

PLINIO BARBARINO JÚNIOR

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DO  
MILHO PELA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS  
DE ANÁLISE UNI E MULTIVARIADAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de "Doctor Scientiae".

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2001

PLINIO BARBARINO JÚNIOR

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DO  
MILHO PELA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS  
DE ANÁLISE UNI E MULTIVARIADAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de "Doctor Scientiae".

APROVADA: 23 de fevereiro de 2001.

---

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino  
(Conselheiro)

---

Prof. Paulo Cezar Gomes  
(Conselheiro)

---

Prof. Ricardo Frederico Euclides

---

Prof. Darci Clementino Lopes

---

Prof. Horacio Santiago Rostagno  
(Orientador)

A Deus, pela vida.

A meus pais, pela educação, pelo apoio e pela dedicação

A minhas irmãs e meus cunhados, pelo carinho.

A Karen, Anna e Cléo, por tantas alegrias.

A Salvador Saad, *in memoriam*, pelo valioso auxílio.

Aos companheiros de caminhada, pela inspiração.

A Horacio Santiago Rostagno, pelo desafio.

Aos técnicos de produção animal, desse nosso Brasil.

Acho que você não percebeu, que o meu sorriso era sincero.  
Sou tão cínico, às vezes. O tempo todo estou tentando me defender.  
Digam o que disserem, o mal do século é a solidão, cada um de nós, imerso em sua própria arrogância, esperando por um pouco de afeição.  
Hoje, não estava nada bem, mas a tempestade me distrai.  
Gosto dos pingos de chuva, dos relâmpagos e dos trovões.  
Hoje, à tarde, foi um dia bom, saí para caminhar com meu pai, conversamos sobre coisas da vida e tivemos um momento de paz.  
É de noite, que tudo faz sentido. No silêncio, eu não ouço meus gritos.  
E o que disserem, meu pai sempre esteve esperando por mim.  
E o que disserem, minha mãe sempre esteve esperando por mim.  
E o que disserem, meus verdadeiros amigos sempre esperaram por mim.  
E o que disserem, agora meu(s) filho(s) espera(m) por mim.  
Estamos vivendo e o que disserem, os nossos dias serão para sempre.

("Esperando por mim", Renato Russo)

Urbana Legio Omnia Vincit. Força sempre.

## AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia (DZO), pelo apoio durante a realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Horacio Santiago Rostagno, pela amizade, pela orientação e pelas oportunidades proporcionadas.

Aos professores Martinho de Almeida e Silva e Ricardo Frederico Euclides, pelo desafio.

Aos membros da banca, pelo apoio e pelas sugestões para a realização deste trabalho.

Aos demais professores e funcionários do DZO, pelo apoio e pela agradável convivência.

Aos amigos com os quais, durante minha passagem por Viçosa, pude compartilhar valiosas experiências e aprender mais sobre a vida. Estes, ao lerem estas palavras, saberão reconhecer meu sincero agradecimento.

A Elcio Inhe e José Francisco Hintze Jr., de Laboratórios Pfizer Ltda., e Luiz Adalberto Stabile Benício, da Perdigão Agroindustrial, pela confiança e pelo apoio, em momentos importantes.

A Ronan Carvalho, Marco Antônio Valle e Vânia Barbosa Carvalho, do Instituto Mineiro de Agropecuária, e Ideraldo Luiz Lima, da Perdigão Agroindustrial, pela inestimável ajuda para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos do Hotel Bougainvillea, em cujas dependências encontrei as condições adequadas para escrever, integralmente, este trabalho.

Ao amigo Lúcio Gonçalves Coimbra, pela digitação e pela arte final da tese.

A aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para que minha experiência em Viçosa fosse inesquecível.

*“To call in the statistician after the experiment is done may be no more than asking him to perform a postmortem examination: he may be able to say what the experiment died of”* (Ronald A. Fisher).

*“O tempo revela a verdade”* (Sêneca).

## BIOGRAFIA

Plinio Barbarino Júnior, filho de Plinio Barbarino e Elisabete Saad Barbarino, nasceu em Mogi das Cruzes, São Paulo, em 21 de março de 1967.

Graduou-se em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, em 1992.

Em 23 de fevereiro de 1995, submeteu-se à defesa de tese, para a conclusão do curso de Mestrado em Zootecnia, na área de concentração de nutrição de monogástricos.

Em 1995, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia, em nutrição de monogástricos.

Em 1997, foi contratado por Laboratórios Pfizer Ltda., desenvolvendo atividades na área técnica, e de gerenciamento de marketing e de vendas.

Em 23 de fevereiro de 2001, submeteu-se à defesa de tese, para conclusão do curso de Doutorado em Zootecnia.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xiii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Desafio da produção animal .....	4
2.2. Sistemas de produção .....	5
2.3. Importância da nutrição .....	6
2.4. O uso de tabelas de composição química de alimentos .....	7
2.5. Padrões de qualidade das matérias-primas .....	9
2.6. A desuniformidade das matérias-primas .....	10
2.7. Controle de qualidade das matérias-primas .....	12
2.8. Principais ingredientes de ração utilizados no Brasil .....	16
2.9. O milho .....	16
2.10. Efeitos ambientais sobre a produção do milho .....	19
2.11. A colheita .....	21
2.12. A secagem dos grãos .....	22



2.13. A armazenagem .....	23
2.14. Problemas associados à qualidade do milho .....	23
2.14.1. Grãos quebrados e fragmentados .....	24
2.14.2. Ataques de fungos .....	25
2.14.3. Ataques de insetos .....	28
2.14.4. Grãos imaturos fisiologicamente .....	32
2.14.5. Outras causas de avarias nos grãos .....	34
2.15. Total de avarias aos grãos .....	34
2.16. Importância da energia .....	36
2.17. Determinação de valores de energia .....	39
2.17.1. Determinação direta .....	39
2.17.2. Determinação indireta .....	39
2.18. A análise proximal .....	41
2.19. Limitações do uso de equações de predição .....	44
2.20. Análise de correlação .....	45
2.21. Análise multivariada .....	48
2.21.1. Análise de componentes principais .....	50
2.21.2. Análise de fatores .....	51
2.21.3. Análise de variância multivariada .....	52
2.21.4. Análise de agrupamento .....	52
2.21.5. Análise de correlações canônicas .....	53
2.21.6. Análise de regressão múltipla .....	54
2.21.7. Análise discriminante .....	55
2.21.8. Outras técnicas de análise multivariada .....	56
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	69
4.1. Análise preliminar dos dados .....	69

