos contendo os híbridos de milho foram colocados dentro de uma bombona plástica com capacidade de 200 L, colocada a pastilha e tampado para favorecer o ambiente hermeticamente fechado.

A coleta das amostras de milho foram realizadas nos dias 0, 60, 120, 180 e 240 após o armazenamento e cada amostra composta por oito repetições ou saquinhos, totalizando 40 saquinhos por híbrido de milho. Esses foram levados a câmara fria a temperatura de -20°C pertencente ao Departamento de Produção Animal – UFG e ficaram armazenados até o mês de abril de 2013 quando foram realizadas as primeiras análises laboratoriais.

### 2.1.5 Análises Bromatológicas

As análises físicas e químicas foram realizadas nos Laboratórios de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Produção Animal (DPA) da Universidade Federal de Goiás (UFG) situada no município de Goiânia-GO.

As determinações de matéria orgânica (MO), matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e cinzas foram realizadas a partir de amostras moídas em moinho tipo Wiley com peneira de malha 1,0 mm de diâmetro, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz<sup>8</sup>.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram avaliados utilizando-se as formulações de detergente recomendadas por Mertens<sup>9</sup>. As amostras foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT), acrescentou-se  $\alpha$ -amilase termoestável e a solução, daí aquecidas em autoclave à temperatura de 105°C por 1 hora, Detmann et al.<sup>10</sup>.

Os carboidratos não fibrosos (CHONF) foram estimados pelo cálculo, segundo Van Soest et al.<sup>11</sup>:

$$\text{CHONF} = (100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{CINZAS} + \% \text{FDN}_{\text{cp}}))$$

Onde: %FDN<sub>cp</sub> = FDN corrigido para cinzas e proteínas

#### 2.1.5.1 Determinação do amido

O amido foi determinado segundo metodologia proposta por Bach Knudsen<sup>12</sup>. Adicionou-se 0,10 g de amostra moída (1,0 mm) em tubos de ensaio com capacidade para 20 mL, acrescentou-se 15 mL de solução tampão de acetato de sódio (pH= 5,00  $\pm$  0,05 a 0,1 mol L<sup>-1</sup>) e 25  $\mu$ L da enzima  $\alpha$ -amilase (Novozymes, Termamyl 2X). Todos os tubos de ensaio foram homogeneizados em agitador e colocados em banho maria a 100°C por uma hora, nesse período foram homogeneizados com 10, 30 e 50 minutos de incubação.

Após o período de hora foram retirados do banho maria e permaneceram na bancada até atingirem temperatura ambiente. Em seguida adicionou-se 0,5 mL de solução contendo 100 unidades da enzima amiloglicosidase/mL (Sigma - Aldrich). Os tubos foram novamente agitados e colocados em banho maria a 60°C por duas horas, sendo agitados com uma hora de incubação. Após este período os tubos foram retirados do banho maria e deixados na bancada até atingirem temperatura ambiente.

A mistura foi transferida para tubos *eppendorf* que foram centrifugados a 5500 nM por 10 minutos a uma temperatura de 10 °C. Foram pipetados 10  $\mu$ L do sobrenadante de cada tudo e transferido para tubos de ensaios contendo 1 ml de solução estável de um kit comercial de glicose enzimática líquida GOD PAP, numa diluição de 1:100. Após 10 minutos de reação a 37°C, procedeu-se a leitura em espectrofotômetro (Shimadzu, UV- 1601 PC), a

510 nm. Para cada ensaio utilizaram-se duas amostras padrões (amido puro e fubá de milho) e um branco.

Para evitar que o amido fosse superestimado em virtude da contaminação com glicose, pesou-se 0,10g de amostra que foi transferida para tubos de ensaio de 20 mL e adicionadas 15 mL de água deionizada, a mistura permaneceu por quatro horas nas quais os tubos foram agitados a cada 30 minutos. Após este período o conteúdo foi transferido para *ependorf* e centrifugado, a partir daí seguiu-se os mesmos passos citados acima. O valor obtido após a leitura de glicose foi subtraído nos valores encontrados de amido das amostras.

## 2.2 Segunda fase experimental

Nessa fase foram realizadas as avaliações das propriedades físicas dos grãos durante o período de 240 dias de armazenagem.

### 2.2.3 Densidade dos grãos

A densidade foi determinada segundo metodologia proposta por Kniep e Mason<sup>13</sup> que consistiu em colocar 50 grãos em uma proveta com capacidade de 50 mL e completar o volume com álcool etílico, registrou-se o peso antes e após completar o volume. Para o cálculo da densidade dos grãos foi utilizada a seguinte equação:

$$D = \left[ \frac{m_1}{(50 - (m_2 - m_1))} \right] \div (\rho \text{ álcool})$$

Em que:

D=densidade da amostra

m1=peso dos grãos de milho na proveta de 50 mL.

m2=peso dos grãos de milho na proveta de 50 mL+álcool

$\rho$  álcool= densidade do álcool



#### **2.2.4 Determinação da condutividade elétrica**

A condutividade elétrica na solução contendo os grãos de milho foi feita utilizando-se o “Sistema de copo” ou “Condutividade de massa”, Vieira e Carvalho<sup>14</sup>. Os testes foram realizados em seis repetições de 50 grãos para cada tratamento, ao longo do período de armazenamento.

Os grãos foram pesados em balança com precisão de 0,01 gramas e colocados em copos plásticos de 200 mL, aos quais foram adicionados 75 mL de água deionizada. Em seguida os copos foram colocados em germinador, sob temperatura de 25°C, por 24 horas. Imediatamente após este período, os copos foram retirados do germinador para a realização das medições da condutividade elétrica da solução de embebição.

As leituras foram feitas em medidor de condutividade elétrica da marca Tecnopon, modelo CA-150, com ajuste para compensação de temperatura e eletrodo com constante da célula de 1 mS cm<sup>-1</sup>(miliSiemens por centímetro). Antes de realizar as leituras, o aparelho foi calibrado com solução padrão de cloreto de sódio, de condutividade elétrica conhecida, à temperatura de 25°C.

O valor de condutividade (mS.cm<sup>-1</sup>) fornecido pelo aparelho foi dividido pela massa (gramas) dos grãos, obtendo-se então o valor de condutividade elétrica expresso com base no peso da matéria seca, em mScm<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>.

#### **2.2.5 Delineamento experimental e análise estatística**

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas. Os efeitos de parcelas foram os híbridos com diferentes texturas de grãos. Os efeitos das subparcelas foram os tempos de armazenamento. Os blocos foram constituídos por faixas de solo homogêneas, totalizando quatro blocos que constituíram as repetições. A unidade experimental (parcela foi constituída de duas linhas de seis metros, espaçadas em 0,80 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas. Utilizou-se densidade de 50.000 plantas por hectare após o desbaste.

As diversas variáveis foram submetidas à análise de variância utilizando o software R (R Development Core Team, 2013) e as médias foram submetidas ao teste Tukey ao nível de 5% de significância. Seguindo-se o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + B_k + MB_{ij} + T_j + TM_{ki} + e_{ijk}$$

Onde,

$Y_{ijk}$  = é o valor observado na subparcela i, j, k;

$\mu$  = é uma constante inerente a toda observação;

$M_i$  = é o efeito da i-ésima textura do milho ( $i=1, 2, \dots, I$ )

$B_k$  = efeito do bloco ( $k=1, 2, \dots, K$ )

$MB_{ik}$  = erros experimentais aleatórios

$T_j$  = é o efeito do j-ésimo do tempo de armazenamento ( $j=1, 2, \dots, J$ );

$TM_{ki}$  = interação tempo de armazenamento e milho

$e_{ijk}$  = erros aleatórios associados a nível de subparcelas

Para rejeição ou aceitação do teste de hipóteses, foi utilizado o nível de probabilidade de 5% ( $P < 0,05$ ).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Primeira fase experimental**

##### **3.1.3 Monitoramento da temperatura e umidade do local de armazenamento**

Não foi observada a infestação por insetos em todos os tratamentos avaliados. Possivelmente, o expurgo feito em bombona de polipropileno, ambiente hermeticamente fechado, resultou na eficiência do combate aos insetos.

Também de acordo com Pereira<sup>15</sup>, o armazenamento de grãos requer cuidados especiais sob condições de umidade relativa do ar superior a 70%. Nesse estudo, tal fato aconteceu ocasionalmente em três momentos: maio de 2012, setembro de 2012 e outubro de 2012. No entanto, não foi suficiente para causar algum tipo de dano aos híbridos.

##### **3.1.4 Composições bromatológicas dos híbridos de milho armazenados por até 240 dias**

Os resultados para os teores de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) apresentaram diferença ( $P < 0,05$ ) entre os híbridos de milhos e também em relação ao tempo de armazenamento (Tabela 2). Comparando-se os híbridos o que teve menor teor de MS foi o híbrido dentado SHS4070 com 88,84% e o de maior valor foi o duro AS1590 com 89,35%. Todos os híbridos apresentaram pequenas reduções ( $P < 0,05$ ) nos teores de MS e MO durante todo o período de armazenamento de 240 dias. O que apresentou a maior redução foi o dentado com 0,61% de perda. Possivelmente, devido a maior porosidade desses grãos o que pode facilitar a maior perda de água e também de solutos.

Tabela 2 Médias dos teores de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) dos híbridos de milhos duro AS1590, Semiduro AS3421YG, Semidentado DKB330 e dentado SHS4070 armazenados por até 240 dias

Variável	Híbridos	Tempo de armazenamento					Média	P*	P**	P***
		0	60	120	180	240				
MS	Duro	89,65	89,51	89,23	89,23	89,12	89,35 <sup>a</sup>	0,003	0,003	0,889
	Semiduro	89,66	89,34	89,19	89,15	88,98	89,26 <sup>ab</sup>			
	Semidentado	89,14	89,05	89,13	89,11	88,93	89,08 <sup>b</sup>			
	Dentado	89,18	89,05	88,74	88,70	88,57	88,84 <sup>c</sup>			
	Média <sup>1</sup>	89,41	89,23	89,07	89,05	88,90				
MO	Duro	87,83	87,69	88,16	88,12	88,18	88,00 <sup>a</sup>	0,015	0,001	0,772
	Semiduro	87,85	87,72	88,20	88,22	88,11	88,02 <sup>a</sup>			
	Semidentado	87,62	87,63	88,11	88,23	88,07	87,93 <sup>ab</sup>			
	Dentado	87,57	87,69	88,16	88,12	88,18	87,66 <sup>b</sup>			
	Média <sup>2</sup>	87,72	87,68	88,05	88,07	88,0				

<sup>a</sup> Médias para cada variável seguidas por letras diferentes minúsculas nas colunas diferem entre si (P<0,05) pelo Teste de Tukey

\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente aos híbridos

\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente ao tempo de armazenamento

\*\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente a interação entre híbrido x tempo de armazenamento

<sup>1</sup> y=89,41-0,0029x; R<sup>2</sup>=0,96; P<0,05

<sup>2</sup> y=87,40+0,0016x; R<sup>2</sup>=0,62; P<0,05

Gupta et al.<sup>16</sup> relataram que grãos de milho armazenados em sistemas abertos têm seu padrão de qualidade comprometido quando atingem níveis de perda de matéria seca de aproximadamente 0,5% dependendo da temperatura e teor de água. Sendo assim, os híbridos dentado apresentaram a maior alteração no padrão de qualidade com redução de 0,61% da MS.

