Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Características químicas e físicas de diferentes tipos de milho segregados em
mesa densimétrica e sua influência sobre o valor nutricional para frangos de corte

Glaucia Samira Napty Komatsu

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

Piracicaba
2018

Glaucia Samira Napty Komatsu
Engenheiro Agrônomo

Características químicas e físicas de diferentes tipos de milho segregados em mesa densimétrica e sua influência sobre o valor nutricional para frangos de corte

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ FERNANDO MACHADO MENTEN**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Komatsu, Glaucia Samira Napty

Características químicas e físicas de diferentes tipos de milho segregados em mesa densimétrica e sua influência sobre o valor nutricional para frangos de corte / Glaucia Samira Napty Komatsu. - - Piracicaba, 2018.

66 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Milho 2. Nutrição 3. Energia metabolizável 4. Densidade 5. Mesa densimétrica 6. Vitreosidade I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese aos meus pais Elias e Mariza, meu marido Sandro e meus filhos Caio e Giovana, pelo suporte, encorajamento, carinho e dedicação, sem o apoio dos quais, não conseguiria chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

À Grande Mãe, pela vida, consciência e oportunidades.

À minha mãe Mariza por abrir o caminho e me ensinar a trilhá-lo com meus próprios passos, por todo amor e dedicação.

Ao meu pai Elias pela vida, por todo amor e por ser meu maior incentivador.

À minha irmã Renata e meu irmão Renato pelo carinho, amor e apoio

Ao meu marido Sandro por estar sempre ao meu lado, me apoiar nos meus piores momentos e me mostrar que sou capaz de seguir adiante.

Aos meus filhos Caio e Giovana por todo amor, ajuda, compreensão, torcida e encorajamento.

Ao meu orientador José Fernando Machado Menten, meu querido mestre, por todo apoio, paciência e confiança.

Aos professores do meu comitê de orientação e da banca de qualificação por terem contribuído para a construção e aprimoramento do meu trabalho de pesquisa.

A todos os professores da pós-graduação que contribuíram para minha formação durante o doutorado.

Aos queridos companheiros de jornada Álvaro, Ana Beatriz, Cristiano, Diana, Jaqueline, José Guilherme, Kelen, Naiara, Natália e Rafaela por toda contribuição para o trabalho e para a vida.

Às amigas Sílvia Bujokas e Rachel Rosseto por toda ajuda e suporte durante essa etapa.

Aos funcionários Alexandre e Paulinho que tanto me ajudaram, sempre dispostos e dedicados.

Aos funcionários do setor de não ruminantes por todo auxílio, dedicação e bom humor, mesmo durante os trabalhos mais pesados.

Aos estagiários Alex, Daniel, Felipe, Silvia e Victor pela ajuda com as infinitas horas dissecando milho.

A todos amigos e familiares pelo suporte, carinho e compreensão.

Ao Cláudio Segatelli, por todo apoio antes, durante e depois do plantio do milho.

Ao Departamento de Genética por ceder a área para o plantio e professor Roberto pelo auxílio.

Aos funcionários da Estação Experimental de Anhumas.

Ao professor Tadeu pelo auxílio na análise dos dados.

Ao Departamento de Produção Vegetal, professor Sílvio e funcionários Erreinaldo e Helena.

Ao Laboratório de Física dos Solos, professor Jair e funcionários.

Ao Incubatório Godave da Granja Flamboiã pela doação dos pintinhos.

À Dekalb pela doação de sementes.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), ao Departamento de Zootecnia e ao programa Ciência Animal e Pastagens pela oportunidade da realização deste doutorado.

À CAPES e CNPq pela concessão de bolsa e auxílio.

Enfim a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para que este trabalho fosse realizado, os presentes e os que já se foram, vocês estarão sempre em minha memória.

Minha sincera gratidão.

BIOGRAFIA

Glaucia Samira Napty – nascida em Piracicaba, 05 de abril de 1979. Engenheira Agrônoma graduada pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” em janeiro de 2007. Iniciou o mestrado em março de 2012 pelo programa de pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e obteve o título de Mestra em Ciências em Julho de 2014. Em agosto de 2014 iniciou o curso de doutorado no mesmo programa onde desenvolve pesquisa na área de nutrição avícola.

EPÍGRAFE

*“O “ser humano” é uma casa de hóspedes.
Cada manhã é uma nova visita.*

*Uma alegria, uma depressão, uma maldade,
um momento de consciência momentânea aparece
como uma visita inesperada.*

*Dá-lhes as boas vindas e entretenha-os todos!
Mesmo que seja uma multidão de mágoas,
que violentamente varrem a tua casa e esvaziam tua mobília,
mesmo assim, trata honradamente cada hóspede.
Ele pode estar a limpar-te
para que possas receber uma nova alegria.*

*O pensamento obscuro, a vergonha, a malícia,
recebe-os à porta rindo,
e convida-os para entrarem.*

*Sê grato por quem quer que entre,
porque cada um foi enviado,
como um guia do além.”
Rumi*

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS.....	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. O MILHO	15
2.1.1. <i>Composição</i>	15
2.1.2. <i>Textura</i>	16
2.1.3. <i>Proteínas</i>	17
2.1.4. <i>Energia</i>	18
2.1.5. <i>Amido</i>	19
2.1.6. <i>Variações na composição</i>	20
2.2. DIGESTIBILIDADE EM ANIMAIS	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. PRIMEIRA ETAPA – CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS	25
3.1.1. <i>Obtenção dos tipos de milho</i>	25
3.1.1.1. Seleção dos materiais e cultivo	25
3.1.1.2. Colheita e secagem	25
3.1.2. <i>Obtenção das frações</i>	26
3.1.2.1. Segregação por densidade	26
3.1.2.1. Segregação por região da espiga	27
3.1.3. <i>Análises químicas e qualitativas</i>	28
3.1.4. <i>Análises físicas</i>	29
3.2. SEGUNDA ETAPA – USO DOS DIFERENTES TIPOS DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE	30
3.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	32
4. RESULTADOS	35
4.1. PRIMEIRA ETAPA – CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE GRÃOS	35
4.1.1. <i>Grão inteiro</i>	35
4.1.1.1. Análises químicas e qualitativas	35
4.1.1.2. Análises físicas	35
4.1.2. <i>Caracterização das frações dos tipos de grãos</i>	37
4.1.2.1. Segregados por densidade	37
4.1.2.1.1. Análises químicas e qualitativas.....	37
4.1.2.1.2. Análises físicas.....	38
4.1.2.2. Segregados por região da espiga	41
4.1.2.2.1. Análises químicas e qualitativas.....	41
4.1.2.2.2. Análises físicas.....	41
4.1.3. <i>Caracterização geral dos grãos</i>	44
4.2. SEGUNDA ETAPA – ENSAIO DE METABOLISMO.....	45
5. DISCUSSÃO	51
5.1. CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS	51
5.2. CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E EMAN PARA FRANGOS DE CORTE DE MILHO DE DIFERENTES TIPOS E DENSIDADES	55
6. CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS	59
ANEXOS	65

RESUMO

Características químicas e físicas de diferentes tipos de milho segregados em mesa densimétrica e sua influência sobre o valor nutricional para frangos de corte

O milho é o principal alimento energético utilizado nas rações de frangos de corte e de aves em geral na maioria dos países. Os principais componentes do grão de milho são o endosperma, rico em amido, mas também contendo proteínas, e o gérmen, rico em lipídios e proteínas; além desses componentes, o pericarpo e a ponta do grão são ricos em materiais fibrosos, hemicelulose e celulose. Nas rações à base de milho, este cereal é maior fornecedor de energia disponível para as aves e, como a energia representa o maior custo das rações, existe um interesse imediato de se utilizarem valores precisos de energia metabolizável na sua formulação. Entretanto, existem tipos bastante distintos de grãos de milho sendo produzidos, especialmente quanto à textura do endosperma, representados por grãos dentados, com maior proporção de endosperma farináceo, grãos semi-dentados e grãos duros, com maior proporção de endosperma vítreo. As variações no valor nutricional, principalmente valor energético, dos diferentes tipos normalmente não são exploradas na indústria de rações. Na literatura, existem indicações de que milho de densidade alta segregado em mesa densimétrica contém maior valor de energia metabolizável do que a fração correspondente de baixa densidade, mas os motivos não são esclarecidos. Com base nesses fatos, foi desenvolvido este projeto em que foram produzidos, sob condições de cultivo semelhante, três híbridos de milho de grãos duros, semiduros e dentados. Foi feita colheita manual e debulha mecanizada, sendo o milho de grãos semiduros foi usado como padrão e os grãos duros e dentados foram segregados em mesa densimétrica para separar 25% do total como densidade alta e 25% como densidade baixa. Espigas dos três materiais foram colhidas inteiras e foram separadas em base, meio e ponta par caracterização dos grãos. Nas diferentes frações obtidas foram feitas determinações de energia bruta e composição bromatológica e determinações físicas do peso específico, peso hectolítico, peso de mil grãos, peso relativos das partes (endosperma, gérmen, pericarpo mais ponta), forma (altura, largura e profundidade) e vitreosidade do endosperma. Os milhos duro, semiduro e dentado e as frações de alta e baixa densidade dos milhos duro e dentado foram utilizados em um ensaio de metabolismo com frangos de corte de 20 a 29 dias de idade, com 9 repetições, para determinação da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio EMAN). Na análise estatística do ensaio de metabolismo foi feita análise de variância e comparação de médias por contrastes ortogonais; para as demais variáveis foram aplicadas técnicas de análise multivariada de agrupamentos, de componentes principais e de correlações simples. O peso hectolítico dos diferentes tipos de milho refletiu adequadamente seu peso específico, variando de 683 a 768 g/L para o milho dentado e de 778 a 802 g/L para o milho duro, sendo o semiduro intermediário. A EMAN variou de 3,109 a 3,194 kcal/g para o milho dentado e de 3,141 a 3,211 kcal/g para o milho duro. Considerando-se todas as características avaliadas, ficaram evidentes os agrupamentos para as diferentes frações dentro de cada um dos tipos, duro e dentado, e dentro de cada tipo os agrupamentos entre grãos de alta densidade com os da base e meio da espiga e os grãos de baixa densidade com os da ponta da espiga. Também, o peso específico, peso hectolítico, vitreosidade, porcentagem de gérmen e porcentagem de lipídios foram mais determinantes para os grãos duros do que para os dentados, com maior impacto sobre a EMAN.

Palavras-chave: Milho; Nutrição; Energia metabolizável; Densidade; Mesa densimétrica; Vitreosidade

ABSTRACT

Chemical and physical traits of different types of corn segregated in densimetric table and their effects on the nutritional value for broiler chickens

Corn is the main energy feed used in broiler and other poultry rations in most countries. The main components of corn are the endosperm, rich in starch, but also containing proteins, and the germ, rich in lipids and proteins; besides these components, the pericarp and the tip of the grain are rich in fibrous materials, hemicellulose and cellulose. In corn-based diets, this cereal is the largest supplier of available energy to poultry, and since energy represents the highest cost in the feed, there is an immediate interest in using precise values of metabolizable energy in their formulation. However, there are different types of corn grains being produced, especially in regard to the texture of the endosperm, represented by dent grains, with a higher proportion of farinaceous endosperm, semi-dent grains and flint grains, with a higher proportion of vitreous endosperm. Variations in nutritional value, mainly energy value, of the different types of corn are not usually exploited in the feed industry. In the literature, there are indications that high density corn segregated in densimetric table contains higher value of metabolizable energy than the corresponding fraction of low density, but the reasons are not clear. Based on these facts, this project was developed in which three hybrids of flint, semi-dent and dent corn were produced under similar growing conditions. The corn was manually harvested and mechanically shelled, with semi-dent grain corn being used as standard, and the flint and dent grains were segregated in a densimetric table to separate 25% of the total as high density and 25% as low density. Individual ears of the three materials were collected whole and were separated in base, middle and tip for characterization of the grains. In the different fractions obtained, determinations of gross energy and bromatological composition and physical determinations of specific weight, hectoliter weight, weight of a thousand grains, relative weight of the parts (endosperm, germ, pericarp plus tip), shape (height, width and depth) and vitreousness of the endosperm. The flint, semi-dent and dent corn and the high and low density fractions of flint and dent corn were used in a metabolism assay with broiler chickens from 20 to 29 days of age, with 9 replicates, to determine the Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy (ME_N). In the statistical analysis of the metabolism assay analysis of variance was performed and comparison of means by orthogonal contrasts; for the other variables, techniques of multivariate analysis of clusters, main components and simple correlations were applied. The hectoliter weight of the different types of corn adequately reflected their specific weight, varying from 683 to 768 g/L for dent corn and from 778 to 802 g/L flint corn, the semi-dent corn being intermediate. ME_N ranged from 3.109 to 3.194 kcal/g for dent corn and from 3.141 to 3.211 kcal/g for flint corn. Considering all the characteristics evaluated, it was evident the clustering of the different fractions within each corn type, flint and dent, and, within each type, the clustering between the grains with high density and those of the base and middle of the ear and the grains with low density and those of the tip of the ear. Also, the specific weight, hectoliter weight, vitreousness, percentage of germ and percentage of lipids were more determinant for the flint grains than for the dent grains, with greater impact on ME_N.

Keywords: Corn; Nutrition; Metabolizable energy; Density; Densimetric table; Vitreousness

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Componentes do grão de milho.....	16
FIGURA 2. Grãos colhidos dos materiais duro, dentado e semiduro	26
FIGURA 3. Mesa densimétrica acoplada à classificadora de sementes.....	27
FIGURA 4. Partes dissecadas do grão	28
FIGURA 5. Esquema do corte das espigas	28
FIGURA 6. Equipamentos utilizados nas análises físicas.....	30
FIGURA 7. Análise de agrupamentos das análises químicas e qualitativas dos tipos DURO, DENTADO e SEMI e frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX).....	40
FIGURA 8. Análise de agrupamentos das análises físicas dos tipos DURO, DENTADO e SEMI e frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX).....	40
FIGURA 9. Análise de agrupamentos das variáveis químicas, qualitativas e físicas selecionadas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e as frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX).....	40
FIGURA 10. Análise de agrupamentos das análises químicas e qualitativas dos tipos DURO, DENTADO e SEMI e as frações Duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e Dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente).....	43
FIGURA 11. Análise de agrupamentos das análises físicas dos tipos DURO, DENTADO e SEMI e as frações Duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e Dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente).....	43
FIGURA 12. Análise de agrupamentos das variáveis químicas, qualitativas e físicas selecionadas dos tipos DURO, DENTADO e SEMI e as frações Duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e Dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente).....	44
FIGURA 13. Análise de agrupamentos das variáveis químicas, qualitativas e físicas selecionadas dos tipos DURO, DENTADO e SEMI, frações segregadas por densidade (DUROAL, DUROBX, DENTAL e DENTBX) e região da espiga (DUB, DUM, DUP, DENB, DENM e DENP).....	45
FIGURA 14. Análise dos componentes principais das características químicas, qualitativas e físicas dos tipos DURO, DENTADO e SEMI e frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX).....	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Ingredientes e composição nutricional calculada da dieta referência	32
TABELA 2. Análise química dos tipos de grão duro, dentado e semiduro	36
TABELA 3. Análise química partes dissecadas dos tipos de grão duro, dentado e semiduro	36
TABELA 4. Análises físicas dos tipos de grão duro, dentado e semiduro	36
TABELA 5. Avaliação qualitativa dos tipos duro, dentado e semi e as frações segregadas por densidade (DUROAL, DUROBX, DENTAL e DENTBX) e região da espiga (DUB, DUM, DUP, DENB, DENM e DENP)	37
TABELA 6. Análise química das frações duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)	39
TABELA 7. Análise química partes dissecadas das frações duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)	39
TABELA 8. Análises físicas das frações duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)	39
TABELA 9. Análise química das frações duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente)	42
TABELA 10. Análises físicas das frações duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente) ^a	42
TABELA 11. Demonstração das etapas do cálculo da energia metabolizável aparente e corrigida para o valor de nitrogênio	47
TABELA 12. Médias de energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida para o valor de nitrogênio (EMAn) dos tipos DURO, DENTADO e SEMI e frações duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)	48
TABELA 13. Coeficientes de correlação das características químicas, qualitativas e físicas selecionadas dos tipos DURO, DENTADO e SEMI e frações duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)	49

LISTA DE ABREVIATURAS

ALT	Altura do grão
AVAR	Porcentagem de grãos avariados
CAR	Porcentagem de grãos carunchados
DENB	Fração da região da base da espiga do milho dentado
DENM	Fração da região do meio da espiga do milho dentado
DENP	Fração da região da ponta da espiga do milho dentado
DENTAL	Fração de densidade alta do grão dentado
DENTBX	Fração de densidade baixa do grão dentado
DMC	Distância máxima entre clusters
DUB	Fração da região da base da espiga do milho duro
DUM	Fração da região do meio da espiga do milho duro
DUP	Fração da região da ponta da espiga do milho duro
DUROAL	Fração de densidade alta do grão duro
DUROBX	Fração de densidade baixa do grão duro
EB	Energia bruta
EE	Extrato etéreo
EMA	Energia metabolizável aparente
EMAmMi	EMAn do milho testado
EMAn	Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio
END	Porcentagem de endosperma
ENN	Extrativos não nitrogenados
FB	Fibra bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
GER	Porcentagem de gérmen
IMP	Porcentagem de impurezas
LARG	Largura do grão
MG	Peso de 1000 grãos
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
PB	Proteína bruta
PE	Peso específico
PHE	Peso hectolítrico
PPON	Porcentagem de pericarpo e ponta
PROF	Profundidade do grãos
QUEBR	Porcentagem de grãos quebrados
VTTR	Vitreosidade

1. INTRODUÇÃO

O milho é utilizado como matéria prima para elaboração de muitos produtos porém, a indústria de ração animal absorve a maior parte dos grãos produzidos no Brasil. Estima-se que a cadeia produtiva de aves e suínos seja responsável pelo consumo de 55% da produção nacional de milho (ABIMILHO, 2015).

Apesar de apresentar qualidade proteica inferior à do arroz e do trigo, em decorrência de sua limitação em aminoácidos essenciais, especialmente em lisina e triptofano (NAVES et al. 2004), o milho assume papel importante na formulação de dietas para aves, pois compõe cerca de 60% de uma ração inicial de frangos de corte e, aproximadamente, 65% da energia metabolizável, além de 22% da proteína na fase inicial (DALE, 1994b). O crescente aumento da produção avícola e, conseqüentemente, o aumento na demanda pelo ingrediente levou a uma pressão por maior produtividade das lavouras de milho do Brasil.

Os programas de melhoramento genético visam desenvolver materiais mais adaptados às diversidades ambientais e tecnológicas, utilizando tecnologia de recombinação genética (transgenia) para resistência ao ataque pragas, resistência à aplicação de herbicidas e até mesmo maior disponibilidade de nutrientes, mas sempre com enfoque na maior produtividade. Devido a esses fatores, os grãos de milho apresentam características bastante variáveis, diferindo quanto à composição química, dureza e coloração.

Além desses fatores intrínsecos, fatores ambientais também podem influenciar a composição dos grãos, como maior incidência de chuvas e temperaturas baixas durante o período de enchimento dos grãos, que afetam negativamente a deposição de amido; manejo da adubação e espaçamento que podem influenciar a disponibilidade de nutrientes para o crescimento e capacidade de captação da luz; ocorrência de pragas e doenças, tanto durante o crescimento vegetativo como na fase de maturação, entre outros. O processamento pós-colheita também pode influenciar a disponibilidade de nutrientes. A temperatura e tempo de secagem, pragas de armazenamento, incidência de fungos e outros processamentos também influenciam a qualidade final do grão.

A associação desses fatores gera a grande variabilidade de grãos de composição diferentes que irão compor a dieta dos animais de produção. Paralelo a isso, a produção animal tem exigido cada vez mais uma nutrição de precisão, com a finalidade de reduzir os custos de produção e maximizar a produtividade.

Dentre as características citadas, a composição dos grãos tem gerado maior preocupação para os nutricionistas. Não somente a composição química afeta a disponibilidade de nutrientes, mas também as características físicas do grão. A vitreosidade (proporção de endosperma vítreo do endosperma) vem sendo relacionada a menor digestibilidade dos nutrientes e disponibilidade do amido (KACZMAREK et al., 2013; MOORE et al., 2008; MOORE et al., 2007; PEREIRA et al., 2004). Acredita-se que este fator negativo esteja associado a uma maior proporção de amido resistente nos grãos (SUMMERS, 2001) pois, grãos duros, com maior vitreosidade, possuem maior proporção de prolaminas e grânulos de amido mais adensados, dificultando a digestão enzimática. Por outro lado, grãos com maior densidade aparentam influenciar de maneira positiva a energia metabolizável aparente para frangos de corte (SILVA et al., 2011), mas não se sabe como isso acontece. Sendo esta a motivação deste trabalho.