4.2. Análise de componentes principais .....	70
4.3. Estatísticas gerais .....	71
4.3.1. Estatísticas descritivas .....	71
4.3.2. Correlações bivariadas .....	74
4.4. Análise de correlações canônicas .....	75
4.5. Avaliação do milho por região .....	77
4.5.1. Estatística descritivas .....	77
4.5.2. Correlações bivariadas .....	80
4.5.3. Análises de variância .....	81
4.6. Avaliação do milho por fornecedor .....	83
4.6.1. Estatística descritivas .....	83
4.6.2. Correlações bivariadas .....	83
4.6.3. Análises de variância .....	87
4.7. Análise discriminante descritiva .....	89
4.7.1. Análises de variância .....	90
4.7.2. Análise discriminante .....	90
4.8. Análise de regressão .....	92
4.8.1. Estimativas da energia metabolizável .....	94
4.8.2. Estimativas da perda de energia metabolizável .....	94
4.9. Análise discriminante preditiva .....	95
4.10. Análises de agrupamento .....	97
4.11. Impacto econômico na formulação de rações .....	104
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	115
APÊNDICE .....	127

## RESUMO

BARBARINO JR., Plinio. D.S. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2001. **Avaliação da qualidade nutricional do milho pela utilização de técnicas de análise uni e multivariadas.** Orientador: Horacio Santiago Rostagno. Conselheiros: Luiz Fernando Teixeira Albino e Paulo Cezar Gomes.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo conceitual e prático de avaliação da qualidade nutricional e classificação do milho, baseado em características físico-químicas, utilizando técnicas de análise estatística uni e multivariadas. Os dados utilizados foram gerados aleatoriamente, a partir de médias e desvios-padrão obtidos em literatura científica especializada, que caracterizam os milhos encontrados em diversas regiões do Brasil. As variáveis estudadas foram subdivididas em: variáveis relacionados à origem do milho (região e fornecedores); variáveis relacionados à composição química do milho (teores de energia metabolizável, de proteína bruta, de extrato etéreo e de amido e açúcares); e, variáveis relacionados às características físicas do milho (causas de avarias aos grãos). Foram verificadas altas correlações entre a ocorrência de grãos atacados por fungos e insetos e o total de grãos avariados. Foram observadas altas correlações negativas entre o total de grãos fungados e o conteúdo de matéria seca dos grãos, principalmente extrato etéreo. A análise de componentes principais possibilitou o descarte da variável característica de grãos imaturos, que apresentou contribuição insignificante à

variabilidade dos dados. A análise de correlações canônicas mostrou que a ocorrência de ataques de fungos e de insetos, resultou em perdas nos conteúdos de extrato etéreo e de amido e açúcares dos grãos. Análises de variância uni e multivariadas e testes estatísticos foram utilizados para testar diferenças estatísticas entre milhos de regiões e fornecedores, e permitiram concluir que existem diferenças significativas entre os milhos das diferentes regiões e dos diferentes fornecedores. A análise de variância também foi utilizada para testar diferenças entre os grupos de milhos de alta e baixa qualidade. Os grupos foram formados a partir da média geral do teor de energia metabolizável dos grãos, considerando-se milhos de baixa qualidade, os milhos com conteúdo energético abaixo do valor médio. Foram verificadas diferenças estatísticas entre os grupos de milhos, com base em seus diferentes perfis de grãos danificados. Caracterizada a diferença estatística entre os grupos, foi utilizada a análise discriminante descritiva para a obtenção das funções que melhor diferenciam os milhos, com relação ao seu teor energético, a partir das variáveis características de danos físicos aos grãos, e para avaliar a acurácia da classificação dos milhos. As equações que discriminaram as amostras de milho, nos grupos de milho de alta (MAQ) e de baixa (MBQ) qualidade foram:

$$D_{MBQ} = -81,40934 + 7,27092GQBR + 2,34127FRIM + 7,86361GFUN + 18,55977GINS + 5,78943GADC$$

$$D_{MAQ} = -56,95729 + 6,75573GQBR + 2,45536FRIM + 5,71440GFUN + 14,96686GINS + 5,48161GADC$$

A classificação prévia dos milhos foi correta em 96% dos casos de milhos alocados no grupo de baixa qualidade, e em 100% dos casos de milhos alocados no grupo de alta qualidade, resultando em acurácia da classificação, de 98%. As associações entre as variáveis físicas e químicas foram quantificadas por análises de regressão múltipla e simples, em cada grupo, além de equações gerais. As equações obtidas para a estimativa da energia metabolizável do milho, a partir da composição de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e amido e açúcares (AA), em percentagem, foram:

Geral  $EM = -87.477 + 951,164\%PB + 1.002,10\%EE + 1.053,08\%AA \quad R^2 = 0,999$

MBQ  $EM = -86.659 + 942,920\%PB + 993,469\%EE + 1.043,57\%AA \quad R^2 = 0,999$

MAQ  $EM = -87.979 + 965,523\%PB + 1.007,59\%EE + 1.058,86\%AA \quad R^2 = 0,999$

As equações obtidas para a estimativa da energia metabolizável perdida dos grãos de milho (EM<sub>p</sub>), devido à quebra (GQBR), a fragmentos e impurezas (FRIM), ao ataque de fungos (GFUN), ao ataque de insetos (GINS) e às avarias por diversas outras causas (GADC), em percentagem, foram:

$$\text{Geral}_m \quad \text{EM}_p = -0,06407 + 1,6151\text{GQBR} + 6,9843\text{FRIM} + 10,0649\text{GFUN} + 12,2854\text{GINS} + 5,8688\text{GADC} \quad R^2 = 0,999$$

$$\text{MBQ} \quad \text{EM}_p = 4,88214 + 1,5340\text{GQBR} + 7,0538\text{FRIM} + 9,7984\text{GFUN} + 11,6640\text{GINS} + 4,6073\text{GADC} \quad R^2 = 0,996$$

$$\text{MAQ} \quad \text{EM}_p = 0,80983 + 1,5053\text{GQBR} + 6,6238\text{FRIM} + 10,0409\text{GFUN} + 12,5565\text{GINS} + 6,2759\text{GADC} \quad R^2 = 0,999$$

$$\text{Geral}_s \quad \text{EM}_p = -21,5606 + 7,74718\text{GAVR} \quad R^2 = 0,752$$

Estas equações apresentaram ótimos coeficientes de determinação, indicando excelente ajuste das equações aos dados. A partir das funções discriminantes, novas amostras de milho, de conteúdos energéticos desconhecidos, foram classificadas em milhos de alta ou baixa energia e foram estimadas as perdas de energia metabolizável e o conteúdo energético dessas amostras. Médias, desvios-padrão, acurácia de classificação e correlações de rank dos grupos de milho de alta (MAQ) e de baixa (MBQ) qualidade, formados pela utilização de diversas técnicas de agrupamento, foram comparados com os valores obtidos pela separação dos milhos em grupos, com base em seus valores de energia metabolizável. Os melhores resultados foram obtidos com a utilização do método de agrupamento hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson. Para avaliar o impacto econômico do fracionamento do milho foram formuladas rações práticas para frangos de corte. Com o fracionamento do milho, a formulação resultou em rações mais baratas (-0,23%), com a utilização do milho de alta qualidade, e mais caras (+0,45%), com a utilização do milho de baixa qualidade, que as rações formuladas sem o fracionamento do milho. Para que as rações formuladas com o milho de pior qualidade tenham o mesmo custo que as formuladas com o milho sem fracionamento, é necessário que o milho seja depreciado em, no mínimo, 2%. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que: a utilização das diversas técnicas de análise estatística uni e multivariadas possibilitou o desenvolvimento de um modelo conceitual e prático da avaliação nutricional do milho, a partir de suas características físicas e químicas; e, o modelo desenvolvido apresenta potencial para ser adaptado a outras matérias-primas.