Já os híbridos duro tiveram perda de 0,50% demonstrando ser mais resistente as deteriorações do processo de armazenagem.

Santos et al.<sup>17</sup> utilizaram grãos de milho com textura semiduro armazenados em silos bolsas com dois teores de umidades (14,8% e 17,9%) e três temperaturas (15°C, 25°C e 35°C) distintas e armazenados por até 150 dias. Os autores verificaram perdas de matéria seca de 0,015% a 0,037% dependendo da combinação entre umidade e temperatura sendo observadas as maiores perdas de matéria seca quando combinadas as maiores umidade e temperatura.

Os valores de matéria seca de todos os híbridos de milhos reduziram ao longo do período de 240 dias de armazenamento de acordo com as equações regressão 1 e 2 apresentadas na tabela 2. A influência do tempo de armazenamento sobre os teores de matéria seca pode ter sido causada pelo processo de respiração dos grãos e pelos microrganismos presentes na massa de grãos provocando assim essa pequena perda de MS dos híbridos de milhos.

Em nosso estudo os teores de umidade foram próximos de 12% e a temperatura atingiu valores próximos de 35°C, e aliados a isso as boas condições de armazenagem como o tipo de embalagem, proteção contra roedores e expurgo são fatores considerados ideais para controlar as perdas de matéria seca durante o armazenamento.

Para os valores de proteína bruta (PB), não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os híbridos estudados, e os valores médios dos híbridos foram 8,18% para grão dentado (SHS4070), 8,09% para o milho semidentado (DKB330), 8,24% para o milho semiduro (AS3421YG) e 8,25% para o milho duro (AS1590) (Tabela 3). Pode-se observar que os valores de PB são semelhantes aos apresentados nas tabelas brasileiras de composição de alimentos, Valadares Filho et al.<sup>18</sup>.

Tabela 3. Médias dos teores de proteína bruta (PB) dos híbridos de milho duro AS1590, semiduro AS3421YG, semidentado DKB330 e dentado SHS4070 armazenados por até 240 dias

Variável	Híbridos	Tempo de armazenamento					Média	Probabilidade		
		0	60	120	180	240		P*	P**	P***
PB(%MS)	Duro <sup>1</sup>	8,44 <sup>Aab</sup>	8,79 <sup>Aa</sup>	7,72 <sup>Ba</sup>	7,31 <sup>Bb</sup>	8,97 <sup>Aa</sup>	8,25	0,598	0,002	<0,001
	Semiduro <sup>2</sup>	8,96 <sup>Aa</sup>	7,48 <sup>Bb</sup>	7,66 <sup>Ba</sup>	8,46 <sup>Aa</sup>	8,65 <sup>Aab</sup>	8,24			
	Semidentado <sup>3</sup>	8,75 <sup>Aa</sup>	8,92 <sup>Aa</sup>	7,90 <sup>Ba</sup>	7,78 <sup>Bab</sup>	7,08 <sup>Cb</sup>	8,09			
	Dentado <sup>4</sup>	7,70 <sup>Bb</sup>	8,53 <sup>Aa</sup>	8,40 <sup>ABa</sup>	8,24 <sup>ABb</sup>	8,01 <sup>ABc</sup>	8,18			
	Média	8,46	8,43	7,92	7,95	8,18				

<sup>a</sup> Médias seguidas por letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si (P<0,05)

\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente aos híbridos

\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente ao tempo de armazenamento

\*\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente a interação entre híbrido x tempo de armazenamento

<sup>1</sup>y=8,87-0,0195x+0,005x<sup>2</sup>; R<sup>2</sup>=0,35; P<0,05

<sup>2</sup>y=8,74-0,0183x+0,004x<sup>2</sup>; R<sup>2</sup>=0,68; P<0,05

<sup>3</sup>y=8,98-0,0075x; R<sup>2</sup>=0,88; P<0,05

<sup>4</sup>y=7,81-0,011x+0,0002x<sup>2</sup>; R<sup>2</sup>=0,78; P<0,05

Cantarelli et al.<sup>19</sup> utilizaram suínos em crescimento para avaliar a composição química, vitreosidade e valores nutricionais de híbridos de milhos com alto teor de óleo, semidentado, dentado e duro. Os autores identificaram teores médios de proteína bruta nos grãos semidentados de 7,69%.

Ferrarini<sup>20</sup> analisou 132 amostras de milho por espectroscopia no infravermelho, técnica esta de análise quantitativa rápida medida por frequência de estiramento das moléculas orgânicas verificou valores de PB entre 7,66% e 13,12% e média de 9,60%. Demonstrando que os valores encontrados neste trabalho estão no intervalo analisado pelo autor.

Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre os teores de proteína bruta (PB) dos híbridos de milhos e os tempos de armazenamento (períodos: 0, 60, 120, 180 e 240 dias). A partir de 60 dias de armazenamento houve queda nos teores de proteína bruta dos híbridos de milhos dentado (SHS4070), semidentado (DKB330), semiduro (AS3421YG) e duro (AS1590) indicando que possa ter havido proteólise e perda de nitrogênio com o avanço do período de estocagem.

Através da análise de regressão pode se observar efeito ( $P < 0,05$ ) quadrático para os híbridos duro, semiduro e dentado (Tabela 3). Já o híbrido semidentado teve efeito ( $P < 0,05$ ) linear sendo que o teor de proteína reduziu durante o período de 240 dias de armazenagem.

Os teores de cinzas ou matéria mineral (MM) dos híbridos de milhos reduziram ( $P < 0,05$ ) ao longo do período de armazenamento até 240 dias (Tabela 4). Possivelmente esta redução seja devido à perda de íons devido a diminuição da efetividade da epiderme externa ou cutícula em controlar a troca de água com o meio externo.

Segundo Salunkhe et al.<sup>21</sup>, o conteúdo mineral, representado pelo teor de cinzas, é, entre os constituintes químicos dos grãos de milho, a fração que apresenta as menores variações no seu conteúdo total durante o armazenamento. A atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos associados consome a matéria orgânica, oxidando-a completamente até  $\text{CO}_2$  e água ou oxidando parcialmente em esqueletos de carbono para síntese de novas moléculas. Em ambos os processos há liberação de calor, e com transformação estrutural da composição mineral sem alterar o seu conteúdo total.

Tabela 4- Médias dos teores de cinzas dos híbridos de milho duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias

Variável	Híbridos	Tempo de armazenamento					Média	Probabilidade		
		0	60	120	180	240		P*	P**	P***
Cinzas (%MS)	Duro <sup>1</sup>	1,81 <sup>Aa</sup>	1,81 <sup>Aa</sup>	1,07 <sup>Ba</sup>	1,10 <sup>Ba</sup>	0,94 <sup>Ba</sup>	1,35	0,002	<0,001	0,028
	Semiduro <sup>2</sup>	1,81 <sup>Aa</sup>	1,61 <sup>Aab</sup>	0,99 <sup>Ba</sup>	0,93 <sup>Ba</sup>	0,87 <sup>Ba</sup>	1,24			
	Semidentado <sup>3</sup>	1,52 <sup>Aab</sup>	1,40 <sup>Ab</sup>	1,02 <sup>Ba</sup>	0,87 <sup>Ba</sup>	0,86 <sup>Ba</sup>	1,13			
	Dentado <sup>4</sup>	1,61 <sup>Ab</sup>	1,38 <sup>Ab</sup>	1,00 <sup>Ba</sup>	1,00 <sup>Ba</sup>	0,93 <sup>Ba</sup>	1,18			
	Média	1,69	1,55	1,02	0,98	0,90				

<sup>a</sup> Médias seguidas por letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si (P<0,05)

\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente aos híbridos

\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente ao tempo de armazenamento

\*\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente a interação entre híbrido x tempo de armazenamento

<sup>1</sup> y=1,84-0,0041x; R<sup>2</sup> =0,76; P<0,05

<sup>2</sup> y=1,76-0,0043x; R<sup>2</sup> =0,82; P<0,05

<sup>3</sup> y=1,51-0,0031x; R<sup>2</sup> =0,68; P<0,05

<sup>4</sup> y=1,53-0,0029x; R<sup>2</sup> =0,76; P<0,05



Para os teores de cinzas de todos os híbridos houve interação ( $P < 0,05$ ) entre o tempo de armazenamento e os tipos de híbridos de milho. Ou seja, com o avanço do tempo de estocagem ocorreram reduções nos teores de minerais dos grãos. Possivelmente devido a permeabilidade da membrana à medida que o grão se deteriora. Essa modificação pode causar a lixiviação de eletrólitos dos tecidos dos grãos Vieira e Carvalho<sup>14</sup>.

Ferrari Filho<sup>22</sup> verificaram o efeito de diferentes métodos e temperaturas de secagem e contaminação por fungos sobre a qualidade físico-química dos grãos de milho, durante nove meses de armazenamento. Ao contrário do que constatamos, esses autores verificaram aumento no teor de cinzas ao final dos nove meses de armazenamento. Justificaram que a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores à medida que a matéria orgânica é consumida.

Os valores de fibra em detergente neutro (FDN) não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os híbridos de milhos (Tabela 5). Como o pericarpo é composto por cerca de 90% de fibra Van Barneveld<sup>23</sup>, isso demonstra que essa estrutura sofreu pouca deterioração durante o período de armazenamento.

Tabela 5. Médias dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) dos híbridos de milhos duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias

Variável	Híbridos	Tempo de armazenamento					Média	Probabilidade		
		0	60	120	180	240		P*	P**	P***
FDN (%MS)	Duro	8,67	9,37	9,25	9,37	8,72	9,08			
	Semiduro	9,50	8,87	8,15	8,65	8,65	8,76			
	Semidentado	9,20	8,00	9,12	8,60	7,35	8,45	0,102	0,615	0,319
	Dentado	8,60	8,95	8,77	8,72	9,07	8,82			
	Média <sup>1</sup>	8,99	8,80	8,82	8,84	8,45				

\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente aos híbridos

\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente ao tempo de armazenamento

\*\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente a interação entre híbrido x tempo de armazenamento

<sup>1</sup>y=8,99-0,0017x; R<sup>2</sup>= 0,69; P=0,17

A regressão no tempo de armazenamento para os teores de FDN de todos os híbridos de milhos não foi significativa (P>0,05) (Tabela 5) indicando que os diferentes tipos de híbridos possuem semelhanças na composição básica do pericarpo e além disso, os grãos sofreram poucas alterações (b= -0,0017) ao longo dos 240 dias de armazenamento.

Os teores de extrato etéreo (EE) não diferiram (P>0,05) entre os híbridos de milhos com texturas do tipo duro, semiduro, semidentado e dentado, para os tempos de armazenamento 0, 60, 120, 180 e 240 dias (Tabela 6). Demonstrando assim que independentemente do tipo de grão seja de textura duro ou dentado o armazenamento em sacos tipo ráfia foi eficiente para preservar este nutriente durante os 240 dias de armazenagem.