O objetivo deste estudo foi determinar as características químicas e físicas de grãos de milho de diferentes tipos (duro e dentado) e diferentes densidades (alta e baixa) e associações com a disponibilidade de energia metabolizável aparente para frangos de corte; caracterizar as frações segregadas de acordo com a região da espiga e associá-las às diferentes densidades dos grãos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O milho

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 50 % no mundo.

Os nutricionistas brasileiros formulam dietas, com base nos valores de composição dos alimentos descritos em tabelas conhecidas, como Rostagno et al. (2011) e o NRC (1994). Contudo, no Brasil por ser um país de território extremamente grande com grandes variações climáticas e de luminosidade, a composição média do milho é muito ampla e variada e por vezes difere significativamente dos valores citados nas tabelas. Devido a isso se percebe que as dietas produzidas nas fábricas de rações contêm níveis acima ou abaixo das especificações nutricionais usadas na respectiva fórmula, determinando uma dieta desbalanceada sem o conhecimento do nutricionista.

Estudos têm sido realizados para determinar a digestibilidade do milho, procurando explicar sua associação com a composição química e física, visto que estes dois fatores contribuem diretamente para a disponibilidade da energia para os animais. Conhecendo os níveis de nutrientes, como por exemplo o teor de amido, proteína e gordura e seus respectivos coeficientes de digestibilidade em grãos de milho, será melhor utilizado o uso de novas tecnologias da nutrição.

2.1.1. Composição

O grão de milho pode ser dividido em quatro partes principais: pericarpo, endosperma, embrião ou germe e ponta (Figura 1). O endosperma representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88%), organizado na forma de grânulos. No endosperma estão também presentes as proteínas de reserva (8%) do tipo prolaminas. Essas proteínas formam os corpos proteicos que compõem a matriz que envolve os grânulos de amido dentro das células no endosperma (MORAES et al., 2008; RIBAS et al., 2007). No endosperma, especificamente, na camada de aleurona e no endosperma vítreo, estão presentes os carotenóides, substâncias lipídicas que conferem a cor aos grãos de milho. Zeaxantina, luteína, alfa e beta carotenos são os principais carotenóides nos grãos de milho.

Figura 1. Componentes do grão de milho

O gérmen representa 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídeos (óleo e vitamina E) (83%) e dos minerais (78%) do grão, além de conter quantidades importantes de proteínas (26%) e açúcares (70%). No gérmen estão presentes as proteínas do tipo albuminas, globulinas e glutelinas, que diferem significativamente, em composição e organização molecular, daquelas encontradas no endosperma e, por conseguinte, diferindo das primeiras em qualidade nutricional e propriedades tecnológicas. As proteínas de reserva encontradas em maior abundância no grão de milho são ricas nos aminoácidos metionina e cisteína, mas são pobres em lisina e triptofano (PATERNIANI & VIÉGAS, 1987).

O pericarpo representa, em média, 5% do grão, sendo a estrutura que protege as outras estruturas do grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos. As camadas de células que compõem essa fração são constituídas de polissacarídeos do tipo hemicelulose (67%) e celulose (23%), embora também contenha lignina (0.1%). A ponta é a menor estrutura, 2% do grão, e é responsável pela conexão do grão ao sabugo, sendo a única área do grão não coberta pelo pericarpo. Sua composição é essencialmente de material lignocelulósico (PATERNIANI & VIÉGAS, 1987).

2.1.2. Textura

O endosperma exerce grande importância na determinação do valor econômico e nutricional do milho e, por esse motivo, suas características são utilizadas para classificar os grãos. A textura é uma característica que define o grau de dureza do grão. A dureza descreve a resistência do grão a deformações externas, quebra mecânica durante a colheita e o armazenamento. O arranjo e a constituição dos componentes químicos no grão, dados basicamente por proteína e amido estão relacionados com a textura do mesmo (GAYTÁN-MARTÍNEZ et al., 2006).

O endosperma consiste de uma região translúcida, que é referida como vítrea ou córnea, e por uma região amorfa opaca, caracterizada como macia ou farinácea. A proporção entre as regiões depende, entre outros fatores, do cultivar e determina a textura do grão (RIBAS et al., 2007). Assim, dois grupos genéticos de milho podem ser definidos: farináceo, dentado, duro e pipoca (PAES et al., 2011).

O milho dentado é assim denominado porque há concentração de endosperma farináceo na região central do grão entre a ponta e o extremo superior e possui amido farináceo e poroso com baixa densidade. Durante o

processo de maturação fisiológica da planta, ocorre perda de umidade do grão, o endosperma farináceo e macio reduz o seu volume mais do que as camadas duras no lado do endosperma, assim se origina a indentação, pelo enrugamento do endosperma no topo da semente (BRIEGER & BLUMENSCHIN, 1966; PAES, 2006; PEREIRA et al., 2004). Já no milho duro, a maior quantidade de endosperma vítreo resulta em grãos lisos e mais arredondados com aparência dura e vítrea e baixa concentração de endosperma farináceo (PAES, 2006; PEREIRA et al., 2004). Existem ainda os grãos semi-duros e semi- dentados, que apresentam características intermediárias (KOTARSKI et al., 1992).

Dentro das células que compõem o endosperma, os grânulos de amido apresentam-se envoltos na matriz proteica. A densidade dessa matriz varia, dentre outros fatores, com a localização da célula no grão (KOTARSKI et al., 1992). No endosperma farináceo, os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, não havendo matriz proteica circundando essas estruturas, ou quando presente, a matriz é esparsa e fragmentada. Isso resulta em espaços vagos durante o processo de secagem do grão, a partir dos espaços que antes eram ocupado pela água, durante o desenvolvimento do grão. No endosperma vítreo, a matriz proteica é densa e bem desenvolvida, com corpos proteicos estruturados, que circundam os grânulos de amido de formato poligonal, não permitindo espaços entre estas estruturas. Com o desenvolvimento do grão, os grânulos de amido alargam-se e são envolvidos pela matriz proteica, tornando-se firmemente ligados à mesma. (McALLISTER et al., 2006; CORREA et al., 2002; CHOCT et al., 2001; PHILIPPEAU et al., 1999).

Os grãos mais duros apresentam a característica de boa armazenagem e qualidade de germinação. No Brasil, a indústria de grãos tem optado por híbridos de textura dura (flint – *Zea mays ssp. Indentura*), enquanto na América do Norte, predominam materiais dentados (dent – *Zea mays ssp. Indentata*) (PEREIRA et al., 2004, CORREA et al., 2002).

A configuração química do grão e a estrutura da matriz proteica ao redor dos grânulos de amido, que estão associadas à vitreosidade, também podem afetar a acessibilidade de enzimas amilolíticas, podendo influenciar a digestibilidade dos nutrientes dos grãos (CHOCT et al., 2001).

2.1.3. Proteínas

Os grãos de milho apresentam em média 9-11% de proteínas (base seca), sendo que 70 a 90% são consideradas proteínas de reserva. As proteínas do milho podem ser classificadas de acordo com a solubilidade em quatro frações: albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas, que constituem respectivamente 3%, 3%, 60% e 34% do total de proteínas do endosperma (PATERNIANI & VIÉGAS, 1987; LANDRY & MOUREAUX, 1970).

As albuminas e as globulinas se localizam principalmente no embrião e nas células de aleurona que envolve o endosperma, possuem funções metabólicas e estruturais, são também chamadas de proteínas citoplasmáticas formadas por uma série de proteínas com alto teor de lisina (RIZZI, 2013). Embora as glutelinas se localizem no endosperma e apresentem estruturas semelhantes às prolaminas, elas formam polímeros de elevado peso molecular estabilizados por ponte de dissulfeto intercadeias e não são solúveis em álcool (SHEWRY & TATHAM, 1990).

As prolaminas são chamadas de zeína no milho e estão localizadas principalmente no endosperma, possuem grande quantidade de prolina e aminas, e sua principal função é fornecer nitrogênio durante a germinação e estágios primários de crescimento das plântulas (HERMAN & LARKINS, 1999). As zeínas são classificadas de

formas distintas de acordo com a estrutura primária e solubilidade em etanol 70% (SHEWRY & HALFORD, 2002): α -zeína (19 e 22 kDa) codificada por uma família multigênica, representa aproximadamente 60% das zeínas; β -zeína (15 kDa) codificada por um gene, constitui cerca de 5 a 10% das zeínas; γ -zeína (16, 27 e 50 kDa) codificada por três genes, representa cerca de 25% das zeínas e δ -zeína (10 e 18 kDa) codificada por dois genes, representa cerca de 5% das zeínas. Estudos têm demonstrado que o conteúdo de proteína, em especial de zeínas, está associado com diferenças na dureza dos grãos de cereais (PRATT et al., 1995; CHANDRASHEKAR & MAZHAR, 1999).

O valor biológico das proteínas depende da digestibilidade, do balanço entre os aminoácidos essenciais presentes em sua composição e da relação entre os aminoácidos essenciais e os não essenciais. O milho é usado primordialmente como alimento energético, mas também é importante no balanceamento proteico dos alimentos e rações. Por essa razão é de interesse aos nutricionistas a identificação e quantificação dos aminoácidos presentes em diferentes variedades, principalmente em cultivares recém lançados no mercado, uma vez que os aminoácidos são geneticamente controlados e, portanto, susceptíveis variações entre híbridos cultivados.

2.1.4. Energia

O milho é um ingrediente altamente energético, e a energia, apesar de não ser um nutriente, é um componente muito importante, pois é um produto resultante da transformação dos nutrientes durante o metabolismo, sendo um dos fatores mais importantes a ser considerado na nutrição animal (FISCHER et al., 1998). Os valores de energia bruta dos alimentos não expressam com a precisão quanto desta energia pode ser utilizada pelo animal. A energia metabolizável é uma estimativa da energia dietética que está disponível para ser metabolizável pelo tecido animal e consiste na diferença entre energia bruta consumida e a energia bruta perdida nas fezes, urina e gases. Portanto, têm-se utilizado valores de energia metabolizável aparente dos alimentos nas formulações de rações para aves (MELLO, 2007).

A característica energética conferida ao grão de milho deve-se ao conteúdo de gordura e carboidratos, principalmente na forma de amido. O amido no grão do milho contém dois tipos de moléculas: amilose (27%) e amilopectina (73%), conferindo a este alimento um alto valor energético, pois seu conteúdo de amido encontra-se na forma facilmente digestível (BUTOLO, 2002).

Valores das frações do amido no milho também podem variar com os diferentes híbridos, tipos e tratamentos agrônômicos. Como o amido é o principal constituinte do valor energético da dieta, seu perfil deve ser conhecido, para que o nutricionista possa manejar seus ingredientes, inclusive com a inclusão de enzimas em suas formulações. Vieira et al. (2007) analisando valores energéticos de 45 híbridos de milho para o uso em dietas para frangos de corte, concluíram que a energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) variou de 3405 a 4013 kcal/kg na matéria seca.

A energia metabolizável (EM) dos alimentos é a mais utilizada no cálculo de rações para aves. Nas equações de predição pelo NRC (1994) para o cálculo da EM, utilizam-se valores de nutrientes, como extrato etéreo, proteína bruta, extrativos não nitrogenados, matéria mineral e o teor de matéria seca, considerando fatores de correção de acordo com cada ingrediente.

A exatidão e a precisão na estimativa dos valores de EM são essenciais para maximizar o desempenho das aves e proporcionar melhor ganho de peso e eficiência alimentar (DALE, 1990).

Em estudos sobre os valores da EMAn dos milhos de diferentes qualidades estratificados em mesa densimétrica (MDA - milho de densidade alta; MDI - milho de densidade intermediária; MDB - milho de densidade baixa, e MDT - milho de densidade total) determinou-se que para frangos de 15 a 19 dias esses valores foram 3.308; 3.121, 2.937 e 3.239 kcal/kg e, para a idade de 33 a 37 dias, 3.413, 3.362, 3.174 e 3.348 kcal/kg na matéria original, respectivamente (SILVA et al., 2011).

2.1.5. Amido

O endosperma representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido 88% (ECKHOFF & PAULSEN, 1996). O amido é o carboidrato de reserva da maioria das plantas superiores, ocorrendo como grânulos insolúveis em água, cujo tamanho e forma variam de acordo com a espécie e maturidade da planta. É sintetizado a partir da sacarose, que é translocada para o endosperma durante o seu desenvolvimento. A sacarose é então convertida em glicose-1-fosfato, incorporada em ADP-glicose que, por sua vez, é polimerizada em amilose e amilopectina (SOAVE & SALMINI, 1984). Essas duas moléculas são depositadas como grânulos cristalinos nos amiloplastos, os quais se encontram imersos em uma matriz amorfa (LOPES & LARKINS, 1993).

A amilose é uma molécula essencialmente linear, constituída de unidades de D-glicose conectadas por ligações α -1,4. A amilopectina é um polímero que contém cadeias lineares de vários comprimentos e apresenta ramificações a cada 20 a 25 moléculas de glicose, com estrutura altamente organizada. As ligações glicosídicas que unem os resíduos de glicose nas cadeias de amilopectina são α -1,4 e os pontos de ramificação α -1,6 (VAN SOEST, 1994). Os grânulos são formados pela deposição de anéis de crescimento que consistem de camadas alternadas de regiões amorfas e cristalinas. As regiões cristalinas são compostas principalmente por amilopectina, enquanto as regiões amorfas são compostas principalmente por amilose (McALLISTER et al., 2006; KOTARSKI et al., 1992; NOCEK & TAMMINGA, 1991).

A maioria das moléculas de amido presente nos grãos de cereais contém de 15% a 30% de amilose. No milho normal, essa quantidade é de 25% a 30% de amilose, enquanto 75% do amido é formado pela amilopectina. Alguns cereais, chamados mutantes, são desprovidos de amilose, e apenas a amilopectina forma o grânulo (DENARDIN & SILVA, 2009; STONE, 1996; ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

Quanto à localização das duas moléculas no grânulo, acredita-se que as moléculas maiores de amilose estejam concentradas no centro do grânulo e participando de ligações com a amilopectina, enquanto moléculas menores se apresentam na periferia do grânulo, porém a organização exata desses componentes ainda não está totalmente esclarecida (TESTER & QI, 2004).

Imagens da microscopia revelam dois tipos de grânulos de amido, grânulos do tipo A, grandes e de formato lenticular e grânulos B, menores e esféricos (DENARDIN & SILVA, 2009). Os grãos de milho de textura farinácea apresentam grânulos de amido maiores e corpos proteicos menores do que nos grãos vítreos, sendo a avaliação por imagem uma das maneiras de se caracterizar o grau de vitreosidade do endosperma (NARVAÉZ-GONZALEZ et al., 2006; PEREIRA, 2006).

A superfície do grânulo de amido apresenta certa resistência à permeabilidade de moléculas grandes como as amilases, e a entrada de moléculas hidrolisantes como as enzimas digestivas e a água para o interior do grânulo ocorre por meio de poros ou canais que penetram em uma direção radial ao longo do grânulo, aumentando a superfície de ação dos reagentes e enzimas (JIA et al., 2007; DENARDIN & SILVA, 2009).

Dessa forma, variações na estrutura física do grão têm sido associadas a variações no grau de compactação de componentes celulares, espessura da parede celular, tamanho das células do parênquima de reserva do endosperma, espessura da matriz proteica em contato com os grânulos de amido e à força de adesão entre a matriz proteica e os grânulos de amido.

2.1.6. Variações na composição

As dietas comumente usadas na avicultura de corte têm o milho como principal ingrediente e fonte de energia, o que torna esse alimento responsável, em média, por 65% da energia, 22% da proteína, 10% da lisina e 25% da metionina+cistina presentes nas dietas. No entanto, variações significativas são encontradas na composição química e no valor nutricional deste grão, dificultando assim a formulação precisa das rações. Segundo dados apresentados por Lima (2000a), no período de 1979 a 1997, em virtude da variação na composição química dos milhos, ocorreram oscilações de 1,41 a 6,09% nos teores de óleo, 6,43 a 10,99% nos valores de proteína e 3.045 a 3.407 kcal/kg para o nível de energia metabolizável aparente com base na matéria natural.

As principais causas de variação na composição química dos grãos de milho são relacionadas às características do material genético, solo, adubação, condições climáticas e estágio de maturação da planta. A forma e a frequência com que são realizadas as adubações influenciam a composição do grão de milho, principalmente no que se refere à adubação nitrogenada, que influencia os teores de proteína bruta do grão, devido ao aumento da zeína, que é uma proteína de baixo valor nutricional (LIMA, 2000b). A adubação do solo para o plantio de milho geralmente resulta em melhoria na composição dos grãos como um todo. As condições climáticas proporcionam o desenvolvimento adequado ou não da planta de milho e, como consequência, ocorre uma maior ou menor produtividade, influenciando a composição destes grãos. O regime de chuvas, a temperatura ambiente e a umidade relativa exercem influência direta, resultando em diferenças na composição (PATERNIANI & VIÉGAS, 1987; GOMES et al., 2004). Tanto na literatura internacional como nacional observam-se variações na composição química do milho ao longo dos anos.

Carvalho et al. (2004) observaram que a temperatura de secagem exerce influência sobre os valores de energia metabolizável (EM) do grão de milho, com reduções de até 300 kcal/kg com a elevação da temperatura. A condição de armazenamento do grão pode influenciar de forma negativa sua utilização. Em condições desfavoráveis de armazenamento (temperatura e umidade inadequada) e da ação de fungos, a redução do valor de EM pode variar de 5% a 25% em função, principalmente, da redução do conteúdo de óleo dos grãos (KRABBE et al., 1995). Normalmente, com o aumento da temperatura de secagem e tempo de armazenagem, ocorre perda de peso dos grãos.

Um problema a ser considerado é que, na maioria dos casos, as dietas são formuladas com base nos valores descritos em tabelas de composição de alimentos. Contudo, a composição média do milho nas tabelas pode diferir da composição do milho utilizado e, conseqüentemente, as dietas fornecidas podem conter níveis acima ou abaixo das especificações nutricionais usadas nas formulações das rações. Assim, tem-se buscado constantemente a formulação de dietas mais eficientes e economicamente viáveis através da composição química e dos valores de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos utilizados. Para se obter sucesso na formulação de rações para aves, um dos aspectos mais importantes é o conhecimento preciso do conteúdo energético dos alimentos, o que possibilita o fornecimento adequado de energia e nutrientes aos animais (ALBINO et al., 1994).

O conhecimento da composição química e dos valores energéticos de milhos de diferentes densidades pode permitir a elaboração de equações de predição que permitam a estimativa mais próxima do valor energético do milho a partir de sua composição química e da sua densidade.

Vários métodos diretos, como os ensaios biológicos, e indiretos, como a utilização de equações de predição, têm sido aplicados na estimativa da energia metabolizável dos alimentos para aves. O conteúdo em nutrientes de vários cereais encontrados nas tabelas de composição não é confiável para a formulação de rações e, entre os fatores que determinam essa diversidade, pode-se citar a variedade (SAKOMURA & SILVA, 1998). Dessa forma, torna-se inseguro para a indústria utilizar os valores de tabela e seria extremamente oneroso e difícil submeter todas as partidas de matéria-prima a ensaios *in vivo* (BORGES et al. 1998).

Na formulação de dietas desbalanceadas podem ocorrer diversos problemas, como por exemplo: a redução significativa no ganho de peso e pior conversão dos animais (NASCIMENTO et al., 1998), além de aumentos significativos nas porcentagens de gordura abdominal, e queda no teor de proteína da carcaça (ALBINO et al., 2000). Como um método de redução de erro na formulação de dietas, as indústrias de rações estão começando a utilizar equipamentos capazes de selecionar grãos de melhor qualidade, como o sistema de pré-limpeza e a mesa gravimétrica. Com o uso destes equipamentos é possível utilizar ingredientes de melhor qualidade na formulação de rações para animais mais jovens que ainda não apresentam trato gastrointestinal completamente maduro e capaz de obter o máximo dos nutrientes do alimento.