## ABSTRACT

BARBARINO JR., Plinio. D.S. Universidade Federal de Viçosa, February of 2001. **Corn nutritional quality evaluation using uni and multivariate techniques.** Adviser: Horacio Santiago Rostagno. Committee Members: Luiz Fernando Teixeira Albino and Paulo Cezar Gomes.

The objective of this work was to develop a conceptual model to evaluate corn nutritional quality and to classify corn samples, based on its physical and chemical characteristics, using uni and multivariate statistical techniques. The data were randomly generated from means and standard deviations obtained in scientific publications. The means and standard deviations were typical of Brazilian corn samples. The studied variables were divided into three groups: those variables related to origin of corn (region and suppliers); those variables related to corn chemical composition; and, those variables related to kernel damage causes. High correlations between molded and insect affected grains and the total amount of damaged grains were detected. High negative correlations between molded grains and the amount of dry matter, mainly ether extract. Principal component analysis allowed the discard of the variable related to physiologically immature grains. Canonical correlation analysis showed that mold and insect attack to grains resulted in ether extract, sugar and starch loss, on dry matter basis. Uni and multivariate variance analysis detected statistical differences between regions of corn origin and among suppliers. Based on corn metabolizable energy content, two corn groups were created: one which corn metabolizable energy content was at least equal to the general metabolizable energy mean, calculated using all corn samples; and, one which corn metabolizable content was below the general mean. Using the descriptive discriminant analysis technique two discriminant functions establishing corn energy content and damage profile relationship were obtained. The discriminant functions are

the functions that explain the energy content differences related to the different causes of corn damage. The equations to the high energy corn group (MAQ) and to the low energy corn group (MBQ) are as follow:

$$D_{MBQ} = -81,40934 + 7,27092GQBR + 2,34127FRIM + 7,86361GFUN + 18,55977GINS + 5,78943GADC$$

$$D_{MAQ} = -56,95729 + 6,75573GQBR + 2,45536FRIM + 5,71440GFUN + 14,96686GINS + 5,48161GADC$$

where, all in %: GQBR is the amount of broken kernels; FRIM is the amount of kernel particles; GFUN is the amount of molded grains; GINS is the amount of insect attacked grains; and, GADC is the amount of damaged grains caused by other reasons. The corn classification accuracy were 96% in the MBQ group and 100% in the MAQ group, with a general mean of 98%. Association between chemical composition and corn energy content and between kernels physical damage and metabolizable energy losses were established using multiple regression analysis. The equations obtained for metabolizable energy (EM) estimation were as follow:

$$MBQ \quad EM = -86.659 + 942,920\%PB + 993,469\%EE + 1.043,57\%AA \quad R^2 = 0,999$$

$$MAQ \quad EM = -87.979 + 965,523\%PB + 1.007,59\%EE + 1.058,86\%AA \quad R^2 = 0,999$$

where, all in dry matter basis: %PB is the percentage of crude protein; %EE is the percentage of ether extract; %AA is the percentage of sugar and starch. The equations obtained for metabolizable energy losses (EMp) were as follow:

$$MBQ \quad EM_p = 4,88214 + 1,5340GQBR + 7,0538FRIM + 9,7984GFUN + 11,6640GINS + 4,6073GADC \quad R^2 = 0,996$$

$$MAQ \quad EM_p = 0,80983 + 1,5053GQBR + 6,6238FRIM + 10,0409GFUN + 12,5565GINS + 6,2759GADC \quad R^2 = 0,999$$

Excellent  $R^2$  coefficients were obtained, that indicate and excellent adjust of equations to the data. Through the use of predictive discriminant analysis, new corn samples of unknown energy content were allocated in the MAQ or MBQ groups, using the previously obtained discriminant functions, based on their kernel damage profiles. Their EMp were estimated through the use of the EMp equations. Means, standard deviations, classification accuracy and Spearman rank correlation of MAQ and MBQ groups obtained through different cluster algorithms were compared to the values obtained using the energy content group discrimination criteria. Best results were obtained using agglomerative hierarchic complete linkage method, with Pearson's distance. To evaluate the economical impact of grouping corn based on its damage profile and energy content, several broiler rations were calculated. Feed formulated with MAQ corn were cheaper (

0,23%) than those formulated with non separated corn. Feed formulated with MBQ corn were more expensive (0,45%) than those formulated with non grouped corn. In order to have the same feed cost it was necessary to devaluate the MBQ corn in 2,0%, minimum. Based on the obtained results it can be concluded that the use of uni and multivariate statistical analysis techniques was adequate to develop a conceptual model of corn nutritional quality evaluation and classification; and, the developed model has potential to be applied to other feed ingredients.



## 1. INTRODUÇÃO

No início dos anos 70, alardeou-se uma possível restrição de alimentos, em nível mundial, decorrente do contínuo crescimento populacional. As estimativas de escassez de alimentos nunca se confirmaram e a fome, hoje vista em alguns países, é reflexo de sua situação social, política e econômica. Em verdade, atualmente, diversos países desenvolvidos enfrentam problemas com excesso de produção de algumas *commodities* e de dejetos no solo e na água, que os tem levado a adotar severas restrições à emissão de dejetos no meio ambiente.

Paralelamente às preocupações com a qualidade ambiental, as mudanças de hábitos e de padrões da sociedade e dos consumidores resultaram em maiores exigências quanto às condições de criações dos animais, à segurança alimentar e à qualidade nutricional dos produtos de origem animal (GYLES, 1989; BARBARINO JR., 1995; BELLAVER, 1999). Nos próximos anos, os desafios da indústria de produção animal serão representados pela demanda dos consumidores por produtos de qualidade, com preços acessíveis, obtidos segundo as exigências da sociedade e em harmonia com as metas de produtividade e de lucratividade estabelecidas pelas empresas (HURNIK, 1990; LIMA, 1996a; LEITÃO, 1999; SONCINI, 1999; SEIFFERT, 2000).

Segundo NOGUEIRA JR. et al. (1997), a ração ocupa posição estratégica no complexo agroindustrial, pois representa seu principal item de custo, podendo corresponder a 70% dos custos de produção da avicultura de corte e entre 50 e 80%, conforme o grau de tecnologia do sistema produtivo, do custo de produção de suínos.

Centenas de pesquisas em nutrição de aves e suínos são conduzidas, no Brasil, anualmente. Além de possibilitar a formação e capacitação de técnicos e professores, o objetivo final da maior parte dessas pesquisas é otimizar a utilização das rações, possibilitando a redução dos custos de produção, o aumento da competitividade e da lucratividade dos sistemas de produção.