Tabela 6. Médias dos teores de extrato etéreo (EE) dos híbridos de milho duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias

Variável	Híbridos	Tempo de armazenamento					Média	Probabilidade		
		0	60	120	180	240		P*	P**	P****
EE (%MS)	Duro	3,18	3,15	2,83	3,15	2,93	3,05			
	Semiduro	3,11	2,87	3,24	3,29	2,96	3,09			
	Semidentado	2,84	3,15	3,88	3,00	3,13	3,21	0,794	0,839	0,520
	Dentado	3,18	3,61	3,10	2,95	3,22	3,21			
	Média <sup>1</sup>	3,08	3,20	3,26	3,10	3,02				

\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente aos híbridos

\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente ao tempo de armazenamento

\*\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente a interação entre híbrido x tempo de armazenamento

<sup>1</sup> NS

Segundo Dionello et al.<sup>24</sup> a redução do teor de extrato etéreo e o aumento do teor de ácidos graxos livres estão diretamente correlacionados com a velocidade e a intensidade do processo deteriorativo dos grãos. A avaliação desses índices serve como parâmetro de controle da conservabilidade durante a armazenagem.

Antunes et al.<sup>25</sup> utilizaram grãos de milho híbrido armazenados por 30, 60 e 120 dias para avaliar os danos físicos e químicos causados por insetos adultos. Os autores verificaram que as médias do teor de gordura diminuíram ao longo do armazenamento mostrando diferenças significativas entre 0 dia e 30 dias e 60 dias e 120 dias, e uma redução de 42,55% da gordura, ao final dos 120 dias de armazenamento (4,05% de EE), em relação ao valor inicial (7,05% de EE).

Diferentemente do que ocorreu neste trabalho que não houve perda nos teores de EE dos híbridos armazenados por até 240 dias. Possivelmente devido às condições ótimas de armazenagem, ao expurgo dos grãos e ausência de insetos. Uma vez que Puzzi<sup>26</sup> constatou que, praticamente, os insetos se alimentam de endosperma na fase larval e depois, na fase adulta, do gérmen, o que pode causar considerável perda de peso e do poder germinativo das sementes. Reduções nos teores de carboidratos, proteínas, lipídeos e vitaminas, durante o armazenamento, originam perda de material orgânico, com diminuições de massa específica e de matéria seca, resultando em perdas de qualidade e de valor dos grãos.

Os carboidratos não fibrosos (CHONF) não diferiram ( $P>0,05$ ) entre os híbridos de milhos. Sendo que os valores médios para os híbridos de textura duro, semiduro, semidentado e dentado foram respectivamente, 78,25%, 78,46%, 79,08% e 78,58% (Tabela 7). Houve aumento ( $P=0,009$ ) do teor de CHONF em 1,64% durante o período de armazenamento. Em termos biológicos não há explicação para tal acontecimento, mas como o cálculo de CHONF é realizado utilizando as análises proximais de todos os nutrientes (Tabela 7) possivelmente tenha interferido nessa determinação.

Tabela 7- Médias dos teores de carboidratos não-fibrosos (CHONF) dos híbridos de milhos duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias

Variável	Híbridos	Tempo de armazenamento					Média	Probabilidade		
		0	60	120	180	240		P*	P**	P***
CHONF <sup>1</sup> (%MS)	Duro <sup>2</sup>	77,88 <sup>Aa</sup>	76,84 <sup>Aa</sup>	79,13 <sup>Aa</sup>	79,03 <sup>Aa</sup>	78,39 <sup>Aa</sup>	78,25			
	Semiduro <sup>3</sup>	76,61 <sup>Bab</sup>	79,12 <sup>ABa</sup>	79,96 <sup>ABa</sup>	78,67 <sup>ABa</sup>	78,86 <sup>Aa</sup>	78,46			
	Semidentado <sup>4</sup>	77,69 <sup>Aab</sup>	78,50 <sup>Aa</sup>	78,06 <sup>Aa</sup>	79,73 <sup>Aa</sup>	81,56 <sup>Aa</sup>	79,08	0,166	0,009	0,005
	Dentado <sup>5</sup>	78,88 <sup>Bb</sup>	77,49 <sup>Aba</sup>	78,70 <sup>ABa</sup>	79,06 <sup>Aa</sup>	78,77 <sup>Aa</sup>	79,38			
	Média	77,76	77,99	78,96	79,12	79,40				

<sup>1</sup>CHONF= carboidratos não fibrosos, calculado segundo Van Soest et al.<sup>11</sup>  $CHONF=(100-(\%PB+\%EE+\%Cinzas+\%FDNcp))$

<sup>a</sup> Médias seguidas por letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si (P<0,05)

\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente aos híbridos

\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente ao tempo de armazenamento

\*\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente a interação entre híbrido x tempo de armazenamento

<sup>2</sup> NS

<sup>3</sup> NS

<sup>4</sup>  $y=77,91+0,015x$ ;  $R^2=0,81$ ; P<0,05

<sup>5</sup> NS

Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre o tempo de armazenamento e os tipos de híbridos de milhos. Ou seja, o teor de CHONF aumentou a partir de 180 dias de armazenamento.

Segundo Valadares Filho et al.<sup>27</sup> a composição média dos carboidratos não fibrosos do milho grão seco é de 74,54%. Hernandez et al.<sup>28</sup> determinaram a composição química de 24 alimentos concentrados e verificaram que o fubá de milho possui em média 79,4% de carboidratos solúveis. Valores esses próximos aos analisados nesse trabalho (Tabela 7).

Não houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os valores de amido dos híbridos de milho (Tabela 8), sendo que a média para os híbridos duro, semiduro, semidentado e dentado foram 68,08%, 65,59%, 68,55% e 70,08%, respectivamente. Vários autores, Herrera-Sandana et al.<sup>29</sup>; Nocek e Tamminga<sup>30</sup>; Valadares Filho et al.<sup>27</sup> determinaram os teores de amido do milho, em %MS, e verificaram quantidades entre 66,3% e 75,7%.

Não foram observadas interações ( $P > 0,05$ ) entre os teores de amido e os tempos de armazenamento (0, 60, 120, 180 e 240 dias). Demonstrando assim que os grãos conservaram os seus teores de amido desde a colheita até os 240 dias de armazenagem.

Tabela 8- Médias dos teores de amido dos híbridos de milho duro (AS1590), semiduro (AS3421YG), semidentado (DKB330), dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias

Variável	Híbridos	Tempo de armazenamento					Média	Probabilidade		
		0	60	120	180	240		P*	P**	P***
Amido (%MS)	Duro	61,2	65,59	67,0	67,31	72,41	68,08			
	Semiduro	66,85	60,86	68,34	66,28	65,61	65,59			
	Semidentado	63,01	69,37	68,65	67,06	74,65	68,55	0,543	0,022	0,781
	Dentado	67,37	67,28	71,15	66,30	78,3	70,08			
	Média <sup>1</sup>	64,63	65,77	66,74	68,79	72,74				

<sup>a</sup> Médias seguidas por letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si (P<0,05)

\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente aos híbridos

\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente ao tempo de armazenamento

\*\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente a interação entre híbrido x tempo de armazenamento

<sup>1</sup>  $y=57,46+0,024x$ ;  $R^2=0,71$ ;  $P<0,05$

Pode-se observar que os valores de amido são semelhantes aos encontrados na literatura e como não houve perda desse nutriente mostra-se viável o uso dos grãos, independentemente da textura do grão, armazenados por até 240 dias. Por outro lado, como veremos mais adiante, o uso do milho na alimentação animal, principalmente dos ruminantes, está relacionada não somente a quantidade de amido, mas também a matriz proteica que protege esse nutriente, aos fatores antinutricionais, aos diferentes tipos e intensidades de processamentos aplicados aos grãos.

Atualmente a maioria das pesquisas não tratam da dinâmica da degradação da composição bromatológica dos grãos armazenados. E sim das características relacionadas ao comportamento da massa dos grãos ao longo do período de armazenagem como a condutividade elétrica, quantidade de massa dos grãos, teor de água, densidade entre outras.

### **3.2 Segunda fase experimental**

A densidade para todos os híbridos aumentou ( $P < 0,05$ ) ao longo dos períodos de armazenamento. Sendo que o híbrido de milho semiduro teve o aumento ( $P < 0,05$ ) de 4,8% no valor da densidade, enquanto o híbrido de milho duro teve menor acréscimo com 3,2%. Esse aumento da densidade pode ser devido à perda de água ao longo do período de armazenamento. Outra observação a ser feita é que os híbridos vítreos são mais densos do que os híbridos farináceos. Os valores médios para os híbridos de textura duro, semiduro, semidentado e dentado foram  $1,257 \text{ g/cm}^3$ ,  $1,255 \text{ g/cm}^3$ ,  $1,229 \text{ g/cm}^3$  e  $1,224 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente (Tabela 9).



Tabela 9– Propriedades físicas de híbridos de milhos com texturas dura (AS1590), semidura(AS3421YG), semidentado (DKB330) e dentado (SHS4070) armazenados por até 240 dias

Variável	Híbridos	Tempo de armazenamento					Média <sup>a</sup>	Probabilidade		
		0	60	120	180	240		P*	P**	P***
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Duro	1,244	1,209	1,271	1,277	1,288	1,257 <sup>a</sup>	0,005	0,001	0,935
	Semiduro	1,243	1,204	1,264	1,257	1,303	1,255 <sup>a</sup>			
	Semidentado	1,221	1,224	1,166	1,254	1,256	1,229 <sup>b</sup>			
	Dentado	1,216	1,224	1,177	1,261	1,268	1,224 <sup>b</sup>			
	Média <sup>1</sup>	1,231	1,215	1,219	1,262	1,279				
Condutividade elétrica (mScm <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )	Duro	11,15	11,08	12,11	11,95	13,00	11,82	0,076	<0,001	0,375
	Semiduro	11,25	10,91	11,20	12,28	13,14	11,77			
	Semidentado	10,82	10,64	11,14	12,11	11,99	11,68			
	Dentado	10,94	10,74	11,56	12,89	12,60	11,41			
	Média <sup>2</sup>	11,04	10,84	11,50	12,31	12,68				

<sup>a</sup> Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na coluna diferem entre si (P<0,05)

\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente aos híbridos

\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente ao tempo de armazenamento

\*\*\*P= Valor de probabilidade do teste F da análise de variância referente a interação entre híbrido x tempo de armazenamento

<sup>1</sup>NS

<sup>2</sup> y=10,77+0,0075x; R<sup>2</sup>=0,87; P<0,05

A mensuração da condutividade elétrica da solução contendo os grãos de milho tem como finalidade avaliar a permeabilidade da membrana à medida que o grão se deteriora. Baseia-se na modificação da resistência elétrica causada pela lixiviação de eletrólitos dos tecidos dos grãos para a solução em que este é imerso Vieira e Carvalho<sup>14</sup>. Desta forma os valores de condutividade elétrica para os híbridos de milhos com diferentes texturas permaneceram semelhantes ( $P>0,05$ ) por 120 dias e a partir daí aumentaram ( $P<0,05$ ) até 240 dias de armazenamento. Pode-se dizer então que os grãos aumentaram o seu processo de deterioração a partir de 180 dias de armazenamento devido à perda na eficiência da camada de cutícula.