A mesa densimétrica ou gravimétrica consiste essencialmente de uma armação ajustável, metálica, recoberta por uma superfície porosa de pano (algodão) ou de tela de arame permitindo a passagem do ar através de suas malhas. O corpo de ar é uma peça fechada onde estão localizados os ventiladores, que impelem o ar, criando uma pressão uniforme de baixo para cima em toda a superfície da mesa. A coluna de ar produz uma estratificação formando zonas verticais de grãos pesados na parte inferior da camada, os mais leves na superior e os de peso médio na intermediária. Para que isso aconteça, a mesa gravimétrica tem regulagens que a inclinam em duas posições (inclinação longitudinal e lateral), bem como um movimento oscilatório variável. Para uma boa classificação é necessário que os grãos passem por uma sequência de operações numa linha de beneficiamento (GREGG & FAGUNDES, 2005).

O milho segregado em mesa densimétrica apresenta diferenças na energia metabolizável para aves, sendo que milho de alta densidade é energeticamente superior ao milho de densidade intermediária e de baixa densidade, cerca de 6,0 e 12,5% respectivamente, em frangos de 11 a 19 dias de idade (SILVA et al., 2011).

2.2. Digestibilidade em animais

A digestão frangos de corte se inicia no proventrículo e na moela, sendo no proventrículo presente apenas pepsina, sem digestão enzimática do amido. Na moela ocorre a contração intensa da musculatura, promovendo a quebra das partículas, inclusive da parede celular do alimento, favorecendo a digestão propriamente dita do amido no intestino delgado. Quando o quimo alimentar chega ao duodeno, recebe secreções de proenzimas e bicarbonato do pâncreas, possibilitando a ação da alfa-amilase pancreática, que irá hidrolisar a molécula de amido a di e trissacarídeos (maltose e maltotriose) que serão hidrolisados a monômeros através da maltase e isomaltase, secretada pelas células da membrana em escova (VIEIRA, 2002).

A composição dos milhos de diferentes regiões ou variedades, utilizados na formulação de rações para frangos de corte, influencia a digestibilidade dos nutrientes e o valor energético, afetando o desempenho das aves

(RODRIGUES et al., 2003). Fialho et al. (1995) observaram que a digestibilidade do amido é menor quando o milho apresenta maior conteúdo de amilose, o que demonstra haver uma relação direta entre a digestibilidade e o conteúdo de amilose do grão. Outro fator importante é a idade da ave, pois aves adultas apresentam taxa de passagem do alimento menor e, conseqüentemente, tempo de permanência dos alimentos no trato gastrointestinal maior. Esse fator leva a uma maior digestibilidade dos nutrientes e maior aproveitamento energético devido à ação das enzimas digestivas (NASCIMENTO et al., 2005).

As características físicas do grão podem auxiliar na escolha do híbrido que melhor atenda o aproveitamento desse alimento pelo animal. Porém, estas características são raramente avaliadas, principalmente em relação às suas propriedades nutricionais, que podem ser levadas em consideração na formulação de rações (GIGER-REVERDIN, 2000; PHILIPPEAU et al., 1999).

O desempenho das aves sofre ação direta do nível energético das dietas, pois a energia presente na dieta é um dos fatores que mais influenciam o consumo, sendo utilizada nos diferentes processos que envolvem desde a manutenção até o máximo potencial produtivo (AGOSTINI et al., 2004).

De acordo com Freitas et al. (2006), na formulação de rações para frangos de corte, a principal preocupação é fornecer energia em quantidade adequada para as aves. Assim, o conhecimento prévio dos valores energéticos dos alimentos que irão compor uma ração é fundamental, visto que a densidade energética, além de regular o consumo, interfere diretamente no desempenho das aves (SILVA et al., 2003).

Em dietas para suínos, milhos dentados apresentam maior valor nutricional quando comparados a milhos duros, pois a diferença na vitreosidade leva a maiores coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia, sendo a melhor digestibilidade atribuída a maior atuação das enzimas digestivas (CANTARELLI et al., 2007). Outro fator que pode influenciar ganho de peso em suínos é o teor de amilopectina no amido do milho, sendo este correlacionado positivamente com ganho de peso na fase de crescimento. Fontes de amido com maior teor de amilopectina apresenta maior energia metabolizável, que pode ser justificada pela sua estrutura ramificada e maior facilidade de digestão (MOORE et al., 2008).

Na fermentação ruminal a textura do grão de milho influencia a disponibilidade do amido para fermentação destacando-se os grãos macios sobre os duros devido a maior disponibilidade do amido para atuação das enzimas (PHILIPPEAU & DOREAU, 1999; CORREA et al., 2002; RIBAS et al., 2007).

A matriz amido-proteica do milho é vista como uma barreira físico-química para a digestão do amido em animais ruminantes (OWENS et al. 1986). Em cultivares com endosperma farináceo, a taxa de desaparecimento é mais rápida comparada com grãos que possuem endosperma vítreo ou duro (KOTARSKI et al., 1992). Ao contrário do endosperma farináceo, grânulos de amido no endosperma vítreo são protegidos por uma matriz proteica contínua que contém entidades proteicas e limitam a acessibilidade de amido pelos microrganismos do rúmen (PHILIPPEAU & MICHALET-DOREAU, 1997). O amido no endosperma farináceo é mais susceptível a forças externas, tais como a digestão ou processamento de grãos, já que a matriz proteica é fina e incompleta, com espaços vazios e menor densidade (HUNTINGTON, 1997; PIOVESAN et al., 2011).

Correa et al. (2002) compararam híbridos brasileiros duros com híbridos de milho dentados cultivados nos Estados Unidos. Os autores constataram que a vitreosidade dos híbridos brasileiros variou de 64,2% a 80,0% no estágio maduro, com média de 73,1%, enquanto que os híbridos norte-americanos apresentaram vitreosidade entre 34,9% a 62,3%, com média de 48,2%. Estes autores concluíram que com o avanço da maturidade, a vitreosidade e a densidade do grão aumentam, enquanto a disponibilidade de amido para ruminantes diminui, portanto, a densidade

pode ser uma medida prática de vitreosidade. A diferença de densidade entre os tipos dentado e duro pode ser explicada pela quantidade de espaços no endosperma farináceo (PHILIPPEAU et al., 1999; WATSON, 1994).

A estrutura e a composição de amido no grão de milho e suas interações com proteínas desempenham um papel importante na digestibilidade e valor nutritivo para ruminantes, sendo a estrutura das proteínas responsável pelo tipo de textura do endosperma (PHILIPPEAU & MICHALET-DOREAU, 1997; ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). Dessa forma, seleção de cultivares é uma das formas de manipular o potencial de degradação do amido (JURJANZ & MONTEILS, 2005) entretanto, não são comuns trabalhos explorando os fatores que influenciam o melhor aproveitamento nutricional do milho pelas aves.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Primeira Etapa – Caracterização dos grãos

3.1.1. Obtenção dos tipos de milho

3.1.1.1. Seleção dos materiais e cultivo

Os materiais utilizados foram escolhidos com base nas informações fornecidas pelas empresas comercializadoras de sementes, de acordo com o tipo de grão, informações agronômicas e aptidão para plantio na região de Piracicaba/SP. Foram selecionados os seguintes materiais:

- Híbrido Agrocere Ag 8088 Pro2, grão do tipo duro alaranjado, ciclo precoce, com bom empalhamento da espiga, indicado para grãos e silagem (denominado DURO).
- Híbrido Agrocere Ag 4051 Pro, grão do tipo dentado amarelo creme, ciclo semiprecoce, excelente empalhamento da espiga, indicado para milho-verde e silagem de planta inteira (denominado DENTADO).
- Híbrido Dekalb DKB390 Pro2, um tipo semiduro amarelo-alaranjado, ciclo precoce, bom empalhamento da espiga, indicado para grãos, bastante popular na região no período do plantio (denominado SEMIDURO).

Os híbridos foram plantados na safra verão de 2015/2016 em talhões de cerca de 0,22 ha (26 linhas com 100 m) cada, em uma área homogênea quanto ao solo e relevo, na Área Experimental de Anhumas, do Departamento de Genética da ESALQ/USP em Piracicaba – SP (latitude 22° 50'11" sul e longitude 48° 00'57" oeste).

Todas as sementes foram tratadas com Cropstar® (Imidacloprido + Tiocarbene, 0,35 L/60.000 sementes) previamente ao plantio. Os híbridos foram semeados em solo sem cobertura, no dia 07/10/2015, com mesmo espaçamento (0,85 m entre linhas e 5,5 plantas/m linear), através de semeadora mecânica. Foi realizada uma adubação no plantio e uma de cobertura (350 kg/ha de 8-20-20 e 200 kg/ha de uréia, respectivamente) e duas aplicações de herbicidas (Primera Gold® - ATRAZINA + S-METOLACLOLO, 4 L/ha e Atrazina, 4,5 L/ha, respectivamente) em todos os talhões.

O desenvolvimento das plantas foi monitorado e não houve ataque de pragas de maneira que demandasse aplicação de inseticidas.

3.1.1.2. Colheita e secagem

Os materiais foram colhidos quando os grãos atingiram cerca de 16% de umidade, iniciando-se no final de fevereiro com o milho tipo dentado e terminando na primeira quinzena de março de 2016, com os demais materiais.

A princípio foi realizada uma colheita manual sistemática de 176 espigas de cada material, da seguinte maneira: foram colhidas 8 espigas por linha, desconsiderando-se a bordadura (dentro de cada talhão foi considerada uma área de bordadura de duas linhas em cada lateral e dois metros no início e no final das linhas), caminhando-se dentro do talhão em zigue-zague no sentido da linha, sendo as linhas ímpares no sentido início para o final do talhão

e as pares no sentido contrário. O esquema de escolha da planta se deu obedecendo o seguinte padrão: na primeira e segunda linhas a iniciou-se na segunda planta, na terceira e quarta linhas iniciou-se na décima segunda planta e na quinta e sexta linhas iniciou-se na vigésima segunda planta, colhendo-se uma espiga a cada 50 plantas, repetindo o padrão até o final do talhão. O material obtido foi destinado às determinações descritas nos itens 3.1.2.2, 3.1.3 e 3.1.4. As espigas colhidas sistematicamente foram armazenadas empalhadas com cerca de 12 % de umidade, em sala com ar condicionado.

Posteriormente se deu a colheita do restante do talhão também manualmente, excetuando-se a bordadura. Optou-se por armazenar as espigas empalhadas em galpão até a disponibilidade de terreiro para secagem ao ar, devido ao período de chuvas da época. As espigas ficaram armazenadas cerca de 28 dias. Posteriormente foram debulhadas mecanicamente e os grãos encaminhados para secagem em terreiro. O rendimento de cada material foi de 883 kg de milho DURO, 703 kg de milho DENTADO e 782 kg de milho SEMIDURO (equivalente a 4,7 ton, 3,5 ton e 4,2 ton por hectare, respectivamente). Dos grãos colhidos, 160 kg dos milhos DURO e DENTADO e a totalidade do SEMIDURO foram preservados na densidade original para as análises descritas nos itens 3.1.3 e 3.1.4 e para uso no ensaio de metabolismo (item 3.2). O material SEMIDURO não foi submetido a nenhuma segregação pois foco do trabalho foi comparar materiais contrastantes, desta forma este foi utilizado apenas como referência, por ser um híbrido bastante recomendado para plantio na região.

Figura 2. Grãos colhidos dos materiais DURO (A), DENTADO (B) e SEMIDURO (C)

3.1.2. Obtenção das frações

3.1.2.1. Segregação por densidade

Os grãos debulhados e secos (12% de umidade) do tipos DURO e DENTADO foram segregados em mesa densimétrica, acoplada a uma classificadora de grãos (Figura 3). A mesa foi regulada manualmente, utilizando-se milho não experimental, controlando-se o fluxo de grãos, o fluxo de ar do bolsão e a inclinação da agitação para que a passagem de grãos pela mesa se desse de maneira uniforme. A regulação das aletas da saída da mesa densimétrica promove a separação dos grãos em faixas de densidade, dessa forma, se o fluxo de grãos na mesa estiver uniforme (ou seja, toda a mesa com uma camada homogênea de grãos, sem sobreposição nem espaços vazios), a quantidade de grãos nas saídas será proporcional ao espaço regulado nas aletas. Para este trabalho, as aletas foram reguladas para separar 25% dos grãos de densidade alta, 25% dos grãos de densidade baixa e 50% de densidade média. Os grãos de densidade média não foram utilizados.

Foram submetidos à segregação 723 kg do grão DURO e 543 kg do grão DENTADO obtendo-se 180 kg de grãos de densidade alta e 146 kg de grãos de densidade baixa do primeiro material e 159 kg de grãos de densidade alta e 149 kg de densidade baixa do segundo material. Os grãos segregados foram devidamente identificados de

acordo com o tipo e densidade (DURO ALTA, DURO BAIXA, DENTADO ALTA e DENTAO BAIXA) e armazenado em sacos de rfia com aproximadamente 30 kg cada, at serem utilizados.

Figura 3. Mesa densimtrica acoplada classificadora de sementes, Departamento de Gentica ESALQ/USP

Para a realizao das anlises subsequentes (itens 3.1.3 e 3.1.4), foram coletadas amostras simples de aproximadamente 1 kg de cada saco, totalizando 6 kg de amostra composta, que posteriormente foi reduzida em quarteador para obteno das amostras destinada s anlises. Destas amostras, foi coletada uma subamostra de 150 g gros de cada tipo e densidade que foram submetidos dissecao manual para anlise qumica dos componentes do gro: endosperma, grmen e pericarpo e ponta (estes dois analisados juntamente).

A dissecao dos gros se deu atravs de hidratao do gro em gua fria por aproximadamente 5 minutos, secagem com papel seguida de remoo da ponta do gro (regio de juno com a espiga) e posterior remoo do pericarpo. O gro sem pericarpo e ponta foi ento cortado ao meio para facilitar a remoo do grmen atravs de uma sonda exploradora odontolgica. Todas as partes componentes do gro foram submetidas secagem ao ar livre por 12 horas (Figura 4) e armazenados em potes plsticos com tampa, identificados por tipo de gro e densidade e posteriormente submetidos s anlises descritas no item 3.1.3.

3.1.2.1. Segregao por regio da espiga

Para a segregao de acordo com a regio, as espigas colhidas sistematicamente foram despalhadas, medidas e cortadas separando-se 25% da base e 25% do pice, restando 50% da poro mediana (Figura 5). As fraes foram ento debulhadas manualmente, identificadas (DURO BASE, DURO MEIO, DURO PONTA, DENTADO BASE, DENTADO MEIO e DENTADO PONTA) e armazenadas em baldes plsticos fechados com tampa para uso posterior. As amostras foram retiradas diretamente dos baldes onde estavam armazenadas.

Figura 4. Partes dissecadas do grão: endosperma (A), germen (B), pericarpo (C) e ponta (D)

Figura 5. Esquema do corte das espigas

3.1.3. Análises químicas e qualitativas

Amostras de 200 g de grãos dos diferentes tipos, densidades e regiões da espiga foram moídos e submetidos a algumas análises químicas e de qualidade.

As análises químicas foram realizadas também nas frações dissecadas dos grãos de cada tipo e densidade, com a finalidade de explorar as suas qualidades nutricionais, evidenciando dessa forma as características nutricionais do endosperma, germen e parte fibrosa (pericarpo e ponta).

Foram determinadas as seguintes características (em duplicata):

- Energia bruta – combustão em bomba calorimétrica adiabática (kcal/g);
- Proteína bruta – realizada através do método de Dumas, ou método de combustão total, em que se registra todo o N liberado pela queima e através dele estima-se o teor de proteína bruta, multiplicando-se por 6,25;
- Extrato etéreo;
- Matéria seca e material mineral (AOAC, 1980);
- Fibra bruta;
- Fibra em detergente ácido (FDA) e em detergente neutro (FDN) (Van Soest, Robertson e Lewis, 1991);
- Extrativos não nitrogenados.

As análises qualitativas foram realizadas visando determinar a qual classe o milho analisado pertence, de acordo com as diretrizes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2012). Foram realizadas por equipe treinada que avaliou grãos avariados (ardidos e totais (ardidos + queimados + fermentados), grãos quebrados, carunchados e quantidade de impurezas, através de peso relativo destes, em uma amostra de 1 kg.

3.1.4. Análises físicas

Para a caracterização dos grãos de acordo com as características físicas, foram realizadas as análises a seguir, em três amostras distintas dos grãos dos diferentes tipos, densidades e regiões da espiga.

- Peso específico:** analisada em picnômetro a gás hélio, de acordo com a metodologia de Danielson e Sutherland (1986), que avalia a densidade considerando a porosidade do material, expresso em gramas por centímetro cúbico (g/cm³).
- Peso hectolítrico (densidade aparente):** determinada através de equipamento próprio, que usa a força da gravidade para a determinação da quantidade de grãos que ocupam um volume específico, de um litro de capacidade, composto por funil, guilhotina, cilindro e balança. Os valores normalmente são expressos em kg de grãos por hectolitro, porém para fins de uniformidade dos resultados, será expresso em gramas por litro (g/L).
- Peso de 1000 grãos:** obtido procedendo-se a pesagem de 200 grãos, multiplicado por 5, expresso em gramas (g).
- Composição do grão:** determinada através do peso relativo das partes do grão (endosperma, gérmen, pericarpo e ponta) determinada através de dissecação manual, realizada em 50 grãos por amostra (descrito no item 3.1.2.1), valores expressos em porcentagem (%).
- Forma:** determinada através das medidas de altura, largura e profundidade através de paquímetro digital, de 15 grãos por amostra, valores expressos em milímetros (mm).
- Vitreosidade:** dada pela proporção de endosperma vítreo do endosperma total, realizada através de remoção do endosperma farináceo com o uso de micro retífica com ponta de diamante (Dombrink-Kurtzman e Bietz, 1993), realizadas em 15 grãos por amostra, com valores expressos em porcentagem (%).

Figura 6. Equipamentos utilizados nas análises físicas: paquímetro digital (A), balança de peso hectolítrico (B), picnômetro a gás de hélio (C) e micro retífica (mini grinder) (D)

3.2. Segunda etapa – Uso dos diferentes tipos de milho na alimentação de frangos de corte

Visando determinar a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) dos milhos de diferentes tipos e densidades, foi realizado um ensaio de metabolismo através do método de coleta total de excretas, conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2007).

O estudo foi realizado no Biotério de Avicultura do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, em Piracicaba – SP, em galpão experimental e sala de metabolismo em conformidade com as normas do Comitê de Ética no Uso de Animais.

As aves foram alojadas a princípio no piso, em galpão experimental recebendo aquecimento, água e ração inicial à vontade, sendo criadas dessa forma até os 20 dias de idade, quando foram pesadas, separadas em cinco faixas de peso, selecionadas e transferidas para as gaiolas de metabolismo.

Foram utilizados ao total 360 pintos de corte machos, da linhagem Cobb®, distribuídos em 3 blocos de 120 aves (alojados com duas semanas de intervalo). Foram utilizadas 24 gaiolas por bloco, com 5 aves cada (uma de cada faixa de peso, de maneira que cada gaiola estivesse dentro de 5% de variação do peso médio do lote).

O experimento foi delineado com 7 tratamentos e uma dieta referencia para determinação da EMAn e 9 repetições distribuídas em 3 blocos no tempo.

A sala de metabolismo utilizada no experimento possui duas baterias de gaiolas para frangos, com 12 gaiolas cada, de 0,70 cm de comprimento, por 0,66 cm de largura e 0,34 cm de altura, com piso em tela, comedouro e bebedouro de aço inoxidável tipo calha e uma bandeja inferior removível para coleta de excretas.

Foi realizado um período de 5 dias de adaptação às instalações e às rações, seguido pelo período de coletas das excretas, de 4 dias de duração (fase experimental propriamente dita).

Os tratamentos foram sorteados da seguinte maneira:

- T1 – DR + Milho SEMIDURO, densidade original; ^[1]_{SEP}
- T2 – DR + Milho DURO, densidade alta; ^[1]_{SEP}
- T3 – DR + Milho DURO, densidade original; ^[1]_{SEP}
- T4 – DR + Milho DENTADO, densidade alta; ^[1]_{SEP}
- T5 – DR + Milho DURO, densidade baixa; ^[1]_{SEP}
- T6 – DR + Milho DENTADO, densidade original;
- T7 – DR + Milho DENTADO, densidade baixa; ^[1]_{SEP}
- T8 – DR (Dieta Referência, usada somente para base de cálculo).

A dieta referência (Tabela 1) foi formulada com níveis nutricionais de acordo com as recomendações das Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2011) para aves de desenvolvimento regular na fase de crescimento (22 a 33 dias de idade), com ajuste dos níveis de vitamina e minerais. As dietas testes foram compostas de 60% da dieta referência e 40% do milho testado.