Embora a elaboração de rações seja considerada um processo em que são utilizados alimentos de boa qualidade, grandes quantidades de grãos de milho, com qualidade abaixo dos padrões normais, são disponibilizadas para a alimentação animal. Além de problemas à saúde dos animais, a utilização deste milho pode comprometer o desempenho produtivo e o resultado econômico da atividade, caso não sejam feitas correções em seus valores nutricionais (SOUZA, 1999).

As variações na qualidade das rações, principalmente alterações dos níveis de nutrientes dos ingredientes, são a principal causa de desvios entre o desempenho planejado e o desempenho observado, em lotes de frangos de corte (FAWCETT e WEBSTER, 1999). Estas variações podem ser reduzidas, significativamente, se ingredientes que apresentam maiores variações forem fracionados, de modo que cada fração passe a ser considerada um ingrediente, com características diferenciadas. A utilização deste procedimento possibilita excepcional aumento de precisão das rações formuladas, proporcionando melhora da lucratividade, decorrente do melhor desempenho dos animais (PENZ JR., 1994).

O uso de metodologias que possibilitem a avaliação rápida dos ingredientes pode permitir a separação dos ingredientes e seu armazenamento em silos com partidas semelhantes de ingredientes, contribuindo para a redução da variabilidade na qualidade das rações. Dentre as metodologias, pode-se destacar o uso de equações de predição, a partir de análises proximais dos ingredientes, técnicas físico-químicas, como a espectrofotometria próxima

ao infravermelho (NIRS) e técnicas de análise multivariada, como a análise discriminante (PRATES, 1997).

Apesar de desenvolvidas há décadas, a popularização das técnicas estatísticas multivariadas e de suas aplicações é recente, e está relacionada ao aumento da complexidade da investigação científica contemporânea e aos avanços da ciência da computação. A disponibilização destas poderosas ferramentas estatísticas tem possibilitado, aos pesquisadores, a solução de questões investigativas mais complexas, devido a desenhos experimentais mais realísticos e refinados e à possibilidade de melhor exploração e explicação das relações entre as variáveis ou entre conjuntos de variáveis.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo conceitual e prático de avaliação da qualidade nutricional e classificação do milho, com base em suas características físico-químicas, utilizando técnicas de análise estatística uni e multivariadas. No desenvolvimento do modelo, as técnicas estatísticas uni e multivariadas foram utilizadas para: a redução do número de variáveis em estudo; a investigação da dependência entre as diversas variáveis; a construção e teste de hipóteses; o agrupamento e a classificação de amostras de milho; e, a predição da qualidade nutricional das amostras de milho.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Desafios da produção animal

No início dos anos 70, alardeou-se uma possível restrição de alimentos, em nível mundial, decorrente de um contínuo crescimento populacional. Para acompanhar este crescimento e suprir a demanda humana por alimentos, a produção e a produtividade animais foram melhoradas, ampliando a utilização e a transformação de terras nativas em áreas de produção agropecuária (LIMA, 1996a; LEESON e SUMMERS, 1997; BUTOLO, 1999). As estimativas de escassez de alimentos nunca se confirmaram e a fome, hoje vista em alguns países, é reflexo de sua situação social, política e econômica.

Em verdade, atualmente diversos países desenvolvidos enfrentam problemas com excesso de produção de algumas *commodities* e de dejetos no solo e na água, principalmente nitrogênio e fósforo, que os tem levado a reduzir o tamanho de seus rebanhos, a modificar as tradicionais práticas de criação animal e a adotar severas restrições à emissão de dejetos no meio ambiente.

Paralelamente às preocupações com a qualidade ambiental, as mudanças de hábitos e de padrões da sociedade e dos consumidores resultaram em maiores exigências quanto às condições de criações dos animais, à segurança alimentar e à qualidade nutricional dos produtos de origem animal (GYLES, 1989; BARBARINO JR., 1995;

BELLAVER, 1999). Assim, nos próximos anos, os desafios da indústria de produção animal serão representados pela demanda dos consumidores por produtos de qualidade, com preços acessíveis, obtidos segundo as exigências da sociedade e em harmonia com as metas de produtividade e de lucratividade estabelecidas pelas empresas (HURNIK,1990; LIMA, 1996a; LEITÃO, 1999; SONCINI, 1999; SEIFFERT, 2000).

Aos nutricionistas é reservado um papel importante frente aos desafios que são apresentados às indústrias de produção animal.

Segundo LEESON e SUMMERS (1997) a escolha dos ingredientes e dos níveis de nutrientes influenciam a qualidade do produto final e o conhecimento da qualidade demandada é crítico para a satisfação dos consumidores cada vez mais preocupados com alimentos seguros e com alimentação saudável. Além disso, os níveis nutricionais e os ingredientes utilizados nas rações também influenciam a excreção de dejetos no meio ambiente.

LIMA (1996a) propõe que os nutricionistas reduzam as margens de segurança dos nutrientes, que utilizem valores de digestibilidade e de disponibilidade dos nutrientes na formulação de rações e que aumentem a utilização de programas de alimentação de múltiplas fases, com separação de sexo, como medidas para reduzir a emissão de dejetos.

É essencial aos nutricionistas, que estes tenham uma visão ampla e abrangente do processo produtivo e suas particularidades, de modo a atender a demanda e exigências dos consumidores e da sociedade.

## **2.2. Sistemas de produção**

Os sistemas de produção animal intensivos têm por objetivo a obtenção da máxima produtividade potencial e intrínseca dos animais, com redução de custos e que proporcionem lucratividade adequada (BARIONI JR., 1995). Estes sistemas de produção devem ser vistos como conjuntos interrelacionados de componentes ou subsistemas, como a nutrição, a sanidade, a ambiência, o manejo, a genética e os recursos humanos.

Segundo NICOLAIEWSKY et al. (1998), a qualidade isolada dos componentes do sistema não garante o sucesso do empreendimento. Assim, para a otimização do

desempenho da atividade, é essencial a integração harmoniosa de todos os seus componentes, pois todos têm sua parcela na composição dos custos de produção.

### **2.3. Importância da nutrição**

Os sistemas modernos de produção animal utilizam rações formuladas à base de cereais. A formulação e o balanceamento de rações têm o objetivo de possibilitar que os animais expressem todo seu potencial genético de desempenho, através do atendimento de suas exigências nutricionais, em toda e qualquer fase de seu ciclo de vida.

Segundo NOGUEIRA JR. et al. (1997), a ração ocupa posição estratégica no complexo agroindustrial, pois representa seu principal item de custo, podendo corresponder a 70% dos custos de produção da avicultura de corte e entre 50 e 80%, conforme o grau de tecnologia do sistema produtivo, do custo de produção de suínos. Valores semelhantes são apresentados por ALBINO e SILVA (1996) e BUTOLO (1999).