De acordo com Heslehurst<sup>31</sup>, a leitura da condutividade elétrica da solução que contém as sementes está relacionada com a quantidade de íons lixiviados na solução, a qual está diretamente associada à integridade das membranas celulares e associadas ao processo de deterioração de sementes. Sendo assim, pode-se afirmar que houve maior deterioração das sementes nos tempos de armazenamento de 180 e 240 dias devido aos maiores valores de condutividade elétrica,  $12,31 \text{ mScm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  e  $12,68 \text{ mScm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ , respectivamente.

#### **4 CONCLUSÕES**

Para as condições de armazenamento utilizada pode-se verificar redução nos teores de MS e PB que são nutrientes importantes nas dietas de ruminantes e também dos monogástricos. Pode-se verificar maior redução nos híbridos de milho do tipo semidentado (DKB330) e dentado (SHS4070).

Já para o principal nutriente fornecido pelo milho, o amido, não houve redução nos seus valores durante a armazenagem. Nesse caso, todos os híbridos podem ser utilizados para a alimentação dos animais.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Faostat. All data. [Rome]: FAO, 2014. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>> Acesso em: 06 mar. 2014.
2. Abimilho Associação Brasileira das Industrias do Milho. Disponível em <<http://www.abimilho.com.br/estatistica4.htm>> Acesso em: 10 ago. 2010.
3. Cruz JC, Pereira Filho IA, Queiroz LR. Quatrocentos e sessenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes no Brasil para a safra 2013/2014. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_8\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/cultivares.htm)>. Acesso em: 04 janeiro 2014..
4. Pereira MN, Pinho RGV, Bruno RGS, Calestine GA. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. *Sci Agri [on line]*, 2004, 61(4):358-363 [acesso em 30 mar 2010], Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162004000400002>.
5. Correa CES, Shaver RD, Pereira MN, Lauer JG, and Kohn K. Relationship Between Corn Vitreousness and Ruminant In Situ Starch Degradability. *J of Dairy Sci*, 2002; 85(1):3008–3012. Disponível em: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(02\)74386-5/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(02)74386-5/pdf)
6. Brasil. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas: 1961-1990. Brasília, DF, 1992. 84 p.
7. Silva DJ, Queiroz AC. *Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.
8. Mertens DR. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *J of AOAC International*, 2002, 85(1):1217-1240
9. Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS, Cabral LS, Pina DS, Ladeira MM, Azevedo JAG. *Métodos de análises de alimentos:INCT-Ciência Animal.Viçosa:Suprema Gráfica e Editora,2012,214p.*
10. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*, 1991, 74(1):3583–3597.
11. Bach Knudsen KE. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Ani Feed Sci and Tech*, 1997, 67(1): 319-338.

12. Kniep KR, Mason SC. Kernel breakage and density of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen. *Crop Sci*, 1989, 29(1):159-163.
13. Vieira RD, Carvalho NM. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal-SP: FUNEP, 1994, 164p.
14. Pereira JAM. Água no grão. In: Curso de armazenamento de sementes. Viçosa: Centreinar, 1992, 32p.
15. Gupta P. Effect of dry matter loss on corn quality. *Applied Eng in Agri*, 1999, 15(5): 501-507.
16. Santos SB, Martins MA, Faroni LR, Brito Jr VR Perda de matéria seca em grãos de milho armazenados em bolsas herméticas. *R Ciên Agron*, 2012, 43(4):674-682 Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1649/747>
17. Valadares Filho SC, Magalhães KA, Rocha Junior VRR. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos. 3ed. Viçosa: UFV, 2010. 502p.
18. Cantarelli VS, Fialho ET, Sousa RV, Freitas RT, Lima JAF. Composição química, vitreosidade, composição química e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. *Ciência e Agro*, 2007, 31(3): 860-864. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n3/a36v31n3.pdf>
19. Ferrarini H. Determinação de teores nutricionais do milho por espectroscopia no infravermelho e calibração multivariada. [Dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004.
20. Salunkhe DK, Chavan JK, Kadan SS. Postharvest biotechnology of cereals. Boca Raton: CRC, 1985. 54p.
21. Ferrari Filho E. Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico-químico e microbiológica de grãos de milho no armazenamento. [Dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.
22. Van Barneveld SL. Chemical and physical characteristics of grains related to variability in energy and amino acid availability in ruminal: a review. *Austr J of Agri Res*, 1999, 50(1): 651-666.
23. Dionello RG, Radunz LL, Conrad VJD, Lucca FO, Elias MC. Temperatura do Ar na Secagem Estacionária e Tempo de Armazenamento na Qualidade de Grãos de Milho. *Rev Bras de Agro*, 2000, 6(2):137-143. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/viewFile/319/314>

24. Antunes LEG, Viebrantz PC, Gottardi R, Dionello RG. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. Rev Bras de Eng Agrí e Amb, 2011, 15(6):615–620.
25. Puzzi D. Armazenamento e abastecimento de grãos. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986, 603p.
26. Valadares Filho SC, Rocha Junior VR, Cappelle ER. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. Viçosa: UFV, 2002. 297p.
27. Hernandez FIL, Valadares Filho SC, Lana RP, Cecon PR, Mancio AB, Paulino MF, Magalhães KA. Determinação da Cinética Ruminal da Proteína de Vários Alimentos Utilizando o Método de Inibidores *In Vitro*. Ver Bras de Zoo [on line], 2002, 31(1):232-242. Disponível em: <http://www.revista.sbz.org.br/artigo/visualizar.php?artigo=3264>
28. Herrera-Saldana RE, Huber JT, Poore MH. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. J of Dairy Sci, 1990; 73(1):2386-2393.
29. Nocek JE, Tamminga S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. J of Dairy Sci, 1991, 74(1):3598.
30. Heslehurst MR. Quantifying initial quality and vigour of wheat seeds using regression analysis of conductivity and germination data from aged seeds. Seed Sci and Tech, 1988, 16(1): 75-85.

**CAPITULO III – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E A INFLUÊNCIA SOBRE A  
DEGRADABILIDADE RUMINAL DOS HÍBRIDOS DE MILHOS COM TEXTURA  
DURA, SEMIDURA, SEMIDENTADO E DENTADO**

**RESUMO**

Objetivou-se comparar as características físicas dos híbridos de milho com texturas dura, semidura, semidentada e dentada no momento da colheita e as influências sobre a degradabilidade ruminal. Os híbridos de milhos foram cultivados, secos e analisados os teores de prolaminas, vitreosidade, densidade e a degradabilidade ruminal. O delineamento adotado foi o bloco ao acaso sendo os quatro híbridos de milhos (duro, semiduro, semidentado e dentado) e quatro repetições. Foi realizada a análise multivariada para expressar a similaridade dos híbridos (híbridos de milhos com textura do tipo duro, semiduro, semidentado e dentado) em relação a todas as análises realizadas nesse estudo (físicas, bromatológicas e de degradabilidade ruminal). O híbrido dentado SHS4070 apresentou os menores ( $P < 0,05$ ) teores de prolamina, vitreosidade e densidade 2,12%, 69,87%, 1,2209 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Relacionando assim a sua maior degradabilidade ruminal. Quanto a avaliação de similaridade pode-se observar a existência de dois grupos distintos sendo um formado pelo duro AS1590 e semiduro AS3421YG e o outro pelo semidentado DKB330 e dentado SHS4070.

Palavras-chave: alimentação, bovinos, cereais, digestibilidade

CHAPTER III - PHYSICAL CHARACTERISTICS AND THE INFLUENCE ON RUMINAL DEGRADABILITY OF HYBRID WITH TEXTURE OF CORNS, HARD HALF-HARD, HALF-DENT and DENT

ABSTRACT

The objective was to compare the physical characteristics of hybrid maize with hard textures, half-hard, half-dent and dent toothed at harvest and the influences on ruminal degradability. Hybrids of maize were grown, dried, and analyzed the levels of prolamine, vitreousness, density and ruminal degradability. The design was randomized blocks with four hybrid corns (hard, half-hard, half-dent and dent) and four replications. Multivariate analysis was performed to express the similarity of the hybrids (hybrids of corn with texture kind of hard, half-hard, half-dent, dent) for all analyzes performed in this study (physical, nutritive value and ruminal degradability). The toothed hybrid SHS4070 had the lowest ( $P < 0.05$ ) levels of prolamine, vitreousness density and 2.12%, 69.87%, 1.2209 g / cm<sup>3</sup>, respectively. Thus linking their higher ruminal degradability. As the evaluation of similarity can be observed the existence of two distinct groups being formed by one hard and semi-hard AS3421YG AS1590 and the other for those semi-toothed DKB330 SHS4070.

Keywords: feed, cattle, cereals, digestibility



## 1. INTRODUÇÃO

O milho tem sido utilizado principalmente como ingredientes de rações ou em volumosos como a silagem da planta inteira para a alimentação de animais ruminantes.

Na escolha de híbridos de milho os produtores nem sempre estão atentos para a qualidade do milho usado na dieta dos animais. O principal critério na escolha do híbrido, para maioria dos produtores é o potencial produtivo. No entanto, os valores nutritivos dos grãos de milhos dependem de diversos fatores como genética, nível de produção, composição bromatológica, textura dos grãos entre outros.

Uma das características que interfere na qualidade dos grãos de milho é sua textura. E as empresas comerciais classificam os híbridos em grãos duros, semiduros, semidentado ou dentado, Paes<sup>1</sup>.

No Brasil, a maioria dos milhos disponíveis são de textura dura ou semidura, já em países de clima temperado há predominância de milho dentado Paes<sup>1</sup>. Cultivares com grãos dentados tem maior degradabilidade da matéria seca do que as de grãos duros, Nkonyamo-Majee<sup>2</sup>. Para o caso de silagens de milho confeccionadas com milho de textura dentada também apresentam maior disponibilidade ruminal do amido, Pereira<sup>3</sup>.

A taxa e extensão da digestão do amido dos cereais no rúmen dependem de um conjunto de interações entre microrganismos do rúmen, a estrutura do grão e o método empregado no processamento. O pericarpo dos grãos formam a primeira barreira para a digestão microbiana mas que pode ser contornada com a quebra através do processamento ou mesmo com a mastigação. Um vez o endosperma exposto, os microrganismos digerem a sua parede celular mas a matriz proteica que envolve os grãos será dependente do tipo de grão de cereal. O que no caso do milho essa é densa no endosperma vítreo e limita o acesso dos microrganismos amilolíticos aos grânulos, McAllister et al.<sup>4</sup>.

A matriz proteica ou prolamina do milho é denominada de zeína e compreendem de 50 a 60% do total da proteína e aumentam com o avanço da maturidade do grão de milho encapsulando o amido, Hamaker et al.<sup>5</sup>. Potencialmente, a digestão do amido requer bactérias do rúmen para degradar primeiro as prolamina-zeína, via proteólise antes da atividade amilolítica, Cotta<sup>6</sup>. A proteólise das prolamina-zeína é, portanto um passo limitante na taxa de digestão do amido.

Desse amido com baixa degradabilidade ruminal parte será convertido em glicose no intestino delgado e aproveitado como energia pelas vísceras e o restante aproveitado no intestino grosso ou eliminado com as fezes.