O início e final da fase experimental foram determinados utilizando-se marcador (óxido de ferro, 1%) adicionado na dieta oferecida por 5 horas no primeiro e quinto dias (totalizando 4 dias inteiros de coleta). Foi anotado no início o consumo da ração corada e coletadas as excretas marcadas e, ao final, foram desprezados o consumo da dieta corada e as excretas marcadas. No período intermediário foram realizadas duas coletas de excretas por dia (no início da manhã e ao final da tarde), evitando-se com isso fermentação e excesso de contaminações com penas e escamas. O consumo de ração no período também foi registrado. Durante o período experimental foram anotadas as temperaturas máximas e mínimas diárias e eventuais mortalidades.

Tabela 1. Ingredientes e composição nutricional calculada da dieta referência (matéria natural)

Ingredientes (%)	Quantidade
Milho	60,937
Farelo de soja	32,483
Óleo de soja	3,277
Fosfato bicálcico	1,298
Calcário calcítico	0,878
Sal comum	0,457
DL-Metionina	0,248
L-Lisina.HCl	0,165
Premix vitamínico	0,120
Cloreto de colina (60%)	0,060
Premix mineral ²	0,050
L-Treonina	0,027
Total	100,00
Composição nutricional calculada	
Proteína bruta (%)	19,821
Energ. metabolizável (kcal/kg)	3,100
Cálcio (%)	0,732
Cloro (%)	0,325
Fósforo disponível (%)	0,342
Potássio (%)	0,771
Sódio (%)	0,200
Lisina digestível(%)	1,078
Metionina digestível (%)	0,513
Met. + Cistina digestível (%)	0,787
Treonina digestível (%)	0,701

¹DSM Nutritional Products, Composição por kg de produto: Vit. A – 9000000 UI; Vit. D3 – 2500000 UI; Vit. E – 20000 UI; Vit. K3 – 2500 mg; Vit. B1 – 2000 mg; Vit. B2 – 6000 mg; Vit. B6 – 3000 mg; Vit. B12 – 15000 µg; Ácido Nicotínico – 35g; Ácido Pantotênico – 12 g; Biotina – 100 mg; Ácido Fólico – 1500 mg; Selênio – 250 mg.

²DSM Nutritional Products, Composição por kg de produto: Manganês – 160000 mg; Ferro – 100000 mg; Zinco – 100000 mg; Cobre – 20000 mg; Cobalto – 2000 mg; Iodo – 2000 mg.

As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e congeladas a - 18 °C até o final do período de coleta, quando foram descongeladas, homogeneizadas e coletadas 3 amostras que foram pesadas e submetidas à secagem em estufas de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Ao final do período foram pesadas novamente para determinação da MS ao ar, moídas e acondicionadas em recipientes para as posteriores análises laboratoriais (MS, PB e EB, analisadas pelos mesmos métodos da análise química dos tipos de milho).^[17] As mesmas análises foram realizadas nas dietas.

Os dados obtidos nas análises, juntamente com o consumo de ração e a produção de excretas, foram utilizados no cálculo de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) (Sakomura e Rostagno, 2007).

3.3. Análises estatísticas

Os resultados das análises físicas (forma, peso de 1000 grãos, peso específico, peso hectolítico, composição e vitreosidade) foram submetidos à análise de variância (5%) e comparação de médias por meio de teste de Tukey (PROC GLM). Os dados obtidos no ensaio de metabolismo (EMA do milho EMAn do milho e ganho de peso diário) foram submetidos à análise de variância (5%) (PROC GLM) e testados para os seguintes contrastes:

Contraste 1: Grãos DURO e DENTADO vs. SEMIDURO;

Contraste 2: Grão DURO vs. DENTADO;

Contraste 3: DURO Densidade Alta Vs. Baixa;

Contraste 4: DENTADO Densidade Alta vs. Baixa;

Os resultados das análises químicas e qualitativas, as médias das análises físicas e da EMAn, foram submetidos à análise multivariada de agrupamentos (PROC CLUSTER), análise dos componentes principais (PROC PRINQUAL) e correlação simples de Pearson (PROC CORR).

Quando aplicado, todos os dados foram submetidos inicialmente à verificação das pressuposições do modelo estatístico (homogeneidade de variâncias, independência e normalidade dos resíduos e presença de outliers) para a posterior aplicação dos testes estatísticos paramétricos. Todas as análises foram realizadas através do software SAS on demand e versão 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

4. RESULTADOS

4.1. Primeira etapa – Caracterização dos tipos de grãos

4.1.1. Grão inteiro

4.1.1.1. Análises químicas e qualitativas

Os grãos DURO, DENTADO e SEMIDURO foram submetidos às análises químicas tanto em sua totalidade (Tabela 2) quanto em suas partes obtidas por dissecação (Endosperma, Gérmen e Pericarpo/Ponta; Tabela 3).

Entre os tipos, o DENTADO foi o que mais se destacou, caracterizado por menores valores de energia bruta, extrato etéreo e matéria mineral e maiores valores de proteína bruta e fibra bruta.

Observando os dados da Tabela 3, é possível notar que os endospermas dos três tipos de grãos apresentaram valores muito similares, apenas variando quanto ao tipo de fibra, demonstrada pela proporção de fibra em detergente ácido e neutro.

O gérmen dos três tipos de grão apresentou maior diferença em sua composição, sendo o DURO, caracterizado por níveis mais altos de extrato etéreo e fibra bruta e, conseqüentemente menor valor de extrativos não nitrogenados. O maior conteúdo de extrato etéreo do gérmen do milho DURO se refletiu no valor mais elevado de energia bruta, sendo gérmen do DENTADO o mais baixo nessas duas variáveis. O grão SEMIDURO apresentou baixo valor de proteína bruta e matéria mineral, valores intermediários de extrato etéreo e alto de extrativos não nitrogenados.

O grão DENTADO se destacou por apresentar no pericarpo e ponta valores elevados de extrato etéreo e fibra bruta e, conseqüentemente menor valor de extrativos não nitrogenados.

A análise qualitativa dos tipos de grãos apresentou diferença entre classificações (Tabela 4), sendo o DENTADO classificado como Tipo 2, enquanto os demais, classificados como Tipo 1. Essa diferença se deu exclusivamente devido a grande quantidade de grãos quebrados do DENTADO, pois as demais características (grãos avariados, carunchados e impurezas) não ultrapassaram os limites indicados pelas diretrizes do MAPA (Brasil, 2012).

4.1.1.2. Análises físicas

Através das análises físicas foi possível detectar maior diferenciação entre os tipos de grãos (Tabela 5). Os valores de peso específico, peso hectolítrico e vitreosidade indicaram maior densidade do grão DURO, intermediária do SEMI e menor do DENTADO ($P < 0,05$). Já o peso de 1000 grãos, que é muito influenciado pelo tamanho do grão, apresentou valores similares para os grãos SEMI e DENTADO e menor para o DURO ($P = 0,006$). Das avaliações de forma (altura, largura e profundidade), apenas a largura apresentou diferença estatística para os tipos de grãos ($P < 0,0001$), indicando maior largura do grão DENTADO, intermediária do SEMI e menor do DURO. As avaliações de composição do grão (porcentagens de endosperma, gérmen e pericarpo e ponta) não apresentaram diferenças estatísticas para os tipos de grão.

Tabela 2. Análise química dos tipos de grão duro, dentado e semiduro (DURO, DENT e SEMI, respectivamente)^{a,b}

Tipo	MS (%)	EB (kcal/g)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	FB (%)	ENN (%)	FDN (%)	FDA (%)
DURO	90,36	4,46	7,08	5,71	1,43	3,34	82,44	11,17	3,15
DENT	90,32	4,37	7,27	4,85	1,20	4,16	83,51	11,39	2,40
SEMI	90,62	4,51	7,03	6,23	1,62	3,75	81,37	11,67	3,18

^aMédias das duplicatas, valores com base na matéria seca;^bMS=matéria seca; EB=energia bruta; PB=proteína bruta; EE=extrato etéreo; MM=matéria mineral; FB=fibra bruta; ENN=extrativos não nitrogenados; FDN=fibra em detergente neutro; FDA=fibra em detergente ácido**Tabela 3.** Análise química partes dissecadas dos tipos de grão duro, dentado e semiduro (DURO, DENT e SEMI, respectivamente)^{a,b}

Parte	Tipo	MS (%)	EB (kcal/g)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	FB (%)	ENN (%)	FDN (%)	FDA (%)
Endosperma	DURO	88,84	4,21	5,78	1,38	0,20	1,42	91,34	5,49	0,86
	DENT	88,47	4,21	5,24	1,14	0,41	1,58	91,63	4,98	0,85
	SEMI	88,64	4,22	5,61	1,21	0,41	1,43	91,34	3,65	1,42
Gérmen	DURO	91,52	6,17	19,05	35,47	8,66	23,75	13,07	30,35	10,24
	DENT	91,08	5,54	19,38	26,81	9,49	18,30	26,01	32,47	12,87
	SEMI	91,18	6,02	18,40	31,40	8,98	17,18	24,04	36,50	15,51
Peric/Ponta	DURO	88,51	4,52	4,05	1,14	1,08	20,79	72,94	95,03	24,60
	DENT	88,66	4,52	4,75	2,63	1,21	24,39	67,01	89,80	23,98
	SEMI	88,36	4,25	4,48	1,41	1,16	21,99	70,95	93,53	22,99

^aMédias das duplicatas, valores com base na matéria seca;^bMS=matéria seca; EB=energia bruta; PB=proteína bruta; EE=extrato etéreo; MM=matéria mineral; FB=fibra bruta; ENN=extrativos não nitrogenados; FDN=fibra em detergente neutro; FDA=fibra em detergente ácido.**Tabela 4.** Análises físicas dos tipos de grão duro, dentado e semiduro (DURO, DENT e SEMI, respectivamente; r=3)^{a,b}

Tipo	PE (g/cm ³)	PHE (g/hL)	MG (g)	END (%)	GER (%)	PPON (%)	ALT (mm)	LARG (mm)	PROF (mm)	VITR (%)
DURO	1,338 ^a	788 ^a	274 ^b	82,0	10,3	7,7	10,00	7,63 ^c	4,50	65,0 ^a
DENT	1,291 ^c	697 ^c	291 ^a	82,8	9,8	7,4	10,58	8,57 ^a	4,19	55,4 ^b
SEMI	1,313 ^b	768 ^b	301 ^a	82,5	9,6	7,9	10,07	8,11 ^b	4,44	56,7 ^{ab}
P-valor	0,0004	<0,0001	0,0061	0,305	0,514	0,144	0,095	<0,0001	0,193	0,033
CV (%) ¹	0,43	0,38	1,97	0,72	6,77	3,26	2,69	0,81	4,23	5,67
EPM ²	0,003	1,670	3,281	0,343	0,387	0,144	0,159	0,038	0,107	1,931

¹CV (%)=coeficiente de variação; ²EPM=erro padrão da média;^aMédias seguidas de letras diferentes se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05);^bPE=peso específico; PHE=peso hectolítrico; MG=peso de 1000 grãos; END=porcentagem de endosperma; GER=porcentagem de gérmen; PPON=porcentagem de pericarpo e ponta; ALT=altura; LARG=largura; PROF=profundidade; VITR=vitreosidade

Tabela 5. Avaliação qualitativa dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e as frações segregadas por densidade (Duro de densidade alta e baixa – DUROAL e DUROBX; Dentado de densidade alta e baixa – DENTAL e DENTBX) e região da espiga (Duro base, meio e ponta – DUB, DUM, DUP, respectivamente; Dentado base, meio e ponta – DENB, DENM, DENP, respectivamente)

Tipo/Fração	Grãos Avariados		Grãos Quebrados	Impurezas	Carunchados	Tipo
	Ardidos	Total				
DURO	0	1.57	0.36	0.2	0.08	1
DENT	0.24	2.72	3.41	0.24	0.16	2
SEMI	0.04	1.96	1.64	0.2	0.56	1
Segregados por densidade						
DUROAL	0	0.72	0.48	0	0.12	1
DUROBX	0.24	2.48	1.72	0.16	0	1
DENTAL	0	0.93	1.99	0	0.2	1
DENTBX	0.96	5.83	8.33	0.24	0.24	Fora
Segregados por região da espiga						
DUB	0	0.65	0	0	0.12	1
DUM	0	0.48	0.04	0.04	0	1
DUP	0.12	2.8	0	0	0	1
DENB	0.04	0.28	0.08	0	0	1
DENM	0	0.88	0	0	0.12	1
DENP	0.04	3.39	0.08	0.04	0.64	1

4.1.2. Caracterização das frações dos tipos de grãos

4.1.2.1. Segregados por densidade

4.1.2.1.1. Análises químicas e qualitativas

Os grãos DURO e DENTADO segregados por densidade, também foram submetidos às análises químicas tanto em sua totalidade (Tabela 6) quanto suas partes obtidas por dissecação (Endosperma, Gérmen e Pericarpo/Ponta; Tabela 7).

Os valores obtidos demonstraram diferenças numéricas entre os grãos DURO de densidade alta, DURO de densidade baixa, DENTADO de densidade alta e DENTADO de densidade baixa, destacando-se os valores mais elevados de energia bruta (EB) do grão DENTADO de densidade baixa, proteína bruta (PB) dos grãos DURO e DENTADO de densidade alta, extrato etéreo (EE) do DURO de densidade baixa e fibra em detergente ácido (FDA) do DENTADO de densidade alta.

Os valores obtidos através das análises das partes dissecadas apresentaram algumas características numéricas distintas (Tabela 7). Para o endosperma, as análises de energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e extrativos não nitrogenados (ENN), apresentaram valores numéricos semelhantes para o grão DENTADO de densidades alta e baixa. O grão DURO apresentou apenas resultados semelhantes entre as densidades alta e baixa para as análises de proteína bruta (PB) e extrativos não nitrogenados (ENN), tendo apresentado maiores variações para as demais. Os valores de fibra bruta (FB) foram maiores para os grãos de densidade alta, tanto para o grão DURO como DENTADO.

A análise qualitativa (Tabela 5) não apresentou diferença entre a classificação dos grãos DURO de densidade alta, DURO de densidade baixa e DENTADO de densidade alta, sendo que todos apresentaram baixos índices de grãos quebrados, avariados, carunchados e impurezas, portanto, classificados como Tipo I. Entretanto o grão DENTADO de densidade baixa apresentou grande proporção de grãos quebrados, em maior proporção que grão DENTADO na densidade original, sendo classificado como fora de padrão.

Através da Análise de Agrupamentos (Figura 7) foi possível observar as similaridades entre as frações e os tipos de grãos para as características químicas e qualitativas. Nesta figura, pode-se notar a formação de dois grupos distintos com distância máxima entre clusters (DMC) de 1, o primeiro agrupando todas as frações, com exceção do DENTADO BAIXA, que foi deixado isolado no segundo grupo.

4.1.2.1.2. Análises físicas

Na Tabela 8 pode-se observar os resultados das análises físicas das diferentes frações segregadas por densidade.

O processo de segregação na mesa densimétrica se baseia no peso específico do grão; no caso do milho DURO, foi evidente o maior peso específico comparado ao milho DENTADO, porém a diferença entre as frações de alta e baixa densidade foi muito pequena, não sendo significativamente diferente (1,341 vs. 1,335). Por outro lado, para o milho dentado, a segregação das frações de alta e baixa densidade gerou materiais de densidade contrastante, com diferença significativa no peso específico (1,303 vs. 1,277, $P < 0,05$). O peso hectolítrico amplificou as diferenças encontradas pelo peso específico, determinando diferenças estatísticas entre os quatro tratamentos avaliados ($P < 0,0001$). Os valores determinados pelo peso de 1000 grãos indicaram maior tamanho geral do grão do tipo dentado (incluindo DENTADO ALTA e DENTADO BAIXA), intermediário do DURO ALTA e menor do DURO BAIXA. Para a composição dos grãos, de maneira geral, o tipo duro (DURO ALTA e DURO BAIXA) apresentou maior proporção de gérmen e menor de endosperma. As avaliações da forma dos grãos, evidenciou menor altura e largura para os grãos DURO e profundidade maior para o DURO ALTA, intermediária para o DURO BAIXA e DENTADO ALTA e menor para o DENTADO BAIXA. A vitreosidade dos grãos duros foi maior que dos grãos dentados, conforme mostrado na Tabela 4, sendo que nas frações segregadas foi observada uma clara tendência de maior grau de vitreosidade nas de maior densidade, para os dois tipos de grão.

A análise de agrupamentos das características físicas dos tipos de grãos e diferentes densidades (Figura 8), demonstram melhor as similaridades entre os grãos segregados e os originais, sendo possível observar a uma distância máxima entre clusters de 1, a formação de três grupos distintos, sendo o primeiro formado pelos grãos DURO ALTA, DURO e DURO BAIXA, o segundo pelos grãos DENTADO ALTA e SEMIDURO e o terceiro pelos grãos DENTADO BAIXA e DENTADO, sendo estes últimos com maior similaridade para as características físicas. Esta análise expressa maior segregação do grão DENTADO, conforme resultados do peso específico, em que a fração DENTADO ALTA se aproxima mais do grão tipo SEMIDURO que do DENTADO na densidade original.

Tabela 6. Análise química das frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)^{a,b}

Fração	MS (%)	EB (kcal/g)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	FB (%)	ENN (%)	FDN (%)	FDA (%)
DUROAL	90,16	4,44	7,28	4,83	1,10	2,99	83,80	10,67	3,04
DUROBX	90,17	4,43	6,96	5,44	1,47	3,61	82,53	10,59	3,01
DENTAL	90,36	4,36	7,37	5,02	1,54	3,05	83,02	12,42	3,46
DENTBX	90,52	4,64	7,08	4,92	1,32	4,16	82,53	13,48	3,09

^aMédias das duplicatas, valores com base na matéria seca;^bMS=matéria seca; EB=energia bruta; PB=proteína bruta; EE=extrato etéreo; MM=matéria mineral; FB=fibra bruta; ENN=extrativos não nitrogenados; FDN=fibra em detergente neutro; FDA=fibra em detergente ácido.**Tabela 7.** Análise química partes dissecadas das frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)^{a,b}

Parte	Fração	MS (%)	EB (kcal/g)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	FB (%)	ENN (%)	FDN (%)	FDA (%)
Endosperma	DUROAL	89,15	4,32	5,88	1,55	0,46	1,58	90,53	5,15	1,10
	DUROBX	88,92	4,22	5,86	1,61	0,53	1,15	90,85	5,39	1,23
	DENTAL	88,67	4,20	5,81	1,35	0,43	1,37	91,04	4,44	0,85
	DENTBX	88,48	4,21	5,71	1,39	0,45	1,15	91,30	5,10	0,74
Gérmen	DUROAL	91,43	5,98	19,21	35,23	8,76	19,03	17,77	30,13	7,12
	DUROBX	91,43	5,98	19,31	34,41	8,59	22,81	14,88	30,82	15,52
	DENTAL	91,44	5,68	19,11	28,48	9,21	16,19	27,01	30,12	14,04
	DENTBX	91,12	5,72	17,52	27,27	9,68	16,96	28,56	33,05	13,84
Peric/Ponta	DUROAL	89,34	4,29	4,99	3,43	1,55	20,99	69,05	90,03	23,03
	DUROBX	89,36	4,53	4,55	1,82	0,64	21,00	71,98	91,14	23,77
	DENTAL	89,10	4,47	5,23	3,07	1,30	24,36	66,04	89,93	23,71
	DENTBX	88,89	4,60	5,30	2,53	1,35	24,42	66,41	90,54	24,94

^aMédias das duplicatas, valores com base na matéria seca;^bMS=matéria seca; EB=energia bruta; PB=proteína bruta; EE=extrato etéreo; MM=matéria mineral; FB=fibra bruta; ENN=extrativos não nitrogenados; FDN=fibra em detergente neutro; FDA=fibra em detergente ácido.**Tabela 8.** Análises físicas das frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)^{a,b} (r=3)

Fração	PE (g/cm ³)	PHE (g/L)	MG (g)	END (%)	GER (%)	PPON (%)	ALT (mm)	LARG (mm)	PROF (mm)	VITR (%)
DUROAL	1,341 ^a	802 ^a	285 ^b	81,7 ^b	10,4 ^a	7,9	9,85 ^b	7,58 ^c	4,86 ^a	65,15 ^a
DUROBX	1,335 ^a	778 ^b	256 ^c	81,2 ^b	10,5 ^a	8,3	9,71 ^b	7,33 ^c	4,41 ^b	63,5 ^{ab}
DENTAL	1,303 ^b	735 ^c	298 ^a	82,9 ^a	9,2 ^b	7,9	10,50 ^a	8,48 ^a	4,39 ^b	58,9 ^{bc}
DENTBX	1,277 ^c	683 ^d	288 ^{ab}	82,5 ^a	9,5 ^{ab}	8,0	10,64 ^a	8,10 ^b	4,06 ^c	52,9 ^c
P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,014	0,554	0,0038	<0,0001	<0,0001	0,0011
CV (%) ¹	0,34	0,47	1,65	0,27	4,09	4,70	2,27	1,63	1,54	3,73
EPM ²	0,002	2,026	2,688	0,130	0,233	0,218	0,133	0,074	0,039	1,294

¹CV (%)=coeficiente de variação; ²EPM=erro padrão da média;^aMédias seguidas de letras diferentes se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05);^bPE=peso específico; PHE=peso hectolítrico; MG=peso de 1000 grãos; END=porcentagem de endosperma; GER=porcentagem de gérmen; PPON=porcentagem de pericarpo e ponta; ALT=altura; LARG=largura; PROF=profundidade; VITR=vitreosidade.