Anualmente, centenas de pesquisas em nutrição de aves e suínos são conduzidas, no Brasil, principalmente nas instituições de ensino superior. Além das pesquisas destinadas à reavaliação das exigências nutricionais, em função da disponibilização freqüente de novos materiais genéticos no mercado, diversas pesquisas são conduzidas para a avaliação de alimentos alternativos, como fosfatos (GOMES, 1991; LIMA, 1995) e alimentos protéicos (NASCIMENTO, 1997); subprodutos, como farinhas de carne (AZEVEDO, 1996); aditivos, como enzimas (BENÍCIO, 1992; SOTO-SALANOVA, 1996); planos de alimentação por fases (BERTECHINI, 1987) e por sexo (BENÍCIO, 1995); avaliação de parâmetros nutricionais, como energia metabolizável, utilizando diferentes metodologias (ALBINO et al., 1992); determinação de exigências nutricionais utilizando equações de predição (SAKOMURA, 1989); e, formulação de rações baseada na digestibilidade de aminoácidos (ROSTAGNO et al., 1995), entre outras linhas. Além de possibilitar a formação e capacitação de técnicos e professores, o objetivo final da maior parte dessas pesquisas é otimizar a utilização das rações, pelos animais, possibilitando a redução dos custos de produção e o aumento da

competitividade e da lucratividade dos sistemas de produção, pois estes dependem do equilíbrio entre o custo das rações e sua eficiência produtiva.

Assim, as formulações baseadas em sofisticadas metodologias de custo mínimo são amplamente utilizadas, possibilitando a elaboração de rações com grande número de ingredientes. Embora gozem de enorme popularidade e sucesso, essas formulações apresentam a limitação de que cada ingrediente recebe um determinado valor para cada nutriente, quando é sabido que existe considerável variabilidade na composição, em nutrientes, de cada ingrediente (GRAHAM, 1991).

Para que as rações balanceadas possam ser formuladas de modo adequado, além do conhecimento das exigências nutricionais dos animais, é essencial o conhecimento do conteúdo e da disponibilidade de nutrientes, das limitações de uso, da presença de fatores antinutricionais e tóxicos, do valor energético e do custo dos ingredientes disponíveis para serem utilizados nas rações (SCOTT et al., 1982; ALBINO e SILVA, 1996).

#### **2.4. O uso de tabelas de composição química de alimentos**

É reconhecido que as informações mais valiosas sobre a composição dos ingredientes são obtidas localmente. No entanto, a análise de cada partida de ingredientes é cara e trabalhosa. Assim, a sumarização de dados em tabelas é de grande utilidade para os nutricionistas.

Para a elaboração de programas nutricionais, os nutricionistas costumam basear-se em tabelas brasileiras, como ROSTAGNO et al. (1983), EMBRAPA (1991), ROSTAGNO et al. (1996), ROSTAGNO et al. (2000), e em tabelas estrangeiras, como NRC (1994) e NRC (1998), além das recomendações dos manuais de alimentação e manejo de linhagens comerciais, fornecidos pelas empresas de material genético.

O principal problema enfrentado pelos técnicos brasileiros ao utilizarem as tabelas estrangeiras foi a grande variação na composição química dos ingredientes disponíveis no Brasil. O investimento das empresas em laboratórios analíticos e o investimento de instituições de ensino e pesquisa na elaboração de tabelas brasileiras de composição de alimentos possibilitou maiores subsídios às tomadas de decisões e maior

segurança na formulação de rações, principalmente quando da utilização de alimentos alternativos (LIMA, 1996b).

Atualmente, os nutricionistas têm à disposição diversas fontes de consulta e múltiplas informações para auxílio na elaboração dos programas nutricionais, cabendo a eles a identificação das mais adequadas a suas condições de trabalho (PENZ JR., 1995).

No entanto, estas tabelas apresentam algumas limitações: para possibilitarem a praticidade de uso, são apresentados os principais ingredientes utilizados, não sendo contemplados ingredientes de menor utilização; não refletem informações de dados locais; utilizam dados históricos, característicos de genótipos não mais existentes, reduzindo a acurácia dos valores; a variabilidade dos ingredientes é pobremente refletida, influenciando a precisão da formulação das rações; os dados refletem informações de matérias-primas de boa qualidade, não considerando variações de qualidade decorrentes de diversos fatores, como variações nas condições de cultivo das plantas, problemas fitossanitários ou alterações de processamento dos alimentos (ROSTAGNO, 1993; PENZ JR., 1994; SANCHES, 1997; TRAN e LAPIERRE, 1997).

As tabelas de composição química de alimentos têm maior utilidade quando as variações nos níveis de nutrientes das matérias-primas são pequenas. Em ingredientes que apresentam alta variação em seus níveis de nutrientes, como subprodutos de origem animal ou matérias-primas fora de seu padrão normal, as tabelas de composição química têm sua utilidade reduzida. No entanto, estas tabelas podem ser mais úteis caso apresentem determinadas matérias-primas, de alta variabilidade dos nutrientes, em subdivisões, de acordo com atributos particulares (BATTERHAM, 1990).

## **2.5. Padrões de qualidade das matérias-primas**

Embora a elaboração de rações seja considerada um processo em que são utilizados alimentos de boa qualidade, nas fábricas de ração sempre existem alimentos com qualidade fora do padrão. Nos grãos de má qualidade, o valor nutricional, em relação aos grãos normais, pode ser prejudicado de diversas maneiras, como: alteração da composição



química; modificações na disponibilidade de alguns nutrientes; proliferação de fungos com ou sem produção de micotoxinas; presença de fatores antinutricionais (ROSTAGNO, 1993).

A desuniformidade e as alterações da qualidade da maioria das matérias-primas existentes no mercado brasileiro são alguns dos principais problemas enfrentados pela indústria de alimentação animal, no Brasil e, segundo PENZ JR. (1995), afetam a qualidade da ração, comprometendo o desempenho animal. É essencial, portanto, a existência de um padrão para o aferimento dos valores e da qualidade dos produtos utilizados, estabelecido e adequado às condições brasileiras.

Segundo LUCHESE (1997), havia, no Brasil, duas referências utilizadas para a especificação da qualidade de matérias-primas: Padrões Oficiais de Matérias-primas Destinadas à Alimentação Animal, que representa a posição oficial do Ministério da Agricultura, conforme a Portaria nº 7, de 9 de novembro de 1988, publicada no Diário Oficial da União, em 14 de novembro de 1988; e Matérias-primas para Alimentação Animal, que representa a posição da Associação Nacional dos Fabricantes de Rações (ANFAR), publicado em maio de 1985, em sua 4ª edição.

Em 1998, através do esforço conjunto do Ministério da Agricultura, do Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, da Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais e do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal e da colaboração de técnicos de todo o Brasil, foi publicado o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal - CBAA (SINDIRAÇÕES-ANFAL,1998), que contém os padrões de matérias-primas, os métodos analíticos, a legislação e recomendação de uso de microingredientes a serem utilizados no Brasil.

## **2.6. A desuniformidade das matérias-primas**

A variação da composição nutricional de um dado ingrediente, em diferentes partidas é bastante comum. Segundo ALBINO e SILVA (1996), a composição química dos alimentos de origem vegetal é influenciada pela grande variação entre solos e climas em que são cultivados, entre outros fatores e a composição dos produtos de origem animal, incluindo subprodutos industriais, varia em função do processamento, sendo difícil estabelecer um padrão contínuo do material produzido.