O objetivo desse estudo é verificar o efeito dos diferentes híbridos de milho com textura duro, semiduro, semidentado e dentado sobre a degradabilidade ruminal dos grãos e as similaridades entre os híbridos.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Departamento de Produção Animal (DPA) da Universidade Federal de Goiás (UFG) situada no município de Goiânia-GO no período de maio de 2013 a agosto de 2013. Foram determinadas as análises de vitreosidade, prolamina e a degradabilidade ruminal utilizando as amostras de híbridos de milho cultivadas no IF Goiano – Campus Morrinhos.

Os saquinhos contendo os híbridos de milho foram armazenados na câmara fria a temperatura de -20°C pertencente ao Departamento de Produção Animal – UFG e as análises e o ensaio de degradabilidade ruminal foram realizadas nos Laboratórios de Nutrição Animal (LANA).

### **2.1. Determinação da vitreosidade**

A vitreosidade é a relação entre o endosperma vítreo e o endosperma total. A determinação da vitreosidade dos híbridos foi feita nos grãos secos e logo após a colheita (zero dia de armazenamento) através da dissecação desses grãos, método utilizado por Correa et al.<sup>7</sup>. Porém, foi feita a adaptação deste método sendo que o pericarpo foi retirado com auxílio de uma cureta 17-18 e o endosperma farináceo retirado com a utilização do motor de suspensão ou chicote BELTEC® (Figura 3).

Como a vitreosidade dos grãos varia, dependendo de sua posição na espiga, Pratt et al.<sup>8</sup> o seguinte procedimento foi adotado para minimizar esse efeito: a amostra retirada continha 100 grãos de cada saquinho, ou seja, 800 grãos de cada híbrido, selecionados aleatoriamente e divididos em 80 grupos, visualmente homogêneos em tamanho e forma do grão.

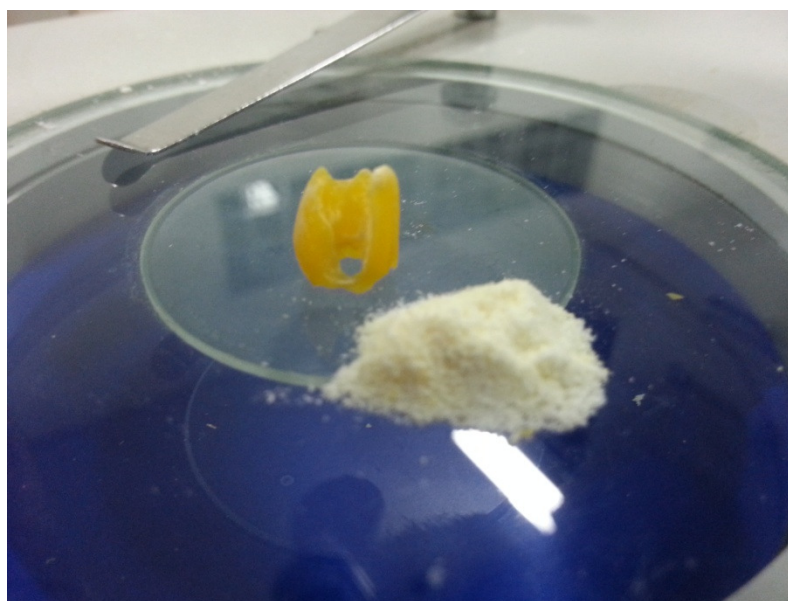


Figura 3 - Endospermas vítreo e farináceo do grão de milho

Desses 80 grupos foram retirados um grão de cada grupo e colocados em estufa a 55°C por 12 horas, deixados em dessecador por 15 minutos e em seguida pesados em balança de precisão 0,001. Esses grãos foram imersos em água destilada por 3 minutos, e em seguida secos com papel toalha. O pericarpo e o gérmen foram removidos com o auxílio da cureta 17-18 e o que sobrou foi o endosperma total que foi levado para a estufa a 55°C por 12 horas, dessecador por 15 minutos e posteriormente, pesado. Daí o endosperma farináceo foi removido usando o motor de suspensão ou chicote BELTEC®, e o endosperma vítreo levado por 12 horas em estufa a 55°C, dessecador por 15 minutos e depois pesado. O endosperma vítreo foi expresso como porcentagem do endosperma total.

## 2.2. Determinação do teor de prolamina

A zeína foi determinada segundo metodologia proposta por Larson e Hoffman<sup>9</sup>. Na primeira etapa (extração) pesou-se 1,0 g de amostra moída em moinho com peneira de malha de 1 mm, colocada em erlenmeyer e adicionadas 20 mL de acetona. Foram agitados por 1 hora em agitador magnético. Posteriormente o conteúdo da mistura foi filtrado em papel filtro 541 Whatman após este ter permanecido em estufa e ter seu peso registrado. O papel

filtro contendo a amostra retida após a filtragem foi colocado em estufa de ventilação forçada a 55°C por 24 horas e depois pesado.

Na segunda etapa (solubilização da zeína), pesou-se 0,2 g da amostra retida no papel filtro, em duplicata. Adicionou-se em tubo falcon com capacidade de 50 mL e foram adicionadas 20 mL de solução de álcool isopropílico + 2 mercaptoetanol e posteriormente agitados em incubadora com agitação orbital (TE-421 TECNAL) por 4 horas. Após a agitação a mistura foi centrifugada em centrífuga a 4.500 x g por 20 min, pipetadas 0,5 mL do sobrenadante e colocados em tubos de ensaio. Adicionou-se 5,5 mL de solução de TCA (ácido tricloroacético) a 0,15 M, a mistura permaneceu em repouso por 45 min, e então procedeu a leitura em espectrofotômetro a uma absorvância de 440 nm.

A curva padrão foi montada a partir da leitura do padrão composto de zeína purificada de milho (Z 3625, SIGMA® ALDRICH). A fórmula  $[(100 / \%PB \text{ da zeína na MS} \times 0,9)] / \%MS$  da zeína foi utilizada para obter a quantidade de zeína que foi adicionada a um erlenmeyer com capacidade de 100 mL no qual teve seu volume completado com a solução de álcool isopropílico + 2 mercaptoetanol, com posterior agitação por 1 hora em agitador magnético. A partir dessa solução de zeína foram confeccionadas as demais nas concentrações de 750, 500, 250 e 0 µg/mL de zeína, nas quais continham 15, 10, 5 e 0 ml da solução de zeína e 5, 10, 15, 20 mL da solução de álcool respectivamente.

As fórmulas utilizadas para o cálculo da zeína foram:

$$dfDMr, \% = \frac{(\text{peso papel filtro, g} + \text{resíduo aiMS, g} - \text{peso do papel filtro, g})}{\text{peso da amostra, g} \times \text{MS}}$$

Onde  $dfDMr, \%$  é o retido desengordurante, aiMS é resíduo insolúvel acetona e o conteúdo de zeína (g/100 g de MS) calculada como:

$$\text{Conteúdo Zeína} \left( \frac{\text{g}}{100\text{g}} \text{ de MS} \right) = \left\{ \left[ \frac{\left( \text{zeína} \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}} \right)}{\text{aiMS} \left( \frac{\text{mg}}{\text{MS}} \right)} \times 50 \right] \times dfDMr \right\} \times 100$$

### 2.3. Degradabilidade *in situ*

A degradação ruminal de matéria seca, matéria orgânica e amido dos milhos híbridos foram avaliados utilizando-se sacos de TNT (100 g/m<sup>2</sup>) Casali et al.<sup>10</sup>. O tecido foi

recortado em pedaços com dimensões de 6,5 cm x 13 cm, depois pesados e selecionados apenas os recortes com pesos de  $0,50 \text{ mg} \pm 0,02$ . Os recortes foram dobrados ao meio e as bordas foram seladas utilizando uma máquina seladora com o uso de resistência elétrica. A partir daí confeccionado vários saquinhos para colocação das amostras de milho.

Os híbridos de milhos foram partidos em quatro partes com uso de um cortador de comprimido. Do híbrido de milho partido em quatro foi retirada uma nova alíquota para determinação da MS a  $105^{\circ}\text{C}$ , por 8 horas. Os sacos de TNT foram pesados vazios e cheios com 1,3 mg de MS (corrigida a  $105^{\circ}\text{C}$ ) de milho partido, resultando em porções de 16 mg de  $\text{MS}/\text{cm}^2$  de tecido. Depois de devidamente lacrados, os sacos foram presos por uma argola a um mosquetão, o qual foi preso a uma corrente (peso 500 g) imersa no conteúdo ruminal e ancorada à cânula.

Os saquinhos foram inseridos no rúmen de três vacas holandesas em lactação alimentadas com silagem de sorgo acrescido de concentrado a base de milho moído e farelo de soja, em duplicata, para cada híbrido de milho e horário de incubação, segundo metodologia descrita por Hungington e Given<sup>11</sup>. Para cada tempo de armazenamento foram incubadas amostras de cada híbrido de milho.

Foram adotados sete tempos de incubação: 0, 6, 12, 24, e 72 horas. A incubação foi realizada em ordem cronológica inversa, com a finalidade de retirar todos os sacos ao mesmo tempo, com exceção dos sacos do tempo zero, que não foram incubados, mas lavados juntamente aos demais.

Os saquinhos foram colocados dentro de um saco de filó com a adição de pesos para mantê-los imersos no rúmen. O número de saquinhos por animal foi de 96 unidades, o que corresponde aos quatro híbridos avaliados, multiplicados por seis (três blocos x duas repetições) e multiplicados pelo número de tempos de incubação (6, 12, 24 e 72). Após serem retirados do rúmen dos animais, o excesso de água nos sacos foi retirado por leve pressão manual e imediatamente colocados em água gelada para a paralisação do processo de degradação. Em seguida, foram adicionados os saquinhos referentes ao tempo 0 foram lavados com leve agitação em sistema de tanque com hélice agitadora, renovando-se a água até se tornar transparente.

Os sacos foram mantidos em estufa de ventilação forçada a  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 horas até secagem completa e, posteriormente, pesados e o resíduo quantificado para o cálculo da taxa de desaparecimento. Os resíduos das duplicatas de cada tempo de incubação, para cada

híbrido e blocos, foram agrupados formando uma amostra composta. As amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley com peneira de malha de 1 mm e analisadas quanto aos teores de MS, AOAC<sup>12</sup> e amido.

A degradabilidade potencial é dada pela soma das frações “a” e “b”, como sendo a quantidade de material que pode ser perdido por solubilização ou degradação, se o tempo de incubação for infinito, ou seja, desconsiderando se a taxa de passagem efetiva do material que deixa o rúmen.

As degradabilidades potenciais (DP) *in situ* de MS, MO foram calculadas segundo a equação:

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

em que DP = degradabilidade potencial estimada (%);

a = interseção da curva no tempo zero, que pode ser interpretada como fração rapidamente solúvel (% do original);

b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (% do original);

c = taxa de degradação constante da fração “b” por hora (%/hora);

e = constante de Euler;

t = tempo de incubação (horas);

a + b = potencial de degradabilidade.