Figura 7. Análise de agrupamentos das análises químicas e qualitativas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)

Figura 8. Análise de agrupamentos das análises físicas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)

Figura 9. Análise de agrupamentos das variáveis químicas, qualitativas e físicas selecionadas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e as frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)

Foi realizada uma análise de agrupamentos das características gerais dos tipos de grãos e densidades (Figura 9), em que foram selecionadas as seguintes variáveis: energia bruta (EB), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), extrativos não nitrogenados (ENN), fibra em detergente neutro (FDN), grãos avariados (AVAR), grãos quebrados (QUEBR), peso específico (PE), peso hectolítrico (PHE), peso de 1000 grãos (MG), proporção de endosperma (END), proporção de gérmen (GER), altura (ALT), largura (LARG), profundidade (PROF) e vitreosidade (VITR). Estas variáveis foram selecionadas com base na existência de correlação significativa ($P < 0,05$) quando consideradas todas as variáveis coletadas. Desta forma, foram eliminadas, dentro das análises químicas qualitativas, as variáveis matéria mineral (MM), fibra em detergente ácido (FDA), porcentagem de impurezas (IMP) e de grãos carunchados (CAR); dentro das análises físicas, foi eliminada a proporção de pericarpo e ponta (PPON).

Através desta análise foi possível verificar que, para fins de caracterização dos grãos de diferentes tipos e densidades, as características físicas foram mais determinantes, uma vez que a análise de agrupamentos utiliza os valores numéricos das médias utilizadas na análise e todas tem o mesmo grau de influência.

4.1.2.2. Segregados por região da espiga

4.1.2.2.1. Análises químicas e qualitativas

Os resultados da análise química dos grãos segregados de acordo com a região da espiga estão demonstrados na Tabela 9. Os valores de EB (kcal/g) foram muito semelhantes dentro de cada tipo, porém houve diferenças entre os valores de PB, EE, MM, FB, ENN e FDN, o que indica variação na qualidade nutricional do grão ao longo da espiga.

Os grãos segregados de acordo com a região da espiga foram debulhados manualmente, não sofreram impactos que favorecem a quebra, apresentando alta quantidade de grãos íntegros. Por terem apresentado também pequenas quantidades de grãos avariados, carunchados e impurezas, todos foram classificados como Tipo I (Tabela 5).

Analisando os agrupamentos das análises química e qualitativa (Figura 10), foi possível identificar maior similaridade entre os grãos da base e do meio da espiga dos tipos DENTADO e DURO. Os grãos DURO e o SEMI também apresentaram maior semelhança. Já os grãos da ponta de ambos os tipos e o grão DENTADO foram os que mais se distanciaram dos demais, formando ao todo seis grupos distintos a uma distância máxima entre clusters (DMC) de 0,75.

4.1.2.2.2. Análises físicas

Os resultados das análises físicas referentes às regiões da espiga estão apresentados na Tabela 10. É possível observar que o peso específico e o peso hectolítrico foram maiores para os grãos DURO. Para este, o peso específico não apresentou diferença estatística para as regiões da espiga, enquanto que para o grão DENTADO, os grãos do meio e da ponta diferiram estatisticamente ($P < 0,0001$) e os grãos da base apresentaram valores intermediários. O peso hectolítrico foi significativamente maior para todas as frações do grão DURO apresentando valores crescentes, para estas, da base para a ponta. O grão do DENTADO apresentou valores maiores para os

grãos da base e similares para os grão do meio e da ponta ($P < 0,0001$). O peso de 1000 grãos foi maior para os grãos da base intermediário para o meio da espiga e apresentou menores valores para os grãos da ponta, independente do material, porém com valores maiores para o grão DENTADO ($P < 0,0001$). Através da análise da composição dos grãos, foi possível observar maiores proporções de endosperma para o grão DENTADO e maior proporção de gérmen do grão DURO ($P < 0,01$). A análise da forma evidenciou, de maneira geral, maior altura dos grãos do meio da espiga, maior largura e dos grãos da base e do meio e também menor profundidade dos grãos do meio ($P < 0,0001$), indicando um comportamento geral dos grãos, independente do material genético. A análise da vitreosidade evidenciou maiores valores para o grão DURO quando comparados ao DENTADO em cada uma das frações.

A análise de agrupamentos das variáveis físicas está demonstrada na Figura 11. Nesta são formados dois agrupamentos distintos um com os grãos duros e outro com os grãos dentados, sendo que o semiduro se insere no agrupamento dos grãos duros. É possível observar que os grãos do meio da espiga, são muito próximos dos grãos originais (como esperado), em seguida os grãos da base se relacionam mais com esses grupos e os grãos da ponta são os que mais se diferenciam pelas características físicas.

Tabela 9. Análise química das frações Duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e Dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente)^{a,b}

Fração	MS (%)	EB (kcal/g)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	FB (%)	ENN (%)	FDN (%)	FDA (%)
DUB	89,26	4,52	7,32	5,31	1,40	2,87	83,10	9,83	2,91
DUM	89,23	4,49	6,42	5,12	1,43	2,78	84,25	10,38	3,18
DUP	89,17	4,51	6,30	4,90	3,84	3,13	81,84	12,63	2,65
DENB	89,67	4,37	6,60	4,07	0,91	3,16	85,26	12,01	2,91
DENM	89,24	4,42	6,70	3,98	1,08	3,35	84,89	10,92	2,75
DENP	89,27	4,46	6,61	4,25	0,80	3,75	84,58	9,97	3,07

^aMédias das duplicatas, valores com base na matéria seca;

^bMS=matéria seca; EB=energia bruta; PB=proteína bruta; EE=extrato etéreo; MM=matéria mineral; FB=fibra bruta; ENN=extrativos não nitrogenados; FDN=fibra em detergente neutro; FDA=fibra em detergente ácido.

Tabela 10. Análises físicas das frações Duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e Dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente; $r=3$)^{a,b}.

Fração	PE (g/cm ³)	PHE (g/L)	MG (g)	END (%)	GER (%)	PPON (%)	ALT (mm)	LARG (mm)	PROF (mm)	VITR (%)
DUB	1,335 ^a	801 ^a	314 ^{ab}	81,7 ^b	10,7 ^a	7,6 ^a	9,39 ^c	7,91 ^b	5,18 ^a	65,7 ^a
DUM	1,331 ^a	791 ^b	287 ^c	81,7 ^b	10,7 ^a	7,6 ^{ab}	10,41 ^b	8,05 ^b	4,23 ^d	64,2 ^{ab}
DUP	1,315 ^a	761 ^c	227 ^c	82,0 ^b	10,5 ^a	7,5 ^a	8,81 ^c	6,94 ^c	4,80 ^b	59,2 ^{abc}
DENB	1,268 ^{bc}	727 ^d	318 ^a	84,0 ^a	9,4 ^{ab}	6,6 ^c	10,88 ^{ab}	8,55 ^a	4,63 ^{bc}	57,2 ^{bc}
DENM	1,274 ^b	708 ^e	304 ^b	84,1 ^a	9,0 ^b	6,9 ^{bc}	11,29 ^a	8,88 ^a	3,87 ^c	55,1 ^c
DENP	1,249 ^c	713 ^e	264 ^d	83,2 ^{ab}	9,8 ^{ab}	7,0 ^{abc}	9,31 ^c	7,82 ^b	4,44 ^{cd}	47,2 ^d
P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0012	0,0067	0,0008	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%) ¹	0,56	0,36	1,71	0,78	5,10	3,34	2,63	2,21	2,49	4,81
EPM ²	0,004	1,579	2,827	0,372	0,295	0,138	0,152	0,102	0,065	1,614

¹CV (%)=coeficiente de variação; ²EPM=erro padrão da média;

^aMédias seguidas de letras diferentes se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$);

^bPE=peso específico; PHE=peso hectolítrico; MG=peso de 1000 grãos; END=porcentagem de endosperma; GER=porcentagem de gérmen; PPON=porcentagem de pericarpo e ponta; ALT=altura; LARG=largura; PROF=profundidade; VITR=vitreosidade

Da mesma maneira que para a segregação dos grãos por densidade, também foi realizada uma análise de agrupamentos das análises químicas, qualitativas e físicas (Figura 12) dos grãos segregados de acordo com a região da espiga e os tipos. É possível notar, da mesma maneira que ocorrido anteriormente, que os clusters formados foram

extremamente semelhantes ao que avalia somente as características físicas, evidenciando maior influência destas no agrupamentos.

Figura 10. Análise de agrupamentos das análises químicas e qualitativas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e as frações Duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e Dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente).

Figura 11. Análise de agrupamentos das análises físicas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e as frações Duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e Dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente)

Figura 12. Análise de agrupamentos das variáveis químicas, qualitativas e físicas selecionadas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e as frações Duro base, meio e ponta (DUB, DUM, DUP, respectivamente) e Dentado base, meio e ponta (DENB, DENM, DENP, respectivamente)

4.1.3. Caracterização geral dos grãos

Como parte do objetivo deste trabalho, foi realizada uma análise de agrupamentos com os tipos de grão (DURO, DENTADO e SEMI), as frações segregadas por densidade (DUROAL, DUROBX, DENTAL e DENTBX) e também por região da espiga (DUB, DUM, DUP, DENB, DENM e DENP), visando verificar as frações e tipos mais semelhantes para as características selecionadas das análises químicas, qualitativas e físicas. O resultado está demonstrado na Figura 13.

Observando-se o agrupamento a uma distância máxima entre clusters de 1,6 é possível notar a divisão com os tipos DURO e SEMI, formando um grupo, e DENTADO, formando outro. Dentro do grupo do tipo DURO e SEMI, é possível notar a maior semelhança entre os grãos de densidade alta e da região do meio da espiga, se unindo em seguida ao DURO (original), formando um grupo. Os grãos duro da base (DUB) são mais similares ao SEMIDURO e estes se unem ao grupo anterior a uma distancia de 0,7 (DMC). Já os grãos duro de densidade baixa (DUROBX) e duro da ponta (DUP) formam um grupo isolado, que só se unem aos anteriores a uma distância de 1,5 (DMC), evidenciando características mais contrastantes em relação aos demais.

Dentro do grupo do milho dentado, a maior similaridade se dá para os grãos DENTADO (original) e dentado de densidade baixa (DENB), posteriormente se unindo a este grupo está o dentado da ponta (DENP). Um segundo grupo formado é das frações do grão dentado de densidade alta (DENTAL), e das regiões da base e do meio da espiga (DENB e DENM, respectivamente) apresentando alta similaridade a uma distância de 0,5 DMC.

Ao analisar todas as frações em conjunto com os grãos originais foi possível observar maior distanciamento dentro do grupo dos grãos tipo DURO para as frações da ponta da espiga e densidade baixa, o que não foi possível observar quando cada forma de segregação foi analisada separadamente.

Figura 13. Análise de agrupamentos das variáveis químicas, qualitativas e físicas selecionadas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e as frações segregadas por densidade (Duro de densidade alta e baixa – DUROAL e DUROBX; Dentado de densidade alta e baixa – DENTAL e DENTBX) e região da espiga (Duro base, meio e ponta - DUB, DUM, DUP, respectivamente; Dentado base, meio e ponta – DENB, DENM, DENP, respectivamente)

4.2. Segunda etapa – Ensaio de metabolismo

O ensaio de metabolismo foi executado em três repetições (blocos) realizadas subsequentemente, utilizando-se ingredientes do mesmo lote na dieta referência com o propósito de minimizar possíveis diferenças entre as repetições. As excretas coletadas em cada repetição também foram processadas (amostragem, secagem, moagem) e em seguida submetidas às determinações de energia bruta e teor de nitrogênio simultaneamente para se evitar variações ao longo do tempo. Igualmente, os diferentes tipos de milho que entraram na constituição das dietas-teste foram moídos em condições semelhantes.

Os valores médios dos diversos componentes utilizados no cálculo da EMA e EMAn das dietas de cada tratamento estão apresentados na Tabela 11. Em seguida, foram calculados os valores da EMA e EMAn dos tipos de milho, cujas médias constam da Tabela 12. A variação encontrada entre os tipos de milho foi de 3,109 a 3,211 kcal/g, diferença não significativa ($P=0,10$). O conteúdo de EMAn médio para o milho duro original e as frações resultantes da segregação em mesa densimétrica (DURO, DUROAL e DUROBX) foi de 3,181 kcal/g, observando-se uma pequena variação entre os três materiais. A média de EMAn para os materiais de milho dentado (DENT, DENTAL, DENTBX) foi 3,140 kcal/kg; neste caso, a amplitude dos valores foi maior, com extremos de 3,109 a 3,194 kcal/g. A EMAn do milho semiduro (SEMI, 3,165 kcal/g) foi intermediária entre os valores médios para os materiais duro e dentado. A análise de contrastes permitiu constatar que (a) o milho híbrido semiduro, tomado como padrão de produção, não diferiu do milho duro ou do dentado quanto à EMAn; (b) a EMAn do milho duro não diferiu do valor do milho dentado; (c) não houve diferença entre as frações segregadas de alta e baixa densidade do milho duro; (d) o milho dentado de alta densidade teve maior EMAn do que o de baixa densidade (DENTAL = 3,194 kcal/g vs. DENTBX = 3,109 kcal/g, $P<0,05$).

A análise dos componentes principais englobando as análises químicas, qualitativas e físicas (das variáveis previamente selecionadas) e da EMAn dos milhos está demonstrada na Figura 14. Nesta análise foi possível verificar

que 91,69% de toda variação é explicada com dois componentes principais. O Componente 1 é caracterizado pelas variáveis peso específico, peso hectolítrico, vitreosidade e profundidade, que são altamente correlacionadas entre si e inversamente correlacionadas às variáveis altura, fibra em detergente neutro, grãos avariados, grãos quebrados, energia bruta e fibra bruta.

O Componente 2 por sua vez é caracterizado pelas variáveis extrativos não nitrogenados, proteína bruta, largura do grão, porcentagem de endosperma, peso de 1000 grãos altamente correlacionadas e inversamente correlacionas à porcentagem de gérmen e extrato etéreo.

O grão DENTBX é caracterizado por elevados valores de grãos avariados, quebrados e energia bruta e baixos valores de vitreosidade, peso específico, peso hectolítrico e profundidade dos grãos. Os grãos DENTADO e DENTAL são caracterizados por elevados valores de proteína bruta e extrativos não nitrogenados e baixos valores de extrato etéreo e gérmen, enquanto que os grãos DURO e DUROBX denotam o oposto. O grão DUROAL é caracterizado por elevados valores de peso específico, peso hectolítrico, vitreosidade, profundidade e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio.

A análise dos componentes principais é uma ferramenta de análise multivariada que torna mais fácil agrupar e visualizar as correlações das variáveis, entretanto, para uma melhor compreensão das variáveis isoladamente, coeficientes de correlação simples de Pearson são também apresentados (Tabela 13).

Tabela 11. Demonstração das etapas do cálculo da energia metabolizável aparente e corrigida para o valor de nitrogênio (valores médios de r=9)

Dados	Dieta	Dietas-teste						
	Referência	DURO	DUROAL	DUROBX	DENT	DENTAL	DENTBX	SEMI
Dieta								
Consumo da dieta (g, MN)	159,34	169,22	163,14	164,29	159,71	159,10	157,19	165,88
EB da dieta (kcal/g)	4,038	3,993	4,019	4,018	3,984	3,997	3,986	4,020
EB consumida (kcal)	643,40	675,72	655,61	660,07	636,36	636,00	626,58	666,79
N na dieta (%)	3,02	2,33	2,15	2,27	2,29	2,26	2,26	2,11
N consumido (g)	4,80	3,94	3,51	3,72	3,66	3,60	3,55	3,50
Excreta								
Total de excretas (g, seca ao ar)	41,98	38,32	36,41	36,28	35,32	34,85	35,19	37,30
EB da excreta (kcal/g)	3,811	4,017	3,994	4,002	4,008	3,979	3,994	3,999
EB excretada (kcal)	160,00	153,92	145,45	145,21	141,54	138,68	140,56	149,19
N na excreta (%)	4,09	3,37	3,47	3,43	3,41	3,45	3,40	3,40
N excretado (g)	1,72	1,29	1,26	1,24	1,20	1,20	1,19	1,27
BN (N ing – N exc) (g)*	3,09	2,65	2,24	2,48	2,45	2,39	2,36	2,23
BNx8,22 (kcal)	25,36	21,79	18,44	20,36	20,17	19,68	19,38	19,35

N=nitrogênio; BN=balanço de nitrogênio

abela 12. Médias de energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida para o valor de nitrogênio (EMAn) dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX) (r=9)^a

Tratamento	EMA (kcal/g)	EMAn (kcal/g)
DURO	3,226	3,141
DUROAL	3,235	3,192
DUROBX	3,281	3,211
DENT	3,194	3,118
DENTAL	3,263	3,194
DENTBX	3,178	3,109
SEMI	3,198	3,165
P-valor	0,1896	0,1024
CV (%) ¹	2,81	2,80
EPM ²	0,030	0,029
Contrastes	P-valor	
1 (SEMI vs. Demais)	0,4955	0,7975
2 (DUROAL vs. DENT)	0,1727	0,1049
3 (DUROAL vs. DUROBX)	0,3525	0,7428
4 (DENTAL vs. DENTBX)	0,0504	0,0487

¹CV (%)=coeficiente de variação; ²EPM=erro padrão da média;

^aCom base na matéria natural.

Figura 14. Análise dos componentes principais das características químicas, qualitativas e físicas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX)

Tabela 13. Coeficientes de correlação das características químicas, qualitativas e físicas seleccionadas dos tipos DURO, DENTADO E SEMI e frações Duro de densidade alta e baixa (DUROAL e DUROBX) e Dentado de densidade alta e baixa (DENTAL e DENTBX) (n=7)^a

	PE	PHE	MG	END	GER	ALT	LARG	PROF	VITR	AVAR	QUEBR	EB	PB	EE	FB	ENN	FDN	EMAnMi
PE	1,00																	
PHE	0,97	1,00																
MG	ns	ns	1,00															
END	-0,76	ns	0,86	1,00														
GER	0,80	ns	-0,80	-0,90	1,00													
ALT	-0,93	-0,92	ns	0,88	-0,82	1,00												
LARG	-0,80	-0,74	0,80	0,97	-0,87	0,88	1,00											
PROF	0,86	0,90	ns	ns	ns	-0,74	ns	1,00										
VITR	0,96	0,90	ns	-0,75	0,77	-0,83	-0,76	0,82	1,00									
AVAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,80	ns	1,00								
QUEBR	-0,86	-0,86	ns	ns	ns	ns	ns	-0,81	-0,81	0,94	1,00							
EB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,76	ns	1,00						
PB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00					
EE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00				
FB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,84	ns	0,88	-0,74	ns	1,00			
ENN	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,89	ns	1,00		
FDN	-0,84	-0,77	ns	ns	-0,82	0,82	ns	ns	-0,79	ns	0,82	ns	ns	ns	ns	ns	1,00	
EMAnMi	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00

^a valor de r mínimo significativo: $P < 0,05$ para $\{0,74 \leq r \leq 0,90\}$; $P < 0,005$ para $\{0,92 \leq r \leq 0,94\}$; $P < 0,0005$ para $r \geq 0,96$; ns=não significativo.