De modo a possibilitar a formulação de rações com valores mais próximos dos valores reais destas matérias-primas, é necessário estabelecer a composição química de cada lote produzido ou a composição média, dos vários lotes. Como a análise de cada partida de ingredientes é cara e trabalhosa, na ausência de informações mais exatas sobre a composição de nutrientes, os nutricionistas utilizam margens de segurança. No entanto, esta busca por segurança na formulação de rações resulta em aumento significativo nos custos da ração e na emissão de dejetos no meio ambiente.

Segundo FAWCETT e WEBSTER (1999), as variações na qualidade das rações, principalmente alterações dos níveis de nutrientes dos ingredientes, são a principal causa de desvios entre o desempenho planejado e o desempenho observado, em lotes de frangos de corte. Estas variações podem ser reduzidas, significativamente, se ingredientes que são utilizados em maior quantidade e que apresentam maiores variações, em sua composição, forem fracionados ou separados, de modo que cada fração passe a ser considerada um ingrediente ou matéria-prima, com características diferentes e próprias. Assim, ingredientes separados com base em alguma característica relevante e passam a ser considerados e armazenados como diferentes matérias-primas. A utilização deste procedimento possibilita excepcional aumento de precisão das rações formuladas, resultando em reduções do desvio-padrão a valores próximos à metade dos obtidos sem a utilização de fracionamento e proporcionando melhora da lucratividade, decorrente do melhor desempenho dos animais.

Duncan (1988), citado por PENZ JR. (1994), sugere que o método mais satisfatório para reduzir variações em um ingrediente é por separação de partidas, de acordo com os valores analíticos obtidos no laboratório da empresa.

Para comprovar esta hipótese, foram elaboradas rações com farelos de soja originados de cinco diferentes fornecedores. Os farelos foram separados em dois grupos, com base em seus teores de proteína bruta, ou foram todos misturados, formando um único ingrediente. A avaliação dos farelos de soja e das rações, considerando-se a separação ou não dos lotes, foi realizada pela análise dos desvios-padrão de proteína bruta, lisina e aminoácidos sulfurados, além do custo final da ração. De modo geral, os desvios-padrão foram reduzidos à metade de seus valores, aproximadamente, quando o

procedimento de separação dos farelos de soja foi utilizado, com base em seus teores de proteína bruta, além de possibilitar a redução do custo da ração produzida.

A utilização de metodologias que possibilitam a avaliação rápida dos ingredientes pode permitir a separação dos ingredientes e seu armazenamento em silos com partidas semelhantes de ingredientes, contribuindo para a redução da variabilidade na qualidade das rações. Dentre as metodologias, pode-se destacar o uso de equações de predição, a partir de análises proximais dos ingredientes; técnicas físico-químicas, como a espectrofotometria próxima ao infravermelho (NIRS); e, técnicas de análise multivariada, como a análise discriminante (PRATES, 1997).

Segundo PENZ JR. (1994), os empresários interessados em minimizar um dos maiores problemas na área de produção animal, a variabilidade dos resultados zootécnicos, deverão investir em tecnologia que permita acompanhar os ingredientes utilizados nas rações, separá-los por categoria e empregá-los nas formulações de forma criteriosa, não mais intuitiva.

Embora a composição química típica de diversos ingredientes de rações seja apresentada em várias tabelas disponíveis aos nutricionistas, é bastante comum encontrar variações significativas nos nutrientes das matérias-primas disponíveis para a elaboração de rações. A redução da variabilidade dos diversos nutrientes, em cada ingrediente, possibilita a utilização de valores nutricionais mais precisos. Sem esta redução de variabilidade, margens de segurança maiores devem ser utilizadas para minimizar seus efeitos negativos sobre o desempenho dos animais, onerando o custo de produção e resultando em maior emissão de dejetos no meio ambiente.

## **2.7. Controle de qualidade das matérias-primas**

Embora, nos últimos anos, a qualidade de diversas matérias-primas comercializadas tenha melhorado, sensivelmente, em função do desenvolvimento da produção animal e do controle de qualidade executado pelos fabricantes de rações e misturas minerais e vitamínicas, as empresas têm tido extremamente lentas na criação e no desenvolvimento de sistemas de controle de qualidade das matérias-primas,

desconhecendo a qualidade do que estão comprando, o que faz com que fiquem vulneráveis à má qualidade das matérias-primas, além de conviver com altos custos de produção e prejuízos (LÁZZARI, 1992).

Segundo PINTO e PASTORE (1995), a área de controle de qualidade de matérias-primas não tem acompanhado o desenvolvimento das outras áreas dos sistemas de produção animal, comprometendo, muitas vezes, o potencial de produtividade, pela utilização de matérias-primas de má qualidade nutricional, pela utilização de técnicas inadequadas ou por não subsidiar, a tempo, a tomada de decisões.

A produção de uma ração de excelente qualidade, além da formulação e balanceamento adequados, depende de um programa de controle de qualidade eficiente, que tem início na seleção de fornecedores das matérias-primas e estende-se até o armazenamento dos produtos acabados. Este programa deve englobar: a amostragem; o conhecimento dos padrões de qualidade, normas de manuseio e de armazenamento das matérias-primas; análises de recebimento e laboratoriais, que incluem avaliações físicas, químicas e biológicas; acompanhamento de utilização de fórmulas; revisão, aferição e limpeza de equipamentos; acompanhamento do processo de produção; aprovação e identificação de matérias-primas e produtos acabados (TARDIN, 1989; LUCHESI, 1994; PINTO e PASTORE, 1995).

Existem, no Brasil, empresas que não dispõem de qualquer procedimento de acompanhamento da qualidade das matérias-primas e das rações produzidas nas fábricas de ração. Por outro lado, há empresas que dispõem de sofisticados mecanismos de controle. No entanto, o problema mais comum encontrado é aquele em que a empresa dispõe de procedimentos de controle, mas que não implementa a avaliação dos valores disponíveis e seu impacto na qualidade e no custo do produto final (PENZ JR., 1994).

Empresas interessadas em implementar programas de qualidade na produção de rações devem investir em: construção de laboratório de análise; contratação de técnicos competentes; desenvolvimento de técnicas analíticas prioritárias; avaliação da qualidade das matérias-primas; uso de valores analíticos obtidos no laboratório, na formulação de rações; avaliação do processo de produção; avaliação da qualidade do produto final (TARDIN, 1989; PENZ JR., 1994).

Os fluxos de matérias-primas na empresa devem possibilitar que as mesmas apenas sejam utilizadas após serem aprovadas e liberadas pelo controle de qualidade. Este procedimento possibilita a formulação das rações com base nos valores analíticos do próprio produto, garantindo uma redução na variabilidade da fórmula, favorecendo o desempenho dos animais (PENZ JR., 1994).