A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada segundo Ørskov e McDonald<sup>13</sup>, conforme a equação 2:

$$DE = a + b \left[ \frac{bxc}{c + kp} \right]$$

em que

DE = degradabilidade efetiva (%);

a = interseção da curva no tempo zero, que pode ser interpretada como fração rapidamente solúvel (% do original);

b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (% do original);

c = taxa de degradação da fração “b” por hora (%/hora);

kp = taxa de passagem da fase sólida (%/hora).

Uma vez que não será mensurada a taxa de passagem da fase sólida neste experimento, os valores de degradabilidade efetiva foram estimados para as taxas de passagem sugeridas de 2, 5 e 8%/hora.

#### **2.4. Delineamento experimental e análises estatísticas**

O delineamento utilizado foi o bloco ao acaso sendo quatro tratamentos (híbridos de milho com textura duro, semiduro, semidentado e dentado) e quatro repetições. As variáveis vitreosidade, densidade e prolamina foram submetidas à análise de variância utilizando o software R (R Development Core Team, 2013) e as médias foram submetidas ao teste Tukey ao nível de 5% de significância. Seguindo-se o modelo estatístico

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + B_k + M_i T_k + e_{ijk}$$



Onde,

$Y_{ik}$ =variáveis observadas

$\mu$  = média geral;

$M_i$ = textura do milho;

$B_k$ = bloco;

$e_{ijk}$  = erros associados as observações  $Y_{ik}$

A análise multivariada para as representações gráficas das variáveis canônicas, considerada em dois eixos cartesianos, foi empregada para expressar a similaridade dos híbridos (híbridos de milhos com textura do tipo duro, semiduro, semidentado e dentado) em relação as análises realizadas nesse estudo são elas físicas e bromatológicas. Foi utilizado o software R (R Development Core Team, 2013) para análise multivariada.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Comparação entre os híbridos de milhos na colheita**

As comparações aqui realizadas foram baseadas nas características físicas dos híbridos logo após a colheita, fase de maturidade fisiológica ou R6, e secagem dos grãos, ou seja no tempo zero de armazenamento. Magalhães e Durães<sup>14</sup> afirmam que no estágio R6 ou maturidade fisiológica os grãos na espiga alcançam o máximo de acúmulo de matéria seca nos grãos e paralisam esse acúmulo a partir da formação da camada preta.

#### **3.2. Relação entre vitreosidade e densidade dos grãos**

Na Tabela 10 estão apresentados os valores de vitreosidade e densidade dos híbridos de milhos com diferentes texturas. Os valores de vitreosidade 79,21 %, 77,77%, 67,47% e 69,87% para os híbridos milhos de textura duro, semiduro, semidentado e dentado, respectivamente, foram diferentes ( $P < 0,05$ ). Para esses híbridos analisados demonstra que a divisão em quatro grupos para textura está equivocada. O correto seria afirmar a existência de apenas dois grupos: os grãos de textura do tipo duro e os grãos de textura do tipo dentado ou farináceo.

Esta comparação foi realizada utilizando os híbridos de milhos de países de clima temperado como os Estados Unidos. Corrêa et al.<sup>7</sup> avaliaram a textura de grãos de milhos de 14 híbridos norte-americanos comparados a cinco híbridos de milhos brasileiros e observaram que os grãos do tipo dentado brasileiro (vitreosidade= 64,2%) são mais vítreos do que os híbridos do tipo duro americano (vitreosidade= 62,3%).

De maneira geral, significa que os grãos americanos são mais digestíveis do que os grãos de milho brasileiros. Avaliando dois tipos de híbridos de milhos diferindo na textura do endosperma do grão (um duro e outro dentado), Philippeau e Michalet-Dureau<sup>15</sup> identificaram uma degradabilidade efetiva de 61,3% e 40,1% para o milho dentado e duro, respectivamente, no estágio de maturidade. E o milho dentado teve uma menor vitreosidade que o milho duro, com 48,1% e 72,3%, respectivamente.

Sendo assim, o valor energético dos cultivares de milho duro, utilizados no Brasil, deve ser inferior aos valores tabulados do National Research Council gerados a partir de

estudos com milho dentado dos Estados Unidos. Sendo assim, deve-se ter atenção para o uso desses programas de balanceamento de rações fazendo a alteração na tabela de alimentos, principalmente, para o milho já que é um alimento de uso universal.

Os valores de densidade de 1,2571 g/cm<sup>3</sup>, 1,2554 g/cm<sup>3</sup>, 1,2240 g/cm<sup>3</sup> e 1,2209 g/cm<sup>3</sup>, para os híbridos de milhos com texturas do tipo duro, semiduro, semidentado e dentado, respectivamente, foram diferentes (P<0,05) entre si (Tabela 1). O comportamento foi semelhante a vitreosidade, com a separação de dois grupos: o grupo 1 formado pelos híbridos do tipo duro e semiduro semelhantes entre si e diferente do grupo 2 composto pelos híbridos do tipo semidentado e dentado.

Tabela 10 - Vitreosidade e densidade médias de híbridos de milhos com diferentes texturas

Híbridos de milhos	Textura	Vitreosidade (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
AS1590	Duro	79,21 <sup>a</sup>	1,2571 <sup>a</sup>
AS3421YG	Semiduro	77,77 <sup>a</sup>	1,2554 <sup>a</sup>
DKB330	Semidentado	67,47 <sup>b</sup>	1,2240 <sup>b</sup>
SHS4070	Dentado	69,87 <sup>b</sup>	1,2209 <sup>b</sup>
CV (%)		7,41	2,23
Desvio padrão da média		5,45	0,027
P*		P<0,001	P<0,001

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

\* P valor do teste F da análise de variância

A dureza do grão é um índice relacionado à proporção de endosperma vítreo por endosperma farináceo e também determinante para medir a densidade. Essa é uma técnica bem mais simples do que a determinação da vitreosidade, sendo essa trabalhosa e demorada. A correlação entre a vitreosidade e densidade foi 0,63 (P<0,01) (Figura 4), e assim a densidade pode ser ferramenta confiável para determinar a vitreosidade.

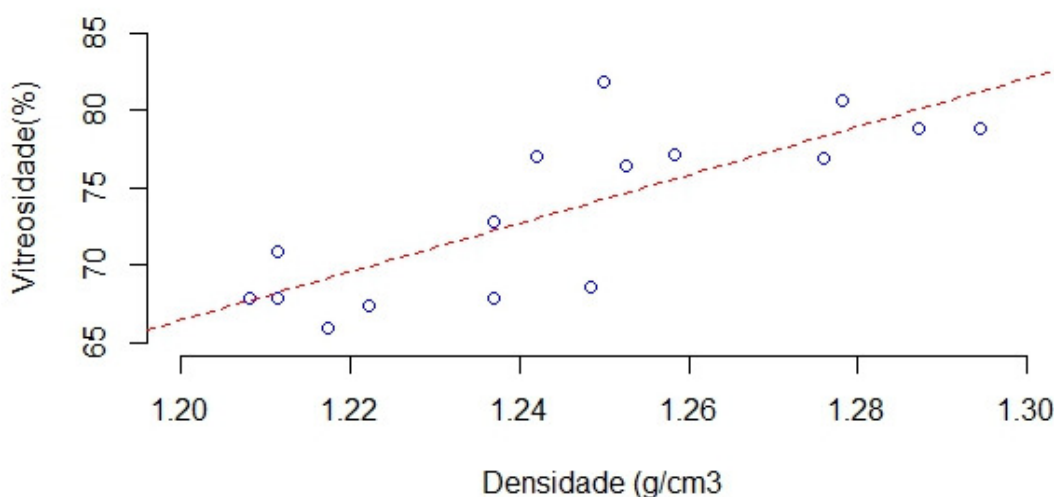


Figura 4. Relação entre vitreosidade e densidade dos híbridos com textura tipo duro, semiduro, semidentado e dentado. Vitreosidade=  $-120,09 + 155,48 \cdot \text{Densidade}$ ;  $r^2=0,63$ ,  $P<0,001$ . Fonte: Dados próprios

### 3.3. Avaliação dos teores de prolamina dos híbridos de milho com diferentes texturas

Os teores de prolamina dos híbridos de milho foram analisados somente no tempo zero ou no início do armazenamento logo após a colheita e secagem dos grãos. Magalhães e Durães<sup>14</sup> afirmam que no estágio R6 ou maturidade fisiológica os grãos na espiga alcançam o máximo de acúmulo de matéria seca nos grãos (ocorre 50 a 60 dias após a polinização) e paralisam esse acúmulo a partir da formação da camada preta. Nesse momento ocorre também a paralização da formação das zeínas.

Os teores de prolamina dos híbridos de milhos analisados no tempo zero de armazenamento foram diferentes ( $P<0,05$ ) entre si (Tabela 11). O híbrido de textura dentada apresentou o menor ( $P<0,05$ ) teor de prolamina com valor de 2,12% na MS. O que está de acordo com a literatura em que milho farináceo possui menor teor de zeína em comparação ao milho duro, Davide<sup>16</sup>.

Quando a prolamina foi expressa em relação à quantidade de PB os teores observados para os híbridos semiduro, duro e semidentado com 41,09%; 38,5% e 39,71%

respectivamente, não diferiram ( $P>0,05$ ). O menor teor obtido foi de 25,77% para o híbrido dentado. Valor abaixo do previamente conhecido de que 30 a 60%, Hamaker et al.<sup>5</sup> ou 50 a 60% Pereira<sup>17</sup> da proteína do grão de milho é composta por prolaminas. Dessa forma, menores teores de prolamina podem resultar em maior facilidade de degradabilidade ruminal do grão.

Ao relacionar a prolamina com o amido observa-se novamente que o híbrido dentado SHS4070 teve o menor teor ( $P<0,05$ ). Os demais híbridos apresentaram teores superiores a 5,0%. Segundo Hoffman e Shaver<sup>18</sup> valores de 5,0 a 6,9% são considerados moderados.

Contudo, é preciso levar em consideração que os valores referenciados na literatura geralmente são de grãos advindos de cultivares americanas, que possuem características genéticas diferentes das encontradas no mercado brasileiro. Sendo assim, são escassas as informações a respeito do conteúdo de prolaminas de híbridos brasileiros.

Tabela 11 – Média do teor de prolamina dos híbridos de milhos com diferentes texturas

Híbridos de milhos	Textura	Prolamina (%MS)	Prolamina (% Proteína)	Prolamina (%Amido)
AS1590	Duro	3,24 <sup>a</sup>	38,85 <sup>a</sup>	5,83 <sup>a</sup>
AS3421YG	Semiduro	3,56 <sup>a</sup>	41,09 <sup>a</sup>	6,19 <sup>a</sup>
DKB330	Semidentado	3,26 <sup>a</sup>	39,71 <sup>a</sup>	5,51 <sup>a</sup>
SHS4070	Dentado	2,12 <sup>b</sup>	25,77 <sup>b</sup>	3,79 <sup>b</sup>
CV (%)		25,01	25,85	26,48
Desvio padrão de média		1,06	11,05	1,67
P*		$P<0,007$	$P<0,013$	$P<0,015$

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ )

\*P valor do teste F da análise de variância

### 3.4. Degradabilidade ruminal dos híbridos de milhos

O processamento dos grãos tem influência crucial na degradabilidade ruminal. Beauchemin et al.<sup>19</sup> utilizaram três bovinos fistulados no rúmen e esôfago para avaliar grãos de cereais inteiros, partidos ao meio, em quatro partes, e grãos mastigados, sobre a degradabilidade ruminal da matéria seca. Os autores verificaram que os grãos de milhos partidos em quatro partes e os grãos mastigados possuem o comportamento semelhante na curva de degradação ruminal. E para os grãos de milhos mastigados a extensão da digestão aumentou de 16% para 68% por um período de 96 horas de incubação. Daí a

justificativa para a utilização dos grãos partidos em quatro para a comparação entre os híbridos de milhos.