5. DISCUSSÃO

5.1. Caracterização dos grãos

As características químicas dos grãos como energia bruta, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, fibra bruta, extrativos não nitrogenados e fibra em detergente neutro e ácido são influenciados pelo material genético mas, além disso, o solo, a adubação e o clima (tanto da época como da região do plantio), exercem influência sobre a proteína bruta, fibra e extrativos não nitrogenados e também sobre o enchimento dos grânulos de amido (DIDONET et al., 2001). Desta forma, ao padronizar a região de plantio e tratos culturais, objetivou-se minimizar os efeitos ambientais sobre as características químicas dos grãos, possibilitando evidenciar as variações genéticas dos materiais e como elas se expressam nas diferentes regiões da espiga. E, consequentemente, avaliar como estas características específicas se comportam na segregação por densidade.

Os materiais avaliados apresentaram valores de energia bruta e extrato etéreo relativamente altos e valores de proteína bruta relativamente baixos quando comparados a outros experimentos realizados com diversos híbridos no Brasil (PB: 7,9 – 9,92 % e EE: 3,57 – 5,57%, CANTARELLI, et al., 2007; EB: 3,819 – 4,008 kcal/g, PB: 7,04 – 9,87 % e EE: 3,01 – 4,05 %, RODRIGUES et al., 2003). Os valores encontrados de proteína bruta foram inferiores tanto do milho DURO (7,08 %) como do DENTADO (7,27 %) quando comparados aos materiais utilizados por Philleppeau et al. (2009), em que os autores encontraram valores de PB médios de 10,7% e 12% para grãos dos tipos dentado e duro respectivamente. Em um estudo de caracterização de diversos materiais genéticos de milho do México e da América Latina, Narváez-González et al. (2006) encontraram valores de PB que variaram de 14,2 a 6,7 %.

A caracterização geral dos grãos possibilitou verificar como a segregação destes na mesa densimétrica influencia a dispersão da variabilidade das características gerais e associar estes às diferentes regiões da espiga. Os grãos segregados de densidade média não foram analisados pois apresentariam na média as mesmas características dos grãos na densidade original, e a intenção do presente estudo foi de avaliar as densidades contrastantes (ALTA e BAIXA) visando melhores estratégias para estratificação de acordo com o material utilizado. Não existem muitos trabalhos realizados com esse enfoque, normalmente os estudos avaliam híbridos diferentes ou alguns híbridos plantados em diferentes períodos (safras ou anos), ou ainda estratégias de secagem dos grãos, sempre com a finalidade de comparar e/ou prever a disponibilidade de nutrientes para os animais. Não foram encontrados trabalhos avaliando possíveis diferenças nas características físicas ou químicas dos grãos nas regiões da espiga.

Através da análise de energia bruta, foi verificado que esta não variou muito entre as frações segregadas dos milhos DURO, e DENTADO, exceto o DENTADO BAIXA que apresentou elevado valor de EB, possivelmente devido ao elevado valor de FB da fração, que está ligado por sua vez ao grau de impurezas e grãos quebrados.

Os valores de proteína bruta das frações segregadas foram maiores para os grãos de densidade ALTA (ambos os tipos) e da BASE (DURO) e MEIO (DENTADO) da espiga. Silva et al. (2008), utilizando segregação de um único material genético obteve maior valor de PB para a fração de densidade baixa (9,00 % milho de densidade baixa vs. 8,38 % milho de densidade alta); em outro experimento, Silva et al. (2011) encontraram valores de PB de 8,84 e 8,95 % para grãos de densidade alta e baixa respectivamente, segregados em mesa densimétrica, evidenciando menores valores de PB dos milhos utilizados no presente trabalho.

Dale (1994) encontrou uma tendência de correlação negativa entre peso de bushel (*bushel weight* - medida mais utilizada como padrão de volume para avaliar a densidade aparente de grãos, equivale a 8 galões) e o teor de proteína bruta. O mesmo não foi observado neste trabalho, tanto para o peso específico como para o hectolítrico (Tabela 13).

A determinação do extrato etéreo das frações evidenciou características discrepantes para os milhos DURO e DENTADO. Enquanto o milho DENTADO apresentou maiores proporções de EE nos grãos de densidade ALTA e na PONTA da espiga, o milho DURO apresentou maiores proporções de EE nos grãos de densidade BAIXA e da BASE e MEIO da espiga. Em experimentos prévios, foram encontrados padrões de segregação diferentes, sendo que em um deles foi encontrado valor menor de EE na fração de milho de densidade baixa (Silva et al., 2008) e, em outro, valor menor para o milho de densidade alta (Silva et al., 2011).

Os valores de fibra bruta foram maiores para os grãos de densidade baixa e da região da ponta da espiga para ambos os materiais, denotando menores valores de ENN para estes. Estes resultados corroboram com o estudo conduzido por Silva et al. (2008), que encontraram maiores valores de FB no milho de densidade baixa.

Através dos resultados das análises químicas, da PB, EE e MM foi possível verificar que as frações da base, meio e ponta da espiga apresentaram características diferentes para os milhos DURO e DENTADO, resultando em frações segregadas na mesa densimétrica de composição diferente. Porém os resultados de FB foram similares em ambos os casos, denotando um padrão na segregação dos grãos da ponta para a faixa inferior de densidade. Verificando a tabela de correlação das frações segregadas por região da espiga (Anexo B), é possível notar correlação negativa entre FB e vitreosidade e esta, por sua vez, positivamente correlacionada ao peso específico, que é o princípio da segregação da mesa densimétrica, indicando que os grãos de densidade baixa apresentam maiores valores de FB não só pela maior presença de impurezas e grãos avariados.

A avaliação da qualidade dos grãos, conforme demonstrado nos resultados, determinou a classificação dos milho DURO e SEMIDURO em Tipo 1 e do milho DENTADO em Tipo 2 devido a grande proporção de grãos quebrados. Através da segregação em mesa densimétrica, as impurezas, grãos quebrados, carunchados e avariados, se concentraram na faixa de baixa densidade. Com segregação do milho DENTADO foi possível observar grande melhora dos grãos de densidade alta, em comparação com o milho na densidade original, sendo classificado como Tipo 1. O milho utilizado no experimento conduzido por Silva et al. (2011) apresentou elevada quantidade de grãos quebrados, mais do que os encontrados neste experimento e, da mesma maneira, os grãos quebrados e as impurezas se concentraram na fração de baixa densidade após segregação em mesa densimétrica.

Para esta análise não é possível a comparação das frações segregadas de acordo com a região da espiga com as frações segregadas por densidade, uma vez que a quantidade de grãos quebrados na debulha manual foi mínima quando comparada à quantidade de grãos quebrados na debulha mecânica.

As características físicas dos grãos são, da mesma forma que as químicas, influenciadas tanto pela genética do material como por fatores ambientais, sendo que estes últimos são responsáveis pela deposição de amido (enchimento dos grãos) e proteína bruta do endosperma (SANGOI, 2012). O grão DENTADO, caracterizado por maior proporção de endosperma farináceo, que contém menor adensamento dos grânulos de amido e, conseqüentemente, maior quantidade de espaços vazios no endosperma, se torna mais susceptível à quebra, como foi possível observar através da classificação qualitativa dos grãos.

Através das análises físicas, foi possível verificar maior peso específico ($P < 0,0005$) do milho DURO ($1,338 \text{ g/cm}^3$), intermediário do milho SEMIDURO ($1,313 \text{ g/cm}^3$) e menor para o milho DENTADO ($1,291 \text{ g/cm}^3$). Philippeau et al. (1999) encontraram valores médios de $1,20 \text{ g/cm}^3$ para milhos dentados e $1,36 \text{ g/cm}^3$ para

milhos duros (também analisado com picnômetro a gás de hélio), valores muito próximos dos milhos DURO e DENTADO utilizados neste trabalho. Moore et al. (2008) avaliando diversos híbridos encontraram valores de densidade de 1,207 a 1,263 g/cm³, valores estes mais próximos do milho DENTADO.

Algumas associações importantes merecem ser destacadas quanto ao processo de segregação em mesa densimétrica e às frações geradas. O peso específico determinado em picnômetro, leva em consideração a porosidade do material, não somente peso e volume (Chang, 1988). O peso específico das frações DUROAL e DUROBX foi de 1,341 e 1,335, respectivamente, uma diferença de apenas 0,45%, não apresentando diferenças estatísticas entre as frações ($P>0.05$), ao passo que nos milhos DENTAL e DENTBX o peso específico foi de 1,303 e 1,277, respectivamente, uma diferença de 2,04%, apresentando diferenças estatísticas. O mesmo ocorreu com as frações segregadas por região da espiga, sendo que as médias da base, meio e ponta do milho DURO foram similares enquanto que para o DENTADO foram diferentes. Esta variável é muito utilizada como indicativo da vitreosidade, apresentando alta correlação (PHILIPPEAU et al., 1999).

Os diferentes tipos de milho também apresentaram valores de peso hectolítrico estatisticamente diferentes ($P<0,0001$), sendo maior para o DURO (788g/L), intermediário para o SEMIDURO (768 g/L) e menor para o milho DENTADO (697 g/L). Destes o milho DENTADO foi o que apresentou peso hectolítrico mais próximo a ensaios realizados por outros autores (673 a 726 g/L MOORE et al., 2008; 600 a 720 g/L BAIDOO et al., 1991; 606 a 696 g/L – LILBURN e DALE, 1989; 550 e 700 g/L – HSU e SELL, 1995).

A determinação do peso hectolítrico confirma que a discriminação por densidade do milho ocorre, mesmo com as pequenas diferenças observadas no peso específico; desta forma o peso hectolítrico do milho DUROAL e DUROBX foi 802 g/L e 778 g/L, respectivamente (diferença de 3,1%) e do milho DENTAL e DENTBX foi de 735 g/L e 683 g/L, respectivamente (diferença de 7,6%). Os grãos segregados de acordo com a região da espiga apresentaram valores de peso hectolítrico de maneira diferente para os grãos DURO e DENTADO; enquanto que os grãos DURO apresentaram valores decrescentes de peso hectolítrico à medida que os grãos se distanciam da base, os grãos DENTADO apresentaram valores similares para os grãos do meio e da ponta da espiga, e da mesma forma, os grãos da base apresentaram maior valor de peso hectolítrico.

Silva et al. (2011) encontraram valores de densidade (determinada também com balança de peso hectolítrico) de 749 g/L para milho de baixa densidade e 818 g/L para milho de alta densidade (para o mesmo material segregado em mesa densimétrica). Pelos valores de densidade aparente (peso hectolítrico), o milho utilizado no trabalho de Silva, apresentou diferença de 9,2% entre as frações, enquanto que a segregação dos milhos DURO e DENTADO utilizados neste trabalho, resultou em variação menor.

O resultado da análise do peso de 1000 grãos apresentou diferenças estatísticas ($P=0,006$) sendo menor para o milho DURO (274 g) e maior para os milhos SEMIDURO e DENTADO (301 e 291 g, respectivamente), valores próximos aos encontrados por outros autores (270 a 374 g, MOORE et al., 2008; 80 a 717 g, NARVÁEZ-GONZÁLEZ et al., 2006). Philippeau e colaboradores (1999) encontraram valores médios de 278 g para milhos dentados e 210 g para milhos duros (Flint), resultados estes que demonstram que, apesar da densidade específica semelhante entre os milhos dentados e duros encontrados por eles e no presente estudo, as diferenças entre os pesos de 1000 grãos apontam diferenças nos materiais estudados, possivelmente no tamanho e forma dos grãos.

O peso de 1000 grãos dos milhos DURO e DENTADO apresentou padrão de segregação similar tanto para densidade como por região da espiga, sendo maior para os grãos de densidade ALTA e região da BASE, decrescendo ao longo da espiga para a ponta.

A composição dos grãos não é uma variável muito estudada, sendo utilizada apenas para caracterizar diferentes tipos de milho. Os valores de porcentagem de endosperma, porcentagem de gérmen e porcentagem de pericarpo e ponta dos grãos de milho DURO, SEMIDURO e DENTADO não apresentaram diferenças estatísticas, mesmo entre as frações de cada tipo.

A forma do grão, assim como a composição, também não é uma característica normalmente utilizada para comparação ou caracterização de diferentes tipos de milho. As frações segregadas por região da espiga apresentaram características comuns para cada milho observando-se, de maneira geral, que o milho DURO apresentou menor tamanho em largura e altura e maior profundidade que o milho DENTADO, para cada uma das frações. Entre as frações do milho DURO, os grãos do meio da espiga apresentaram maior altura e menor profundidade que os grãos da base e da ponta, os grãos da base se caracterizaram por grande profundidade e os da ponta apresentaram menor tamanho de maneira geral. Entre as frações do milho DENTADO, os grãos da base e do meio da espiga apresentaram altura e largura similares, porém com diferença na profundidade, sendo os grãos do meio de menor profundidade. As frações segregadas por densidade também apresentaram tamanho menor para os milho DURO (alta e baixa) entretanto, dentre as frações do DURO, a densidade alta apresentou maior profundidade dos grãos, enquanto que entre as frações do DENTADO, a densidade alta apresentou maior largura e profundidade dos grãos.

A composição e a forma dos grãos apesar de parecerem características não muito importantes para os valores nutricionais, apresentaram alta correlação com peso específico, peso hectolítrico e vitreosidade (Tabela 13), sendo os que os grãos de maior altura e largura apresentam menor proporção de gérmen, menor peso específico e hectolítrico e menor vitreosidade. Embora todos os componentes do grão de milho participem para seu peso específico, como o endosperma é o maior constituinte do grão e, seu grau de vitreosidade está associado à densidade.

A vitreosidade é a característica física do grão de milho mais estudada com enfoque para nutrição animal, comumente na nutrição de bovinos e suínos, sendo pouco conhecida ainda sua influência na nutrição de aves. Esta característica é determinada pela proporção de endosperma vítreo em relação ao endosperma total e fornece bons indicativos do grau de compactação dos grânulos de amido do endosperma. Conforme discutido na revisão de literatura, quanto maior a proporção de endosperma vítreo no grão de milho, menor a digestibilidade do amido para bovinos e suínos (CANTARELLI, et al., 2007; CORREA et al., 2002; PHILIPPEAU et al., 1999), devido em parte, à maior dificuldade de acesso aos grânulos de amido pela barreira física criada pelas prolaminas, encontradas em maior quantidade no endosperma vítreo (DOMBRINK-KURTZMAN e BIETZ, 1993). Além desse fator, o próprio conteúdo de amido e a composição dos grânulos são diferentes no endosperma vítreo e farináceo, sendo maior conteúdo de amido encontrado no endosperma farináceo e a maior proporção de amilose, encontrada nos grânulos de amido do endosperma vítreo (DOMBRINK-KURTZMAN e KNUTSON, 1997). Da mesma maneira, Moore e colaboradores (2008) encontraram maior proporção de amilose em grãos de maior vitreosidade e densidade. Estes últimos, avaliando o desempenho de aves com milhos de diferentes vitreosidade, não encontraram diferenças estatísticas para o ganho de peso.

Os grãos apresentaram vitreosidade entre 55,4 % (DENTADO) e 65 % (DURO), outros autores encontraram valores de vitreosidade para grãos tipo dentado nessa mesma faixa, porém para os grãos duros, foram encontrados valores maiores (82,8 % - CANTARELLI et al., 2007; 80 % - CORREA et al., 2002; 71,8 % - PHILIPPEAU et al., 1999). Os grãos da base da espiga apresentaram maiores valores de vitreosidade, os grãos do meio apresentaram valores intermediários, porém não diferentes estatisticamente dos valores da base e os grãos da ponta foram os que apresentaram menores valores de vitreosidade, tanto para os milhos DURO como DENTADO.

A vitreosidade do endosperma das frações DUROAL e DUROBX foi 65,1% e 63,5%, respectivamente, enquanto para as frações DENTAL e DENTBX foi 58,9% e 52,9%, respectivamente. Desta forma, a vitreosidade está associada à segregação por densidade, resultando em maior peso específico e peso hectolítrico, e é possível que também esteja associada às diferenças de EMAn encontradas.

De maneira geral, todas as características avaliadas em conjunto resultaram no agrupamento ilustrado na Figura 13. Estes resultados indicam que a segregação da mesa densimétrica promove maior proporção de grãos da ponta da espiga na fração de menor densidade, e consequentemente, favorecendo a tomada de decisão pela estratificação ou não no momento de utilizar o grão. Pois se estes apresentam grande variabilidade de forma e tamanho, presença de impurezas e grãos carunchados ou avariados, o uso da mesa densimétrica pode promover a obtenção de grãos de qualidade superior ao eliminar a fração de baixa densidade, destinando a melhor fração para aves na fase inicial de crescimento e os grãos de menor qualidade para frangos maiores, por exemplo, que são menos sensíveis a ingredientes de pior qualidade.

Materiais genéticos que apresentam empalhamento deficiente na ponta da espiga, são mais suscetíveis a ataque de pragas e fungos, aumentando a chance de contaminação por micotoxinas nos grãos da ponta da espiga. Seguindo a mesma lógica, ao realizar a segregação desses materiais em mesa densimétrica, é possível eliminar uma pequena fração de grãos com alta contaminação melhorando a qualidade do milho.

5.2. Correlações entre características físicas, químicas e EMAn para frangos de corte de milho de diferentes tipos e densidades

A segregação de acordo com a região da espiga não tem finalidade prática, apesar de grande valor para caracterização dos grãos que são estratificados na mesa densimétrica. Sob esse ponto de vista, somente os tipos de grãos e as diferentes densidades foram avaliados para fins nutricionais para frangos de corte.

O peso específico apresentou correlação positiva e alta ($P \leq 0,0005$) com o peso hectolítrico e com a vitreosidade, correlação esta também encontrada por Correa et al. (2002). A avaliação da densidade, tanto através de picnômetro como balança para peso hectolítrico é rápida e não tem custo de material de análise, apenas do equipamento, sendo bons para avaliar indiretamente a vitreosidade do milho e consequentemente a melhor estratégia de uso para alimentação animal.

O peso específico também apresentou correlação positiva ($P < 0,05$) com a proporção de gérmen do grão e a profundidade do mesmo. Imaginava-se a princípio, que grãos com maior proporção de gérmen apresentariam menor densidade por possuir mais material graxo no grão, porém o que foi encontrado foi justamente o oposto. Analisando a composição química do gérmen (Tabela 7), é possível notar maior proporção de extrato etéreo, proteína e energia bruta em grãos de maior densidade (DUROAL, DUROBX e DENTAL), mas avaliando o grão inteiro, não houve correlação entre essas variáveis e profundidade, vitreosidade ou densidade.

Grãos com maior proporção de endosperma apresentaram menor peso específico ($P = 0,01$) e vitreosidade ($P = 0,06$) e maiores valores de altura, largura, peso de 1000 grãos ($P \leq 0,01$). A correlação positiva entre porcentagem de endosperma e peso de 1000 grãos corrobora com o encontrado por Narváez-González e colaboradores (2006).

O peso específico e o peso hectolítrico apresentaram correlações negativas com grãos quebrados e proporção de fibra em detergente neutro ($P < 0,05$).

A EMAn para frangos de corte não apresentou correlação com nenhuma das variáveis, diferentemente de Baidoo et al. (1991), que encontraram correlação positiva entre EMAn e densidade dos milhos estudados (que variaram em peso hectolítico de 600 a 720 g/L) e Leeson e Summers (1976) que encontraram correlação entre EMA e densidade (peso hectolítico) porém utilizando milhos que sofreram condições adversas durante o enchimento dos grãos, com valores de densidade que variaram de 528 g/L a 734 g/L (42 a 57 lb/bushel).

A EMAn não apresentou diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos (Tabela 12). Os valores de EMAn dos milhos estudados foi de 3,141, 3,165 e 3,118 para os milhos DURO, SEMIDURO e DENTADO respectivamente. Os resultados encontrados corroboram com estudos realizados por Hsu e Sell (1995), que não encontraram diferenças de EMA para frangos de corte avaliando milhos de baixo peso hectolítico (550 g/L) e normal (700 g/L); Silva e colaboradores (2011) encontraram diferença de EMAn de 347 kcal/kg entre os milhos de baixa e alta densidade e Silva e colaboradores (2008) haviam anteriormente encontrado diferença de EMAn de 239 kcal/kg para a mesma comparação, entretanto as mesmas foram não significativas.

Através da comparação por contrastes, as frações DUROAL e DUROBX (3,192 vs. 3,211 kg) não apresentaram diferenças estatísticas para a EMAn. Entretanto, foi possível detectar que a EMAn do milho DENTAL foi maior que do milho DENTBX (3,194 vs. 3,109 kcal/g; $P=0,05$), com uma diferença de 85 kcal/kg.