Nos processos de comercialização de matérias-primas, geralmente, a descrição dos produtos está aquém de fornecer informações úteis aos nutricionistas. Assim, é necessário que ampla variedade de análises físicas, químicas e microbiológicas sejam realizadas em laboratórios, de maneira a possibilitar uma melhor descrição nutricional destas matérias-primas. Cada ingrediente, segundo sua natureza, deve ser submetido a análises específicas como: textura, uniformidade, cor, odor, temperatura, presença de contaminantes, impurezas, matérias estranhas, integridade, densidade, umidade, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro, matéria mineral, extrato não-nitrogenado, carboidratos solúveis, amido, açúcares, fungos e micotoxinas, entre outros.

Segundo BENATI (1989), para melhor avaliação de sua qualidade, os ingredientes devem ser avaliados sob os aspectos físicos, químicos e biológicos e não somente pelos aspectos químicos, como muitos entendem. A experiência e o manuseio contínuo fazem com que a avaliação física dos ingredientes seja um fator de predição de qualidade melhor, em alguns casos, que a análise química. A análise física se aplica muito bem sobre os ingredientes usados em maiores quantidades nas rações, como o milho e o farelo de soja, onde a cor, a textura, o aspecto e o odor dão uma excelente idéia de sua qualidade.

Na comercialização e avaliação da qualidade de grãos, consideram-se alguns parâmetros, como: teor de umidade; densidade; grãos quebrados; materiais estranhos; impurezas; grãos danificados por fungos; grãos brotados; presença de insetos; descoloração por danos térmicos; teores de proteína bruta e de óleo; tipos de grãos; histórico dos grãos; presença de micotoxinas, que, segundo LÁZZARI (1992), podem informar, com certa precisão, a qualidade de um lote de grãos.

Embora variem de cliente para cliente, os padrões utilizados para a compra de matérias-primas precisam representar qualidade, seja esta física, sanitária ou nutricional.

Os ingredientes devem ser continuamente monitorados, para assegurar-se que apresentam consistência com seu perfil nutricional e a ausência de contaminações potenciais. Um ponto importante no controle de qualidade é a avaliação criteriosa dos fornecedores dos diferentes ingredientes. Novos fornecedores devem ser testados com maior frequência e atenção. A frequência e o número de amostras dependem da importância do ingrediente na ração e, uma vez que tenha sido possível obter um histórico consistente de análises, a frequência pode ser reduzida. A seleção de fornecedores que têm a competência de oferecer matérias-primas com menor variabilidade auxilia no procedimento de separação de ingredientes e reduz a variabilidade das formulações.

Segundo LUCHESI (1994) é importante montar um banco de dados com os resultados da avaliação das matérias-primas, de modo a possibilitar a obtenção de estatísticas e a avaliação da qualidade e constância dos produtos supridos por cada fornecedor. O desenvolvimento de um banco de dados dos ingredientes também é um caminho útil para determinar a necessidade e frequência dos testes a serem realizados (LEESON e SUMMERS, 1997).

A utilização de rações formuladas de maneira adequada é comprometida se os ingredientes da ração são de má qualidade, pois não são fornecidas, aos animais, as quantidades necessárias de nutrientes para otimizar seu desempenho (LÁZZARI, 1992).

Segundo ROSTAGNO (1993), o conhecimento nutricional de ingredientes de má qualidade permite ao nutricionista realizar as correções necessárias nas rações balanceadas, visando melhorar o desempenho das aves.

Assim, em função da importância de cada ingrediente sobre o custo da ração e da importância do custo da ração sobre o custo de produção, deve-se estar atento à qualidade intrínseca de cada matéria-prima, sendo coerente que seu preço esteja associado a sua qualidade nutricional, de modo semelhante à tipificação da carne suína (LUCHESI, 1997; LIMA e BELLAVER, 1999).

Pela necessidade de tornar-se mais produtiva e eficiente, a área de controle de qualidade de matérias-primas usadas na produção de ração deverá sofrer grandes

modificações e desenvolvimento. Os fornecedores serão, também, obrigados a melhorar seus processos, oferecendo matérias-primas de qualidade.

Para evitar a ocorrência de problemas relacionados à qualidade das matérias-primas, é fundamental ter um departamento de compras eficiente e um bom controle de qualidade, de modo a possibilitar a elaboração de rações com a qualidade desejada, a partir de matérias-primas adequadas (MENDES, 1989; LÁZZARI, 1993).

## **2.8. Principais ingredientes de ração utilizados no Brasil**

Os principais ingredientes de rações utilizados no Brasil são o milho, os farelos de soja e de trigo, as farinhas de carne e de ossos, o sorgo, o calcário, e o fosfato bicálcico, além de diversos outros ingredientes, muitos deles oriundos de resíduos industriais. De modo geral, o milho e o farelo de soja constituem 80% das rações (NOGUEIRA JR. et al., 1997).

## **2.9. O milho**

O milho (*Zea mays*, L.), em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Devido a sua multiplicidade de aplicações, é uma matéria-prima impulsionadora de diversos complexos agroindustriais, assumindo relevante papel socioeconômico (NOGUEIRA JR., 1997; FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

O milho é o ingrediente mais importante na alimentação de aves e suínos, pois sua inclusão média de, aproximadamente, 65% nas rações contribui com cerca de 65% da energia metabolizável e 25% da proteína bruta destas rações.

O milho apresenta o mais alto teor de energia entre os diversos cereais, além de diversas outras características nutricionais relevantes. Apresenta alta palatabilidade e seu amido é altamente digestível. Rico em xantofilas, confere à gema do ovo e à pele do frango boa pigmentação, melhorando sua atratividade visual. É o cereal que apresenta o maior teor de ácido linoléico. Apresenta baixo teor de fibra bruta e não apresenta fatores antinutricionais. É abundante e barato e sua conservação e armazenamento são,

relativamente, simples. Pela ausência de fitases endógenas, o fósforo é quase indisponível e seu perfil de aminoácidos é desbalanceado, com excesso de leucina e deficiências de lisina e de triptofano.

O grão de milho pode ser dividido em três partes: o pericarpo, que representa 5,5% do grão e é constituído, principalmente, por fibra, amido e proteínas; o embrião, que representa 11,5% do grão e é constituído, principalmente, por lipídeos, proteínas, açúcares, amido e matéria mineral; e o endosperma, que representa 83% do grão e é constituído, principalmente, por amido e proteínas (Esminger e Olentine, 1978, citados por SOUZA, 1999).

As especificações para a padronização, a classificação e a comercialização interna do milho são regulamentadas pelas portarias ministeriais nºs 845/76 e 11/96, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Para a comercialização externa do milho, as especificações são regulamentadas pela Resolução nº 173 de 1989, do Conselho Nacional do Comércio Exterior (CONCEX). As especificações para comercialização do milho são apresentadas no apêndice A.

O milho sob a forma de grãos, destinado à comercialização interna e externa, é classificado em grupos, classes e tipos, segundo sua consistência, coloração e qualidade, respectivamente. O milho, segundo sua consistência, é ordenado em quatro grupos: duro, mole, semiduro e misturado. Segundo sua coloração, o milho é classificado em: amarelo, branco e mesclado, sendo que nesta última classe é necessário especificar a porcentagem de mistura das demais classes. Predomina, no Brasil, a comercialização do milho semiduro amarelo.