A Figura 5, representada pelo gráfico de degradabilidade, mostra a degradabilidade ruminal da MS dos híbridos de milhos com diferentes texturas. Pode-se observar que os grãos dentados e semidentados obtiveram as maiores taxas de degradação comparadas aos duros e semiduros. E também a formação de dois grupos distintos de híbridos de milhos sendo o tipo duro (menor degradação) e o tipo dentado (maior degradação).

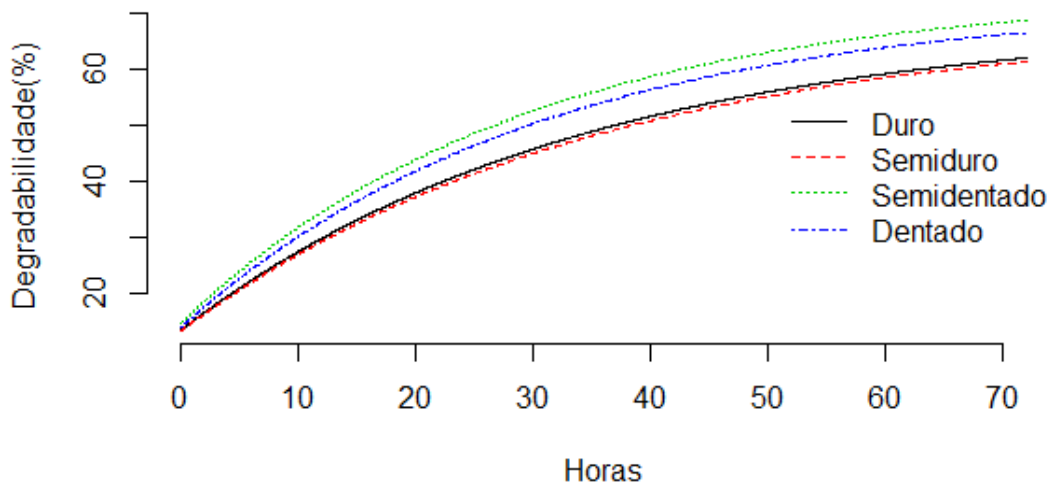


Figura 5. Degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) dos híbridos de milhos com texturas duro, semiduro, semidentado e dentado.

As frações solúveis para os híbridos foram maiores ( $P < 0,001$ ) para os híbridos com textura do tipo dentado (14,04%) e semidentado (14,83%) do que para os híbridos de textura do tipo duro (13,54%) e semiduro (13,40%) (Tabela 12).

Tabela 12. Médias das frações solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c) e degradação efetiva (DE) da matéria seca (MS) dos híbridos de milhos para taxas de passagem (kp) de 2%/h; 5%/h; e 8%/h

Variáveis	Híbridos				Média	CV(%)	P*
	Duro	Semiduro	Semidentado	Dentado			
Fração a (%)	13,54	13,40	14,83	14,04	13,95	38,8	ns
Fração b (%)	55,14 <sup>a</sup>	55,00 <sup>a</sup>	58,89 <sup>b</sup>	57,97 <sup>b</sup>	56,75	10,7	0,001
Fração c (%)	0,029 <sup>a</sup>	0,029 <sup>a</sup>	0,034 <sup>b</sup>	0,033 <sup>b</sup>	0,0312	12,8	0,0013
Deg. Potencial (%)	68,6 <sup>a</sup>	68,4 <sup>a</sup>	73,72 <sup>b</sup>	72,01 <sup>b</sup>		10,8	0,002
Deg. Efetiva (%; kp=0,02%/h)	46,31	45,72	51,91	50,13	48,52		
Deg. Efetiva (%; kp=0,05%/h)	33,91	33,37	38,67	37,09	35,76		
Deg. Efetiva (%; kp=0,08%/h)	28,32	27,85	32,39	30,97	29,88		

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

\*P valor do teste F da análise de variância

As frações potencialmente solúveis “b” foram menores ( $P < 0,001$ ) para os híbridos com textura do tipo duro (55,14%) e semiduro (55,0%) do que os híbridos de textura do tipo dentado (57,97%) e semidentado (58,89%). Os grãos de textura tipo duro possuem matriz proteica mais densa do que os grãos do tipo macio. Caracterizando-os com a diminuição dos espaços vazios dentro dos grãos e dificultando a degradação da matéria seca.

Isto mostra que a textura dentada dos grãos de milho permite maior ação dos microrganismos ruminais em relação aos grãos de textura dura. Híbridos de textura dura nos quais predominam endospermas de alta vitreosidade podem apresentar acentuada redução na degradabilidade ruminal em relação à híbridos de textura dentada, Pereira et al.<sup>3</sup>.

Goes et al.<sup>20</sup> utilizaram ovinos Santa Inês para determinar os padrões cinéticos de degradação da matéria seca e da proteína bruta de grãos de oleaginosas. Os grãos de milhos foram triturados em moinho tipo “martelo” com granulometria aproximada de 5 mm. Os autores verificaram fração solúvel de 12,3% e degradação fração “b” de 57,23% para o milho moído grosso e utilizando saquinhos de náilon para incubação *in situ*.

Cação et al.<sup>21</sup> utilizaram três bovinos cruzados, holandês x zebu, para avaliar a degradação ruminal da matéria seca de híbridos de milhos (semiduro) ensilados, extrusados e secos. Os autores verificaram valores de degradação potencial de 78,3% para os híbridos secos moídos em peneiras de 3 mm. Neste trabalho a degradabilidade em potencial do híbrido semiduro foi de 68,4%, ou seja, inferior ao trabalho de Cação et al.<sup>21</sup>, possivelmente devido ao processamento do grão. Os grãos que sofrem maior rompimento da matriz proteica certamente serão mais aproveitados pelo rúmen.

Correa et al.<sup>7</sup> avaliaram o efeito da dureza do grão (vitreosidade, %) comparando híbridos brasileiros com híbridos americanos, sobre a cinética de degradação ruminal da MS e do amido. Os híbridos brasileiros apresentaram na média, 73,2% de vitreosidade, valor 56% maior que a média dos híbridos americanos (47%).

A degradação da fração A (%) do amido dos híbridos brasileiros foram cerca de 5 vezes menor que a dos híbridos americanos (6,1% x 31%). Esse impacto negativo da vitreosidade sobre a degradabilidade ruminal do amido e da MS e a alta correlação negativa entre vitreosidade e disponibilidade ruminal de amido de -0,93 ( $p < 0,001$ ) sugerem que a vitreosidade pode servir de parâmetro para selecionar híbridos de milho para a alta disponibilidade de amido ruminal, Correa et al.<sup>7</sup>.



Lopes et al.<sup>22</sup> avaliando a degradabilidade ruminal *in situ* de silagens de milho de diferentes vitreosidades, encontraram que a silagem confeccionada com milho apresentando grãos que se caracterizam por serem duros apresentou a menor degradabilidade efetiva da matéria seca, independente das taxas de passagem no rúmen.

Cantarelli<sup>23</sup>, avaliando a composição química, a vitreosidade e os valores nutricionais de diferentes híbridos de milho através de um ensaio de metabolismo em suínos, encontrou um maior coeficiente de digestibilidade da matéria seca, coeficiente de digestibilidade da proteína bruta e energia digestível para o híbrido dentado em relação aos híbridos duros, concluindo que o milho dentado apresenta menor vitreosidade e por isso, melhor valor nutricional quando comparado aos híbridos semidentado e duro, mostrando que a vitreosidade pode ser um bom parâmetro para selecionar híbridos de milho comum.

### **3.5. Análise multivariada da composição bromatológica e características físicas dos híbridos de milhos**

Na Figura 6 está ilustrado o gráfico de dispersão representado pelos escores das variáveis canônicas. Ou seja, o efeito dos agrupamentos das variáveis com características físicas (densidade, vitreosidade, prolamina, condutividade elétrica) e bromatológicas (matéria seca, matéria orgânica, cinzas, proteína bruta, extrato etéreo, amido, fibra em detergente neutro e carboidratos não fibrosos) dos híbridos de milhos analisados no momento pós-colheita.

Na análise fundamentada por Variáveis Canônicas (CAN), verificou-se que as duas variáveis CAN 1 e CAN 2 explicaram 95,4% da variância total acumulada, sendo CAN1 responsável por 69,9% e CAN2 por 25,5% (Figura 6). Estes valores são considerados satisfatórios para representação gráfica bidimensional, o que é possível quando as Variáveis Canônicas explicam mais de 80% da variância contida no conjunto de características analisadas, Cruz et al.<sup>24</sup>.

Pode-se observar através da Figura 6 que os híbridos com textura dura e semidura tiveram o mesmo comportamento durante o período de armazenagem estudado. Por outro lado, os híbridos com textura do tipo dentado e semidentado tiveram comportamento

semelhante demonstrando assim a separação dos dois grupos baseados nas características físicas e bromatológicas dos grãos armazenados.

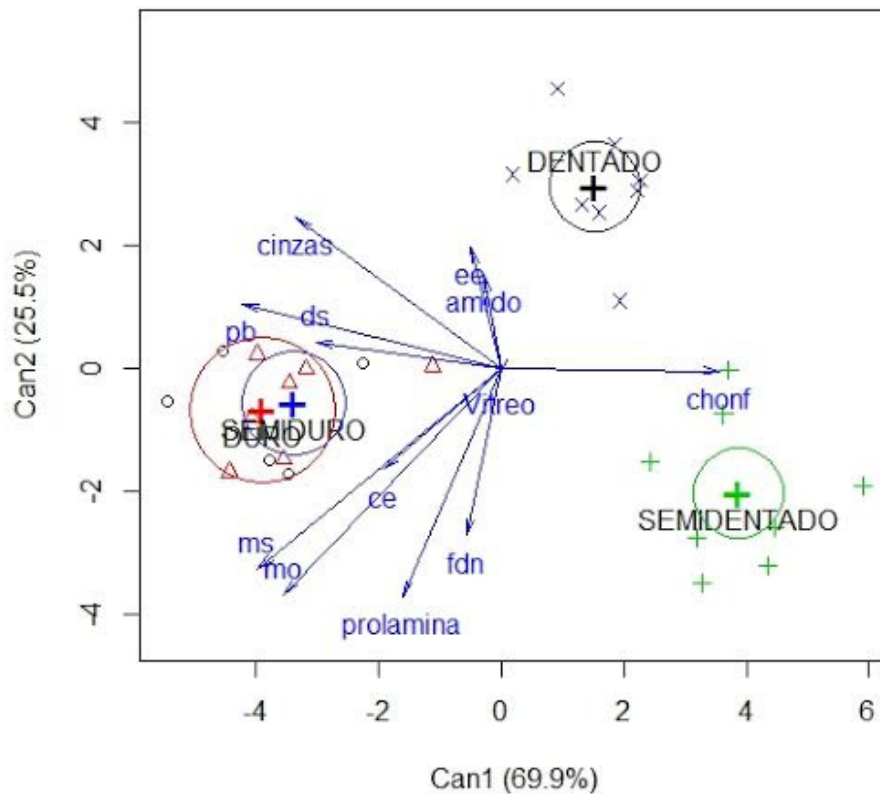


Figura 6. Gráfico das variáveis canônicas (CAN 1 e CAN 2) representando o agrupamento das características químicas e físicas dos híbridos de milho com texturas do tipo duro, semiduro, semidentado e dentado (pb-proteína bruta; ds- densidade; ms- matéria seca; mo-matéria orgânica; ce-condutividade elétrica; víteo- vitreosidade; fdn-fibra em detergente neutro; chonf-carboidrato não fibroso; ee- extrato etéreo)

A análise de variáveis canônicas é uma técnica de análise multivariada que permite a redução da dimensionalidade dos dados e detecta o efeito simultâneo de características originais e com isso pode capturar variações não percebidas quando do uso de

características originais isoladamente, Varella<sup>25</sup>. Fato ocorrido neste trabalho já que as análises uni variadas não mostraram significância ( $P>0,05$ ) na sua maioria e, no entanto, através da análise multivariada pode-se verificar respostas ( $P<0,035$ ) para os híbridos.