Esse aumento do valor de EMAn do milho dentado, quando se considera a fração de alta densidade, pode abrir possibilidade de melhora do valor nutricional de lotes de milho de baixa qualidade ou mesmo de destinação alternativa para a fração de baixa densidade e pior valor nutricional.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo são indicativos que (a) tanto para o milho de grãos duros como para o de grãos dentados, houve uma associação entre a fração segregada de alta densidade e grãos da base e meio da espiga e, de forma correspondente, a fração de baixa densidade associada a grãos da ponta da espiga; (b) o valor de energia metabolizável do milho para frangos está associado aos maiores valores de densidade específica, peso hectolítrico e vitreosidade; (c) a eficácia do processo de segregação do milho em mesa densimétrica é dependente do tipo de milho, sendo maior para o milho dentado do que para o duro e (d) a fração de alta densidade segregada a partir do milho dentado teve sua EMAn equiparada ao valor energético do milho duro. A segregação de milho em mesa densimétrica constitui uma ferramenta que possibilita melhorar a qualidade de uma fração de um lote de milho, permitindo que um produto de melhor qualidade seja destinado a aves mais sensíveis ou mais exigentes.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, P.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; SÁ, L.M. Valores de composição química e energética de alguns alimentos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.128-134, fev, 2004.
- ALBINO, L.F.T., NASCIMENTO, A.H.N., VALERIO, S.R. Níveis de energia da dieta e da temperatura ambiente sobre a composição da carcaça em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA DA APINCO 2000, Campinas, SP. Anais... Campinas, SP: FACTA, p. 61-79, 2000.
- ALBINO, L.F.T.; de BRUM, P.A.R; FIALHO, F.B.; PAIVA, G.J.; HARA, C. Análise individual versus “pool” de excreta na determinação de energia bruta em ensaio de energia metabolizável. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 467-473, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO – **ABIMILHO**. Disponível em <<http://www.abimilho.com.br/estatisticas>> Acessado em 26 jan. 2015.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, v. 1, 1117 p., 1990.
- BAIDOO, S.K.; SHIRES, A; ROBBLEE, R.A. Effect of kernel density on the apparent and true metabolizable energy value of corn for chickens. **Poultry Science**, v. 70, p. 2102-2107, 1991.
- BERQUIST, R. & THOMPSON, D.L. Densidade de grãos de milho caracterizada por duas técnicas de gravidade específica. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 1287, 1992.
- BORGES, F.M. de O; ROSTAGNO, H.S.; RODRIGUES, N.M.; SANTOS, W.M.; LARA, L.B.; ARAÚJO, V.L. Metodologia de alimentação forçada em aves. I Efeito dos níveis de consumo de alimento na avaliação da energia metabolizável. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998. Botucatu. **Anais...** Botucatu: FMVZ-UNESP, p. 389-391, 1998.
- BRIEGER, F.G.; BLUMENSCHN, A. Botânica e origem do milho. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. **Cultura e adubação do milho**. São Paulo, cap. 3, p. 81-107, 1966.
- BURRELL, M. M. Starch: the need for improved quality or quantity – an overview. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 382, p. 451-456, 2003.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 430 p., 2002.
- CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; SOUSA, R.V.; FREITAS, R.T.F.; LIMA, J.A.F. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 860-864, 2007.
- CARRÉ, B. Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, p. 76-89, 2004.
- CARVALHO, D.C.O.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; OLIVEIRA, J.E; JÚNIOR, J.G.V; TOLEDO, R.T; COSTA, C.H.R; SANDRA REGINA FREITAS PINHEIRO, S.R.F; SOUZA, R.M. Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 358-364, abr. 2004.
- CHANDRASHEKAR, A. & MAZHAR, H. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. **Journal of Cereal Science**. v. 30, p. 193-207, 1999.

- CHANG, C.S.; Measuring density and porosity of grain kernels using a gas pycnometer. **Cereal Chemistry**. V. 65, n. 1, p. 13-15.
- CHOCT, M.; BIRD, S.H.; LITTLEFIELD, P.; BALOGUN, R.; ROWE, J.B. Microstructure of grains as an indicator of nutritive value. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, v. 13, p. 223-228, 2001.
- CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**. v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.
- DALE, N. Relationship between bushel weight, metabolizable energy, and protein content of corn from an adverse growing season. **Journal of Applied Poultry Research**. v. 3, n.1 , p. 83-86, 1994a.
- DALE, N. Matching corn quality and nutritional value. **Feed Mix**. 2(1), p. 26-29, 1994b.
- DALE, N.M.; PESTI, G.M.; ROGERS, S.R. True metabolizable energy of dried bakery product. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 72-75, 1990.
- DANIELSON, R.E. & SUTHERLAND, P.L. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1188 p., 1986.
- DENARDIN, C.C. & SILVA, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Revista Ciência Rural**, v. 39, n. 3, 2009.
- DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J.L., IDE, F.; TISSOT, D. Crescimento e desenvolvimento de milho: acúmulo de massa seca do grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 447-456, 2001.
- DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, v. 70, n. 1, p. 105-108, 1993.
- DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; KNUTSON, C.A. A study of maize endosperm hardness in relation to amylose content and susceptibility to damage. **Cereal chemistry**, v. 74 n. 6, pp.776-780, 1997.
- ECKHOFF, S.R. & PAULSEN, M.R. Maize. In: HENRY, R.J.; KET'TLEWELL, P.S. (Ed.). **Cereal grain quality**. London: Chapman & Hall, v. 3, p. 77-89, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3.ed. Concórdia: CNPSA, 97p., 1991.
- FIALHO, E.T.; BARBOSA, H.P.; ALBINO, L.F.T. Chemical composition, digestible protein and energy values of some alternative feedstuffs for pigs in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 55, n. 3/4, p. 239-245, 1995.
- FISCHER Jr., A.A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 314-318, 1998.
- FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.K.; EZEQUIEL, J.M.B; NEME, R.; MENDONÇA, M.O. Energia metabolizável de alimentos na formulação de ração para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 107-115, jan, 2006.
- GAYTÁN-MARTÍNEZ, M.; FIGUEROA-CÁRDENAS, J. D.; REYES-VEGA, M. L.; RINCÓN-SÁNCHEZ, F.; MORALES-SÁNCHEZ, Y. E. Microstructure of starch granule related to kernel hardness in corn. **Revista Fitotecnica Mexicana**, v. 29, n. 2, p. 135-139, 2006.
- GIBSON, T.S.; SOLAH, V.A.; MCCLEARY, B.V. A procedure to measure amylose in cereal starches and flours with concanavalin A. **Journal of Cereal Science**, v. 25, n. 2, p. 111-119, 1997.
- GIGER-REVERDIN, S.G. Characterization of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, p. 53-69, 2000.

- GOMES, M. S.; VON PINHO, R. G.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. V.; DE BRITO, A. H. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 879-885, 2004.
- GREGG, B.R. & FAGUNDES, S. R. F. **Manual de Operações da Mesa de Gravidade**, Zampronio: Editora, p. 78, 2005.
- HERMAN, E.M. & LARKINS, B.A. Protein storage bodies and vacuoles. **The Plant Cell**, Rockville, v. 11, n. 4, p. 601-614, 1999.
- HSU, L.; SELL, J.L. Nutritional value for growing turkeys of corn of light test weight. **Poultry Science**, v. 74, p. 1703-1707, 1995.
- HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to bulk. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 3, p. 852-867, 1997.
- JIA, L.; ZHANG, Z.; SHU, X.; LI, C.; WU, D. Starch properties and structure of a wheat mutant high in resistant starch. **The Open Agriculture Journal**, v. 1, p. 5-10, 2007.
- JURJANZ, S. & MONTELS, V. Ruminal degradability of corn forages depending on the processing method employed. **Animal Research**, London, v. 3, p. 15-23, 2005.
- KACZMAREK, S.A.; COWIESON, A.J.; JÓZEFIAK, D.; RUTKOWSKI, A. Effect of maize endosperm hardness, drying temperature and microbial enzyme supplementation on the performance of broiler chickens. **Animal Production Science**, n. 54, v. 7, p. 956-965, 2013.
- KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **The Journal of Nutrition**, v. 122, p. 178-190, 1992.
- KRABBE, E.L.; JUCHEM, S.; MACIEL, J.E.S.; PENZ JUNIOR, A.M.; KESSLER, A.M. Efeito das condições de armazenamento de grãos de milho da energia metabolizável aparente para frangos de corte criados com rações de diferentes qualidades. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995. Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, p. 9-10, 1995.
- LANDRY, J. & MOUREAUX, T. Heterogeneity of glutelins of corn seeds – selective extraction and composition of amino acids of 3 isolated fractions. **Bulletin de la Societe de Chimie Biologique**, Paris, v. 52, n. 10, p. 1021, 1970.
- LEESON, S. & SUMMERS, J.D., Effect of adverse growing conditions on corn maturity and feeding value for poultry. **Poultry Science**, v. 55, p. 588-593, 1976.
- LILBURN, M.S.; DALE, N. Characterization of two samples of corn that vary in bushel weight. **Poultry Science**, v. 68, p. 857-860, 1988.
- LIMA, I.L. Matérias primas alternativas nas rações de aves. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 4., 2000. Goiânia. **Anais...** Goiânia, p. 47-56, 2000a.
- LIMA, G. J. M. M. de; NONES, K.; KLEIN, C. H.; BELLAVER, C.; ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. de; PEREIRA, L. R. Composição química de híbridos comerciais testados na safra 1999/2000. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45, 2000. Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA, p. 81 – 92, 2000b.
- LOPES, M. A. & LARKINS, B. Endosperm origin, development and function. **The Plant Cell**, v. 5, n. 10, p. 1383-1399, 1993.
- MARTÍNÉZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**. Guia de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditutorial sobre el mismo tema. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 3º Ed. Cali, Colômbia, 1989. 73 p.

- McALLISTER, T.A.; GIBB, D.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: OKLAHOMA CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 9., 2006, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: OSBE, p. 30-41, 2006.
- MCCLEARY, B.V.; SOLAH, V.; GIBSON, T.S. Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. **Journal of Cereal Science**, v. 20, n.1, p. 51-58, 1994.
- MELLO, H.H.C. **Determinação dos valores da energia metabolizável de alimentos com aves em diferentes idades**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 42p. Dissertação (Mestrado do em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- MOORE, S.M.; STALDER, K.J.; BEITZ, D.C.; STAHL, C. H.; FITHIAN, W.A.; BREGENDAHL, K. The correlation of chemical and physical corn kernel traits with growth performance and carcass characteristics in pigs. **Journal of animal science**, p. 86, n. 3, p. 592-601, 2008.
- MOORE, S.M.; STALDER, D.C.; STAHL, C.H.; FITHIAN, W.A.; BREGENDAHL, K. The correlation of chemical and physical corn kernels traits with production performance in broiler chickens and laying hens. **Poultry Science**, V. 87, p. 665-676, 2007.
- MORAES, G.J.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; OLIVEIRA, K.; FACTORI, M.A.; ROSALES, L.A.; SANTOS, T.A.B. Produtividade e valor nutritivo das plantas de milho de textura dentada ou dura em três estádios de colheita para silagem. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 65, n. 2, p. 155-166, abr./jun., 2008.
- NARVÁEZ-GONZÁLEZ, E.D.; DE DIOS FIGUEROA-CÁRDENAS, J.; TABA, S.; TOSTADO, E.C.; PENICHE, R.Á.M.; SÁNCHEZ, F.R. Relationships between the microstructure, physical features, and chemical composition of different maize accessions from Latin America. **Cereal chemistry**, v. 83, n. 6, p. 595-604, 2006.
- NASCIMENTO, A.H.D.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S, ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. Valores de energia metabolizável de farinha de penas e de vísceras determinados com diferentes níveis de inclusão e duas idades de aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 877-881, 2005.
- NASCIMENTO, A.H.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. RIBEIRO, E.G. Valores de composição química e energética de ingredientes para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 579-583, maio/jun, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 176p.
- NAVES, M.M. V.; SILVA, M.S.; CERQUEIRA, F.M.; PAES, M.C.D. Avaliação química e biológica do grão em cultivares de milho de alta qualidade proteica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 1-8, jan./abr, 2004.
- NOCEK, J.E. & TAMMIMGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, n. 8, p. 3598-3629, 1991.
- OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.; OLIVEIRA, A.; FREITAS, R. Substituição do milho por casca de café em rações isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 2, p. 424-436, 2001.
- OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 1634-1648, 1986.
- PAES, M. C.D.; SANT'ANA, R.C.O.; VOLPI, B.D. **Características físicas e químicas do grão de milho**. In: BOREM, A.; RIOS, S.A. **Milho biofortificado**. Visconde do Rio Branco: Suprema, MG, 2011.

- PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 6 p. (Circular Técnico, 75), 2006.
- PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In TOSELLO, G. A. **Melhoramento e produção de milho**. 2 ed., v.1, Campinas: Fundação Cargil, 1987. 338p.
- PEREIRA, M.N.; VON PINHO, R.G.; BRUNO, R.G.D.S.; CALESTINE, G.A. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 4, p. 358-363, 2004.
- PEREIRA, R. C. **Relação entre características estruturais e bioquímicas e textura do grão de milho**. Lavras, 2006. 54p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 2006.
- PHILIPPEAU, C. & DOREAU, M. Maize genotype and ruminant digestion. **Zootecnika**, n.74, p. 37-46, 1999.
- PHILIPPEAU, C.; MONREDON, F.L.D.; DOREAU, M. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. **Journal of Animal Science**, n.77, p. 238-243, 1999.
- PHILIPPEAU, C. & MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 68, p. 25-35, 1997.
- PIOVESAN, V.; OLIVEIRA, V.; GEWEHR, C.E. Milhos com diferentes texturas de endosperma e adição de alfa-amilase na dieta de leitões. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 2014-2019, 2011.
- PRATT, R.C.; PAULIS, J.W.; MILLER, K.; NELSEN, T.; BIETZ, J. A. Association of zein classes with maize kernel hardness. **Cereal Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 162-167, 1995.
- RIBAS, M.N.; GONÇALVES, L.C. MAURÍCIO, R.M. Degradabilidade e cinética de fermentação ruminal das silagens de quatro híbridos de milho, avaliadas pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.2, p. 223- 233, 2007.
- RIZZI, V. **Caracterização das enzimas chaves para o controle do metabolismo de lisina em milho (*Zea mays L.*) geneticamente modificado**. 2013. 113 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; BARBOZA, W.A.; TOLEDO, R.S. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formulados com vários milhos, suplementados com enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p. 171-182, 2003.
- ROONEY, L.W. & PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 1607- 1623, 1986.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- RUSSEL, R.W.; GAHR, S.A. Glucose Availability and Associated Metabolism. In: D’MELLO, J.P.F. **Farm animal metabolism and nutrition**. Cab International, p. 121- 145, 2000.
- SHEWRY, P.R.; HALFORD, N.G. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. **Journal of experimental botany**, Oxford, v. 53, n. 370, p. 947-958, 2002.
- SHEWRY, P.R.; TATHAM, A.S. The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution. **The Biochemical Journal**, London, v. 267, n. 1, p. 1-12, 1990.
- SAKOMURA, N.K., & ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. p. 92-130.
- SAKOMURA, N.K. & SILVA, R. Conceitos inovadores aplicáveis à nutrição de não ruminantes. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária - UFMG**, Belo-Horizonte, v.22, p.125-146, 1998.

- SANGOI, L. **Fisiologia do crescimento e desenvolvimento do milho**. In: PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUARTE, A.P.; TSUNECHIRO, A. Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos. Campinas: Instituto Agrônômico, 2012, p. 173-198.
- SILVA, C.S.; MENTEN, J.F.M.; TRALDI, A.B.; SANTAROSA, J.; PEREIRA, P.W.Z. Avaliação de milhos de diferentes densidades para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, p. 1554-1561, 2011.
- SILVA, C.S.; COUTO, H.P.; FERREIRA, R.A.; FONSECA, J.B.; GOMES, A.V.C.; SOARES, R.T.R.N. Valores nutricionais de milhos de diferentes qualidades para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, n. 5, p. 883-889, 2008.
- SILVA, C.S. **Valores nutricionais de milho de diferentes qualidades para frangos de corte**. 2006. 78p. Dissertação (Mestrado na área de Agronomia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2006.
- SILVA, D.J. & QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SILVA, J.D.B.; GUIM, A.; SILVA, L.P.G. Utilização de diferentes níveis de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em dietas e seus efeitos no desempenho, rendimento da carcaça e gordura abdominal em frangos de cortes. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 285-291, 2003.
- SIRIWAN, P., BRYDEN, W.L., MOLLAH, Y., ANNISON, E.F. Measurement of endogenous amino acid losses in poultry. **Br. Poult. Sci.** v.34, p. 939-949, 1993.
- SOAVE, C. & SALMINI, F. Organization and regulation of zein genes in maize. **Phylogical Transactions of Society of London**, v.304, n.1120, p. 341-347, 1984.
- STONE, B.A. Cereal grain carbohydrates. In: HENRY, R.J.; KETTLEWELL, P.S. (Ed.). **Cereal grain quality**. London: Chapman & Hall, v. 9, p. 251-282, 1996.
- SUMMERS, J.D. Maize: Factors affecting its digestibility and variability in its feeding value. **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. MR Bedford and GG Partridge, ed. CABI, New York, NY, p. 109-124, 2001.
- TESTER, R.F. & QI, X. Molecular basis of the gelatinisation and swelling characteristics of waxy barley starches grown in the same location during the same season. Part I. Composition and alpha-glucan fine structure. **Journal of Cereal Science**. v.39, p. 47-56, 2004.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p, 1994.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VIEIRA, R.D.O.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; NASCIMENTO, G.A.J.D.; SILVA, E.L.D.; HESPAÑHOL, R. Composição química e energia metabolizável de híbridos de milho para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 36, n. 4, p. 832-838, 2007.
- VIEIRA, S.L. **Carboidratos: digestão e absorção**. In: MACARI, M. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002, p. 125-133.
- WATSON, S.A. Structure and composition. In: WATSON, S.A.; RAMSTAD, P.E. (Ed.). **Corn: chemistry and technology**. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, v. 3, p. 53-82, 1994.

ANEXOS

ANEXO A.