Este é um método muito utilizado na seleção e comparação entre variedades de híbridos de milho em programas de melhoramento genético com uso de características agronômicas para obtenção de materiais genitores. No entanto, não há trabalhos utilizando o agrupamento ou correlacionando as características bromatológicas e físicas dos grãos de milho.

Na Figura 6 além dos agrupamentos dos híbridos estão indicadas também as correlações entre as variáveis. Variáveis mais próximas, com ângulo entre as setas se fechando, têm correlação elevada e positiva ( $r_{xy}=+1$ ). Variáveis opostas no gráfico, tendendo a formar um ângulo de  $180^\circ$ , tem correlação elevada e negativa ( $r_{xy}= -1$ ). Variáveis onde o ângulo entre as setas tende a  $90^\circ$  tem correlação aproximadamente nula ( $r_{xy}=0$ ).

Pode-se perceber correlação alta e positiva entre a vitreosidade e prolamina (Figura 6) sendo assim através da análise do teor de prolamina pode-se estimar se o grão é mais ou menos vítreo, e conseqüentemente, se possui maior ou menor degradabilidade ruminal.

Outras variáveis que apresentaram correlação alta e positiva foram os teores de matéria seca, matéria orgânica e condutividade elétrica.

Correlações altas e negativas foram observadas entre o teor de amido e as variáveis fdn e prolamina. Indicando que ao selecionar híbridos com maiores teores de amido, por outro lado, estaremos reduzindo os teores de fdn e ou prolamina. Assim, optando por híbridos mais energéticos e possivelmente com maior facilidade de degradação ruminal.

#### **4. CONCLUSÕES**

Quanto a avaliação de similaridade baseadas nas características físicas, e degradabilidade ruminal, pode-se observar a existência de dois grupos distintos sendo um formado pelo duro AS1590 e semiduro AS3421YG e o outro pelo semidentado DKB330 e dentado SHS4070.

Os híbridos de milhos semidentado DKB330 e dentado SHS4070 apresentaram melhor eficiência na degradação ruminal.

## 5. REFERÊNCIAS

1. Paes MCD. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006, 20p.
2. Ngonyamo-Majee D, Shaver RD, Coors JG. Relationship between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm. II. Ruminant and post-ruminant degradabilities. *Animal Feed Science and Technology*, 2008, 142(1):259-274.
3. Pereira MN, Pinho RG, Bruno RGS, Calestine GA. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. *Sci Agr.*, 2004, 61(4):358-363.
4. McAllister TA, Hristov AN, Beauchemin KA, Rode LM, Cheng KJ. Enzymes in ruminant diets. In: Bedford MR, Partridge GG, editors. *Enzymes in farm animal nutrition*. Oxon: Cab International; 2001. p.273-298
5. Hamaker BR, Mohamed AA, Habben JE, Huang CP and Larkins BA. Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamin contents than the conventional method. *Cereal Chem* [on line], 1995; 72(6):583-588[acesso em 2 mar 2010]. Disponível em:[http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72\\_583.pdf](http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72_583.pdf).
6. Cotta M. Amyolytic of Selected Species of Ruminant Bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 1988; 54(3):772-776.
7. Correa CES, Shaver RD, Pereira MN, Laure JG, Kohn K. Relationship Between Corn Vitreousness and Ruminant In Situ Starch Degradability. *J. Dairy Sci.*2002; 85(1):3008–3012.
8. Pratt RC, Paulis JW, Miller K, Nelsen T and Bietz JA. Association of zein classes with maize kernel hardness. *Cereal Chem*[on line], 1995; 72(2):162-167[acesso em 3 fev 2010]. Disponível em:[http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72\\_162.pdf](http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72_162.pdf)
9. Larson J, Hoffman PC. Technical Note: A method to quantify prolamin proteins in corn that are negatively related to starch digestibility in ruminants. *J of Dairy Sci*, 2008; 91(12): 4834–4839.
10. Casali AO, Detmann E, Valadares Filho SC, Pereira JC, Henriques LT, Freitas SG, Paulino MF. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. *R Bras Zootec*[on line], 2008; 37(2): 335-342 [acesso em 2 fev 2010]. Disponível em: <http://www.revista.sbz.org.br/artigo/visualizar.php?artigo=7038>

- 11 Hungington JA, Givens DI. The in situ technique for studying rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutr Abstr and Rev*, 1995; 65(1):63-95.
- 12 AOAC. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis. 15ed. Washington: AOAC, 1990.
- 13 Orskov ER and McDonald P. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J of Agri Sci*, 1979; 92(1):499-503.
- 14 Magalhães PC, Durães FOM. Fisiologia da Produção de Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p.
- 15 Philippeau C, Michalet-Doreau B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *An Feed Sci Tech*, 1997; 68(1): 25–35.
- 16 Davide LMC, Ramalho MAP, Figueiredo UJS. Assessment of genetic parameters of degradability in maize grains due to indentation scores. *Sci agri*, 2011; 68(3): 347-352.
- 17 Pereira RC. Relação entre características estruturais e bioquímicas e a textura do grão de milho [Tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- 18 Hoffman PC, Shaver RD, 2009. Corn Biochemistry: Factors Related to Starch Digestibility in Ruminants. Dairy Health and Nutrition Conference New York.
- 19 Beauchemin KA, McAllister TA, Dong Y, Farr I and Cheng KJ. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *J Anim Sci*[on line], 1994; 72(1): 236-246[acesso em 2 fev 2010]. Disponível em: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/72/1/236>. Doi:/1994.721236x
- 20 Goes BTHR, Souza KA, Nogueira KAG, Pereira DF, Oliveira ER, Brabes KCS. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta, e tempo de colonização microbiana de oleaginosas, utilizadas na alimentação de ovinos. *Acta Sci Anim Sci* [on line], 2011; 33(4): 373-378 [acesso em 2 mar 2012]. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/11388/11388>. DOI: 10.4025/actascianimsci.v33i4.11388
- 21 Cação MMF, Costa C, Meirelles PRL, Ezequiel JMB, Galati RL, Silva MG. Degradabilidade ruminal da matéria seca de grãos de milho e de sorgo com alto ou baixo conteúdo de tanino processados. *Rev Bras de Saúde Prod Anim*, 2012; 13(2): 516-528. ISSN 1519 9940
- 22 Lopes JC, Shaver RD, Hoffman PC, Akins MS, Bertics SJ, Gencoglu H and Coors JG.

Type of corn endosperm influences nutrient digestibility in lactating dairy cows. *J of Dairy Sci* [on line], 2009; 92(9): 4541-4548 [acesso em 10 dez 2011]. Disponível em: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(09\)70780-5/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(09)70780-5/pdf)

- 23 Cantarelli VS. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos [Dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.
- 24 Cruz CD, Carneiro PCS, Regazzi AJ. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 2014. 668p.
- 25 Varella CAA. Estimativa da produtividade e do estresse nutricional da cultura do milho usando imagens digitais. [Tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Engenharia Agrícola, 2004.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O milho se destina tanto para o consumo humano quanto para a alimentação dos animais. A produção de milho no Brasil é elevada, porém a demanda pelo grão também é alta e qualquer desequilíbrio pode afetar os preços desse alimento. Sendo assim, a armazenagem do milho é um processo importante que pode tornar o sistema produtivo mais econômico. Pois, evita a comercialização nos períodos de pico de safra e maior poder na tomada de decisão.

Quanto ao destino para a alimentação animal, é um alimento de alta qualidade e principal fonte de energia, seja na forma de volumoso ou grãos. Seu principal constituinte, o amido, está presente no endosperma do grão e suas características podem interferir no valor nutritivo do alimento.

Desta forma, a textura do grão apresenta o tipo duro que são grânulos de amido arranjados mais densamente e o endosperma farináceo, comercialmente denominado dentado, que são grânulos de amidos ligados mais frouxamente com presença de espaços vazios. No entanto, o tipo de indentação do grão não é a forma mais correta para avaliação da textura do grão. Mas sim a determinação da vitreosidade que é a relação do endosperma vítreo sobre o endosperma total.

Outro fator importante a ser considerado é a matriz protéica associada aos grânulos do amido, que dependendo do tipo do cereal, servirá como barreira física para o acesso dos microrganismos aos grânulos de amido. Portanto, a determinação do teor de prolamina é uma ferramenta importante para determinar o grau de dureza do grão que pode influenciar na qualidade e no processamento desses grãos.

Portanto, quanto ao aspecto nutricional a escolha do tipo do híbrido de milho terá influência no aproveitamento da energia dos grãos pelos animais. Infelizmente no Brasil o mercado possui mais de 90% dos grãos do tipo duro. Isto dada a sua maior produtividade no campo, maior resistência ao ataque de insetos e fungos durante o armazenamento.

Desta forma, o milho produzido no Brasil possui a vantagem de ser indicado para armazenagem devido ao seu grau de resistência e mais produtivo do que o milho farináceo. Por outro lado, os grãos farináceos são mais digestíveis, e o que ficou demonstrado nesse trabalho é que não foram diferentes dos híbridos duros quanto ao armazenamento.



No entanto, mais pesquisas são necessárias para se ter o conhecimento sobre o desempenho do animal, avaliação de carcaças, entre outras.

## ANEXO 1 – Parecer do comitê de ética do projeto de pesquisa do doutorado


**15. RESOLUÇÃO DA COMISSÃO****15.1 Em caso de APROVAÇÃO:**

A Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA, na sua reunião de 09/05/13 , APROVOU os procedimentos éticos apresentados neste Protocolo 016/2013, projeto intitulado **QUALIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO ARMAZENADO EM CINCO PERÍODOS.**

Pesquisadores responsáveis:

MSc. Sandro de Castro Santos,

Prof. Dr. Juliano José de Resende Fernandes



Coordenadora da CEUA/IF Goiano