EXEXO A. Correlação simples de Pearson utilizada para selecionar as variáveis químicas, qualitativas e físicas para a análise de agrupamentos dos tipos Duro, Dentado e Semiduro e as frações Duro de densidade alta e baixa e Dentado de densidade alta e baixa

Pearson Correlation Coefficients, N = 7 Prob > r under H0: Rho=0																							
		PE	PHE	MG	END	GER	PERP	ALT	LARG	PROF	VITR	AVAR	QUEBR	IMP	CAR	EB	PB	EE	FB	MM	ENN	FDA	FDN
PE	1.00000	0.97263	-0.54263	-0.76776	0.79888	0.30987	-0.93035	-0.79789	0.86820	0.96426	-0.70226	-0.85559	-0.40780	-0.37649	-0.32941	-0.32941	-0.20168	0.33333	-0.42093	-0.00393	0.04275	0.20031	-0.84559
		0.00002	0.2082	0.0439	0.0312	0.4987	0.0024	0.0316	0.0135	0.0005	0.0785	0.0141	0.3641	0.4052	0.4706	0.6945	0.0863	0.4650	0.3357	0.9833	0.9275	0.6524	0.0165
PHE	0.97263	1.00000	-0.37601	-0.68547	0.68231	0.33108	-0.91980	-0.74119	0.89858	0.89923	-0.73619	-0.80488	-0.45408	-0.16623	-0.25963	-0.19770	0.44599	-0.38322	-0.10568	-0.08296	0.33647	-0.77186	0.0165
		0.00002	0.4058	0.0892	0.0912	0.4682	0.0033	0.0566	0.0060	0.0059	0.0361	0.0120	0.3050	0.7217	0.5739	0.6709	0.3159	0.3961	0.8216	0.8597	0.4606	0.0420	
MG	-0.54263	-0.37601	1.00000	0.85780	-0.75993	-0.51129	0.82150	0.79824	-0.12727	-0.58917	-0.05468	0.18149	-0.12092	0.76748	0.03888	0.54504	-0.01480	-0.09147	0.00904	-0.06633	0.12857	0.52175	0.0165
		0.2082	0.4058	0.0135	0.0330	0.2409	0.1363	0.0314	0.7857	0.1639	0.9073	0.6969	0.7962	0.0440	0.9343	0.2058	0.9749	0.84564	0.8463	0.8876	0.7868	0.2297	
END	-0.76776	-0.68547	0.85780	1.00000	-0.90860	0.64891	0.79577	0.87117	-0.51122	-0.73710	0.14628	0.36731	0.12530	0.53522	-0.06984	0.54218	-0.14077	-0.04538	0.13860	-0.01677	-0.04255	0.65843	0.0165
		0.0439	0.0892	0.0135	0.0062	0.0062	0.1148	0.0090	0.0003	0.2409	0.5867	0.7543	0.4176	0.7889	0.2156	0.8989	0.2087	0.7634	0.9230	0.7704	0.9278	0.1078	
GER	0.79888	0.68231	-0.75993	-0.86860	1.00000	0.24532	-0.82457	-0.86933	0.55728	0.77423	-0.24367	-0.48585	0.05052	-0.58128	-0.09000	-0.41317	0.09747	-0.04538	0.13860	-0.36428	0.18154	-0.26844	-0.81754
		0.0312	0.0330	0.0062	0.0062	0.5959	0.0025	0.0110	0.1937	0.0410	0.5985	0.2690	0.9915	0.1711	0.8478	0.14074	0.37329	0.8353	0.7329	0.4218	0.6969	0.5605	0.0247
PERP	0.30987	0.33108	-0.64891	0.24532	1.00000	-0.50981	0.82150	-0.63441	0.16580	0.28518	0.09753	0.03032	-0.28607	-0.17125	0.29172	-0.47590	0.15679	0.14074	0.37329	0.32541	-0.27512	0.55865	-0.03523
		0.4987	0.4682	0.2409	0.1148	0.5959	0.0033	0.1259	0.7224	0.5353	0.8352	0.9485	0.5340	0.7135	0.5256	0.2804	0.7634	0.8353	0.4095	0.4764	0.5504	0.1924	0.9402
ALT	-0.93035	-0.91980	0.82150	0.79577	-0.82457	-0.50981	1.00000	0.86326	-0.73924	0.83078	0.50279	0.70807	0.24994	0.25715	0.14057	0.46378	-0.44496	0.15307	-0.08703	0.14855	-0.16567	0.81687	0.0250
		0.0024	0.0033	0.1363	0.0090	0.0025	0.2425	0.0084	0.0084	0.0576	0.0206	0.2501	0.7050	0.5988	0.5777	0.7637	0.2945	0.3171	0.7432	0.8628	0.7506	0.7226	0.0250
LARG	-0.79789	-0.74119	0.79824	0.97117	-0.86933	-0.63441	0.86326	1.00000	-0.54309	-0.76039	0.14779	0.38046	0.10369	0.44938	-0.17893	0.58905	-0.25745	-0.10293	0.06003	0.10101	-0.17964	0.58642	0.1664
		0.0316	0.0566	0.0314	0.0003	0.0110	0.1259	0.0084	0.2077	0.0472	0.7518	0.3908	0.8240	0.3117	0.7011	0.1841	0.5773	0.8222	0.8983	0.8204	0.6909	0.1664	
PROF	0.85820	0.89858	-0.12727	-0.51122	0.55728	0.16580	-0.73924	-0.54309	0.10000	0.82513	-0.80821	-0.81473	-0.68897	-0.15215	-0.34747	0.18448	0.11590	0.11590	-0.80739	-0.19736	0.25255	0.26168	-0.70165
		0.0135	0.0060	0.7857	0.2409	0.1937	0.7224	0.0576	0.2077	0.0223	0.0278	0.0256	0.0689	0.7447	0.4451	0.6921	0.8046	0.8046	0.1480	0.6714	0.5848	0.5708	0.0789
VITR	0.96426	0.89923	-0.58917	-0.73710	0.77423	0.28518	-0.83078	-0.78039	0.82513	1.00000	-0.69658	-0.81064	-0.49387	-0.56647	-0.40118	-0.05438	0.13429	-0.53070	-0.10336	0.22346	0.22349	-0.78685	0.0362
		0.0005	0.0059	0.1639	0.0587	0.0410	0.5353	0.0206	0.0472	0.0223	0.0820	0.0270	0.2600	0.1849	0.3724	0.9078	0.7741	-0.18120	0.83972	-0.08673	0.22178	-0.24196	0.68196
AVAR	-0.70226	-0.73619	-0.05468	0.14628	-0.24367	0.09753	0.50279	-0.17893	-0.80821	-0.69658	1.00000	0.94075	0.68034	0.09766	0.75918	-0.41065	-0.18120	-0.37882	0.69658	-0.13533	-0.06195	0.6300	-0.3062
		0.0785	0.0592	0.9073	0.7543	0.5985	0.8352	0.2501	0.1579	0.0278	-0.69658	0.10000	0.0016	0.0687	0.0478	0.3801	0.6974	-0.37882	0.69658	-0.13533	0.6300	-0.3062	
QUEBR	-0.85559	-0.86488	0.18149	0.36731	-0.48585	0.03032	0.70807	0.38046	-0.81473	0.38046	0.94075	1.00000	0.47963	0.15721	0.66491	-0.10001	-0.37882	0.69658	-0.13533	-0.06195	0.6300	-0.3062	
		0.0141	0.0120	0.6969	0.4176	0.2690	0.9485	0.0750	0.3908	0.0256	0.0270	0.0016	0.2761	0.7364	0.1032	0.8160	0.4020	0.0808	0.7724	0.8950	0.7336	0.0234	
IMP	-0.40780	-0.45408	-0.12092	0.12530	0.00502	-0.28607	0.24994	0.10369	-0.88897	-0.49387	0.88934	0.47963	0.10000	0.19381	0.47154	-0.81654	0.31619	0.31619	0.68756	0.10070	-0.46747	-0.51186	0.21470
		0.3641	0.3050	0.7962	0.7889	0.9915	0.5340	0.5888	0.8249	0.0869	0.2600	0.0867	0.2761	0.6771	0.2854	0.1404	0.4897	0.1404	0.1013	0.8299	0.2902	0.2402	0.6439
CAR	-0.37649	-0.16623	0.76748	0.53532	-0.58128	-0.17125	0.25715	0.44938	-0.15215	-0.58647	0.09766	0.15721	0.19381	1.00000	0.35472	-0.08927	0.51916	0.51916	0.38122	0.44718	-0.62219	0.20518	0.39608
		0.4052	0.7217	0.0440	0.2156	0.1711	0.7135	0.5777	0.3117	0.7447	0.1849	0.8350	0.7364	0.6771	0.4350	0.8490	0.3325	0.42960	0.3144	0.1357	0.6590	0.3791	
EB	-0.32941	-0.25963	0.03983	-0.08094	-0.09000	0.29172	0.14057	-0.79789	-0.34747	-0.40118	0.75918	0.66491	0.47154	0.35472	1.00000	-0.55382	0.17018	0.17018	0.87637	0.04072	-0.47690	0.17743	0.55991
		0.06845	0.6709	0.2058	0.2087	0.3569	0.2804	0.2945	0.1641	0.6921	0.9078	0.3601	0.8160	0.1404	0.8490	0.1971	-0.64984	-0.74454	-0.39877	0.72665	-0.02322	0.12308	
PB	-0.20168	-0.19770	0.54504	0.54218	-0.41317	-0.47590	0.46378	0.58905	0.18448	-0.05438	-0.41065	-0.10001	-0.61644	-0.08927	1.00000	0.35472	-0.55382	-0.64984	-0.74454	-0.39877	0.72665	-0.02322	0.12308
		0.6645	0.2058	0.2087	0.3569	0.2804	0.2945	0.1641	0.6921	0.9078	0.3601	0.8160	0.1404	0.8490	0.1971	-0.64984	-0.74454	-0.39877	0.72665	-0.02322	0.12308		
EE	0.33333	0.44599	-0.01480	-0.14077	0.09747	0.14074	-0.44496	-0.25745	-0.15215	0.11590	0.13429	-0.18120	-0.37882	0.31619	0.51916	0.17018	-0.64984	1.00000	0.32452	0.75235	-0.88791	0.31488	-0.20220
		0.4650	0.3159	0.9749	0.7634	0.8353	0.7634	0.5773	0.8046	0.7741	0.6974	0.6974	0.4020	0.4897	0.2325	0.7153	0.1141	0.0510	0.4776	0.0510	0.0076	0.4915	0.6637
FB	-0.42993	-0.38322	-0.09147	0.04538	-0.15935	0.37329	0.15307	-0.10529	-0.09739	-0.10336	-0.53070	0.83972	0.68756	0.68756	0.36122	0.87637	0.70454	0.32452	1.00000	0.32410	0.76235	0.08835	0.53649
		0.3357	0.3961	0.8454	0.9230	0.1736	0.4095	0.7432	0.8222	0.1480	0.2204	0.0181	0.0608	0.1013	0.4260	0.0096	0.0549	0.4776	0.3452	0.3410	0.7481	0.8656	0.2144
MM	-0.00393	0.0568	0.09094	0.13650	-0.36428	0.32541	-0.08703	0.06003	-0.19736	-0.1736	-0.10336	-0.08673	-0.13533	0.10070	0.44718	0.04072	-0.39877	0.75235	0.32410	1.00000	-0.82801	0.59997	0.19221
		0.9833	0.8216	0.8463	0.7704	0.4218	0.4764	0.8828	0.8983	0.6714	0.8255	0.8533	0.7724	0.8299	0.3144	0.9309	0.3755	0.6510	0.0510	0.0214	0.1544	0.6797	
ENN	0.04275	-0.08296	-0.06633	-0.01677	0.18154	-0.27512	0.14855	0.10101	0.25255	0.22346	-0.22178	-0.06195	-0.46747	-0.62219	0.1357	0.2791	0.72865	-0.88791	-0.67483	1.00000	-0.39047	-0.21429	0.6445
		0.9275	0.8597	0.8876	0.9715	0.6969	0.5504	0.8294	0.5848	0.6300	0.8327	0.8950	0.2902	0.1357	0.2791	0.0643	0.0963	0.0076	0.0063	0.0214	0.3865	0.6445	
FDA	0.20031	0.33647	0.12657	-0.04255	-0.26844	0.55865	-0.16567	-0.17964	0.26168	0.22349	-0.24196	-0.15894	-0.51186	0.20518	0.20518	0.17743	-0.02322	0.31488	0.08835	0.59997	-0.39047	1.00000	0.28486
		0.6524	0.4606	0.7868	0.9278	0.5605	0.1924	0.7226	0.9999	0.5708	0.6300	0.8012	0.7336	0.2402	0.6590	0.7035	0.9606	0.4915	0.8506	0.1544	0.3865	0.5368	0.10000
FDN	-0.84559	-0.77186	0.52175	0.65843	-0.81754	-0.03523	0.81687	0.58642	-0.70165	-0.78585	0.66196	0.82164	0.21470	0.39083	0.55991	0.12308	0.53649	-0.20220	0.65997	0.19221	-0.21429	0.28486	1.00000
		0.0165	0.0420	0.2087	0.0892	0.0912	0.4682	0.0033	0.0566	0.0060	0.0059	0.0361	0.0120	0.3050	0.7217	0.5739	0.6709	0.3159	0.3961	0.8216	0.8597	0.4606	0.0420

Pearson Correlation Coefficients, N = 9 Prob > r under H0: Rho=0																						
	PE	PHE	MG	END	GER	PERP	ALT	LARG	PROF	AVAR	QUEBR	IMP	CAR	EB	PB	EE	FB	MM	ENN	FDA	FDN	VITR
PE	1.00000	0.88274	-0.07106	-0.86385	0.73379	0.83947	-0.27059	-0.14850	0.38789	-0.29533	0.23172	-0.40276	0.60966	0.27809	0.77698	-0.50692	0.40867	-0.64396	0.0612	0.25296	-0.01351	0.91130
PHE	0.88274	1.00000	-0.03243	-0.81911	0.77327	0.68936	-0.41399	-0.54143	0.56901	-0.38811	-0.38310	-0.05165	-0.24330	0.76990	0.09103	-0.41034	0.31439	-0.15389	0.0612	0.5114	0.9725	0.0006
MG	-0.07106	-0.03243	1.00000	0.37358	-0.37631	-0.28711	0.68048	0.80233	-0.08879	-0.70489	0.12722	0.02140	-0.03331	-0.34084	0.49429	-0.04081	-0.13447	-0.72568	0.39803	0.12808	-0.30655	0.14800
END	-0.86385	-0.81911	0.37358	1.00000	-0.93034	-0.86105	0.63485	0.70156	-0.49040	-0.07254	0.02508	-0.18204	0.14965	-0.74478	-0.14554	0.72650	0.40834	-0.48764	0.65602	-0.25368	0.15938	-0.67222
GER	0.73379	0.77327	-0.37631	-0.93034	1.00000	0.00029	0.06862	0.03952	0.17111	0.8529	0.94889	0.6392	0.7008	0.0213	0.7087	0.0268	0.2752	0.1830	0.0560	0.5101	0.8840	0.0473
PERP	0.83947	0.68936	-0.28711	0.00029	0.06862	1.00000	-0.46344	-0.53742	0.25245	0.18225	0.24628	0.49804	0.06839	0.71007	0.33807	0.91961	-0.07823	0.48508	-0.87892	0.22415	0.01012	0.54332
ALT	-0.27059	-0.41399	0.68048	0.63485	-0.46344	-0.53742	1.00000	0.00674	-0.70762	-0.54378	0.22095	0.12833	-0.23592	-0.69683	0.08066	-0.32559	-0.05905	-0.60233	0.56181	-0.09935	0.03493	-0.06346
LARG	-0.14850	-0.54143	0.80233	0.70156	-0.70367	-0.53742	0.00674	1.00000	-0.59440	-0.42547	0.31757	0.08789	0.01173	-0.68875	0.27044	-0.39427	0.03510	-0.75534	0.62695	-0.16647	-0.18513	-0.25784
PROF	0.38789	0.56901	-0.08879	-0.49940	0.56901	0.25245	-0.70762	-0.59440	1.00000	-0.04785	-0.29205	-0.26838	-0.10094	0.49152	0.17928	0.29642	-0.27114	0.35819	-0.37848	0.10002	-0.01567	0.40826
AVAR	-0.29533	-0.38811	-0.70489	-0.07254	-0.01536	0.18225	-0.54378	-0.42547	-0.04785	1.00000	0.39134	0.35975	0.56962	-0.02256	0.04990	0.57411	0.30239	-0.36034	-0.36034	-0.28170	0.14952	-0.60472
QUEBR	-0.03238	-0.38310	0.12722	0.02508	0.17111	0.09973	0.00674	0.03952	0.17111	0.8529	0.94889	0.6392	0.7008	0.0213	0.7087	0.0268	0.2752	0.1830	0.0560	0.5101	0.8840	0.0473
IMP	0.23172	-0.05165	0.02140	-0.18204	-0.07254	0.49804	0.22095	0.31757	-0.29205	0.39134	1.00000	0.81078	0.21975	-0.38856	0.56211	0.28095	0.17786	-0.12764	-0.26392	-0.47196	0.21183	-0.20681
CAR	-0.40276	-0.24330	-0.03331	0.14965	-0.28109	0.06839	-0.23592	0.01173	-0.10094	0.56962	0.21875	0.29116	1.00000	0.10096	0.18192	0.18011	0.84194	-0.30398	-0.15547	0.32508	-0.29558	-0.66222
CAR	0.5411	0.5281	0.9322	0.7008	0.4637	0.8839	0.5411	0.5111	0.7961	1.094	0.5718	0.4472	1.00000	0.6226	0.6193	0.6429	0.0044	0.4265	0.8896	0.3933	0.4384	0.0520
EB	0.60966	0.76990	-0.34084	-0.74478	0.64263	0.71007	-0.69683	-0.68875	0.49152	0.06626	-0.38856	-0.18817	0.19096	1.00000	-0.07839	0.60779	-0.04085	0.50118	-0.62998	0.48417	-0.21362	0.39893
EB	0.0813	0.1512	0.3694	0.0213	0.0620	0.0321	0.0370	0.0402	0.1799	0.8655	0.1094	0.8654	0.6226	0.6654	0.0877	0.0851	0.59995	0.60388	0.34850	-0.14780	0.15437	0.00745
PB	0.27899	0.09103	0.49429	-0.14554	-0.01928	0.33807	0.08066	0.27944	0.17928	-0.02256	0.56211	0.59995	0.18192	-0.07839	1.00000	0.45174	0.05576	-0.38491	-0.27686	-0.12181	-0.29310	0.22381
PB	0.4672	0.8158	0.1762	0.7087	0.9807	0.3736	0.8058	0.4665	0.6444	0.9541	0.1152	0.0877	0.6395	0.8411	0.0825	0.2222	0.8867	0.3063	0.4708	0.7549	0.4440	0.5627
EE	0.77898	0.70211	-0.04081	-0.72650	0.46369	0.91961	-0.32559	-0.39427	0.29642	0.28095	0.60388	0.60388	0.18011	0.60779	0.045174	1.00000	0.06775	0.25147	-0.84923	0.41688	0.04641	0.52400
EE	0.0134	0.0350	0.9170	0.0268	0.0287	0.0004	0.0004	0.3925	0.4386	0.8986	0.4640	0.0851	0.6429	0.0825	0.2222	0.8867	0.8625	0.5193	0.0038	0.2646	0.9056	0.14176
FB	-0.50692	-0.41034	-0.13447	0.40834	-0.57507	-0.07823	-0.05905	0.03510	-0.27114	0.57411	0.17786	0.34850	0.84194	-0.04085	0.05576	0.08775	1.00000	-0.19236	-0.17130	0.22730	0.09491	-0.71454
FB	0.1637	0.2726	0.7302	0.2752	0.1052	0.8414	0.8801	0.9286	0.4804	0.1060	0.6471	0.3580	0.0044	0.9169	0.8867	0.8625	-0.19236	0.6200	0.6595	0.5584	0.8081	0.0305
MM	0.40867	0.31439	-0.72568	-0.48764	0.22410	0.46508	-0.60233	-0.75534	0.35819	0.30239	-0.12784	-0.14780	-0.30398	0.50118	-0.38491	0.25147	-0.19236	1.00000	-0.64118	0.26777	0.99623	0.25306
MM	0.2746	0.4100	0.0268	0.1830	0.2661	0.2071	0.0861	0.1016	0.3439	0.4290	0.7431	0.7043	0.4265	0.1693	0.3063	0.5139	0.6200	0.6027	0.3048	0.99623	0.25306	0.5121
ENN	-0.64396	-0.51389	0.39803	0.65602	-0.38543	-0.87892	0.56181	0.62695	-0.37848	-0.36034	-0.26392	-0.47961	-0.15547	-0.62998	-0.27686	-0.84923	-0.17130	-0.64118	1.00000	-0.08362	-0.35695	-0.33680
ENN	0.0612	0.1570	0.2887	0.0550	0.3056	0.0018	0.1154	0.0708	0.3152	0.3408	0.4926	0.1914	0.6896	0.0690	0.4708	0.0038	0.6595	0.0627	0.8306	0.3428	0.3755	0.14176
FDA	0.25296	0.9725	0.12808	-0.25368	0.23087	0.22415	-0.09935	-0.18647	1.00002	-0.28170	-0.47196	-0.01817	0.32508	0.48417	-0.12181	0.41688	0.22730	-0.25677	-0.08362	1.00000	-0.35677	0.21498
FDA	0.5114	0.0997	0.7426	0.5101	0.5501	0.5620	0.7993	0.6310	0.7979	0.4627	0.1996	0.9630	0.3933	0.1866	0.7549	0.2646	0.5564	0.5048	0.8306	0.3459	0.5786	0.0305
FDN	-0.01351	-0.16946	-0.30655	0.15938	-0.25005	0.01012	0.03493	-0.18513	-0.01567	0.40826	0.21183	0.15437	-0.29658	-0.21362	-0.29310	0.04641	0.08491	0.59623	-0.35685	-0.36677	1.00000	-0.03249
FDN	0.91130	0.83775	0.14800	-0.67222	0.64047	0.54332	-0.06346	-0.25784	0.03493	-0.06346	0.03493	0.03493	-0.06346	0.03493	0.03493	0.03493	0.03493	0.03493	0.03493	0.03493	0.03493	0.03493
VITR	0.0006	0.0048	0.0006	0.0473	0.0593	0.1306	0.8741	0.6903	0.2363	0.0845	0.5098	0.9848	0.0520	0.3902	0.5827	-0.1428	0.1305	0.5412	0.3256	0.5786	0.03249	1.00000