Com relação a sua qualidade, o milho pode ser classificado em três tipos: tipo 1, tipo 2 e tipo 3, segundo as porcentagens de matéria estranha, impurezas, fragmentos, grãos ardidos e brotados e total de grãos avariados (Quadro 1).

Quadro 1 - Classificação dos grãos de milho quanto à qualidade, segundo normas do Ministério da Agricultura e do Abastecimento

---



Tipo	Limites de tolerância (%)			
	Umidade	Ardidos + Brotados	Impurezas+matéria estranha+fragmentos	Total de grãos avariados
1	14,5	3,0	1,5	11,0
2	14,5	6,0	2,0	18,0
3	14,5	10,0	3,0	27,0

Quando os limites de tolerância são excedidos, o milho é considerado abaixo do padrão, desde que apresente bom estado de conservação. Milhos que apresentam estado de conservação inadequado, aspecto generalizado de mofo e/ou fermentação, sementes de outras plantas e odor estranho, que possam ser prejudiciais à utilização normal do produto, são desclassificados para comercialização. Várias empresas, no Brasil, utilizam padrões particulares de avaliação e classificação do milho.

No Quadro 2, são apresentados os padrões de qualidade do milho, segundo parâmetros químicos, de acordo com o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES-ANFAL, 1998).

Quadro 2 - Parâmetros químicos que determinam o padrão de qualidade do milho, segundo o Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal, em 1998 e em 2000

Parâmetros	Critério	Unidade	1998	2000	$\Delta\%$
Umidade	Máximo	%	14,00	13,00	-7
Proteína bruta	Mínimo	%	7,00	7,50	+7
Extrato etéreo	Mínimo	%	2,00	3,00	+50
Fibra bruta	Máximo	%	3,00	3,50	+17
Matéria mineral	Máximo	%	1,50	2,00	+25

Xantofila	Mínimo	ppm	10,00	15,00	+50
Aflatoxinas	Máximo	ppb	20,00	20,00	-

## 2.10. Efeitos ambientais sobre a produção do milho

Os danos e perdas de grãos, na cultura do milho, podem ocorrer nas fases de pré-colheita, de colheita, propriamente dita e de pós-colheita. Independentemente da tecnologia aplicada, o período de tempo e as condições climáticas, a que a cultura é submetida, são os fatores preponderantes de produção. Os principais fatores que influenciam o desenvolvimento da cultura são: temperatura; luminosidade; disponibilidade de nutrientes e água; qualidade do solo; vento; umidade do ar; sanidade; nível de estresse das plantas; tratos culturais, principalmente épocas de plantio e de adubação; qualidade de sementes; e genética (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

De modo geral, a redução no rendimento do milho, nas mais variadas condições, está associado ao período de enchimento dos grãos.

Altas temperaturas diurnas diminuem a atividade de enzimas sobre o nitrato, interferindo no processo de transformação do nitrogênio e alterando a composição protéica dos grãos. Altas temperaturas noturnas alteram a taxa fotossintética líquida, devido ao aumento da respiração celular, resultando em maior consumo de fotoassimilados. Assim, regiões de altas temperaturas noturnas alteram a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos e reduzem o período de enchimento dos grãos, reduzindo o rendimento da cultura.

A redução da intensidade luminosa, principalmente no período de 10 a 15 dias após o florescimento, reduz a atividade fotossintética e aumenta o nível de estresse das plantas, resultando em diminuição do acúmulo de matéria seca e da densidade dos grãos.

Deficiências hídricas durante o desenvolvimento dos grãos resultam em maior porcentagem de grãos leves e pequenos, pois interferem na síntese de aminoácidos e

proteínas, além de reduzir a eficiência de translocação de produtos fotossintetizados para os grãos.

A ocorrência de grãos ardidos está relacionada a diversos fatores e é um indicativo da qualidade dos grãos. Dentre os fatores, destacam-se: nível de empalhamento do híbrido; ataque de insetos; adubação desequilibrada; incidência de doenças; atraso na colheita; e, período chuvoso no final do ciclo da planta (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

A última etapa de desenvolvimento do milho, designada ponto de maturidade fisiológica, é caracterizado pelo máximo peso de matéria seca dos grãos. A partir deste ponto, são utilizadas as reservas dos grãos para suprir sua demanda por nutrientes. Considerando-se a máxima produção de matéria seca, o ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita. No entanto, nesta fase, o teor de umidade é alto, dificultando tal procedimento, além de propiciar o desenvolvimento de fungos e insetos, deteriorando a qualidade do produto. Para que a colheita seja realizada sem maiores problemas, os grãos devem estar com umidade entre 18 e 25%, considerando-se a necessidade de secagem artificial para posterior armazenamento, com os grãos apresentando umidade em torno de 12 a 14% (LÁZZARI, 1993).

A cultura, ao permanecer no campo, após o ponto de maturidade fisiológica, fica exposta ao ataque de pragas ao tombamento da planta, à germinação ou ao apodrecimento dos grãos na espiga, à incidência de doenças e à infestação por plantas daninhas.

## **2.11. A colheita**

A colheita é um dos pontos mais importantes em todo o processo de produção do milho, pois se efetuado inadequadamente, causa perdas dos grãos. A antecipação da colheita reduz a ocorrência e a severidade da infestação dos grãos por insetos, fungos e micotoxinas. Além disso, reduz o comprometimento de sua qualidade pela redução do consumo de matéria-seca dos grãos. A colheita tardia, em que os grãos apresentam menores teores de umidade, favorece a ocorrência de grãos ardidos e grãos atacados por insetos, além de aumentar a incidência de danos causados pelos equipamentos de colheita.

A colheita dos grãos deve acontecer próxima ao seu ponto de maturidade fisiológica, no teor ideal de umidade e com equipamentos regulados. Deve-se ressaltar, que quanto mais seco estiver o grão, no momento da colheita maior a possibilidade de ocorrência de fissuras e quebras dos grãos, pelo impacto contra a estrutura das colhedoras. Após a colheita, deve-se realizar uma boa limpeza dos grãos, para eliminação de impurezas e matérias estranhas.

## **2.12. A secagem dos grãos**

A umidade afeta o valor econômico, a qualidade, a armazenabilidade e as propriedades para processamento dos grãos. A secagem é uma operação crítica no processamento dos grãos, sendo considerada a maior causa de deterioração na seqüência de processamento dos grãos, que engloba a colheita, a limpeza, a secagem, o transporte e o armazenamento dos grãos.

Segundo ACEDO (1991) e SOTO-SALANOVA (1996), a secagem excessiva dos grãos leva à ruptura de sua camada exterior, tornando-os susceptíveis ao ataque de insetos e ao desenvolvimento de fungos. Em função da secagem pode ocorrer maior susceptibilidade à quebra, em milho e soja, e decréscimo na qualidade de moagem de trigo e arroz (BIAGI et al., 1996).

Através da remoção da umidade, por secagem natural ou artificial e uma correta armazenagem, torna-se possível a conservação dos produtos agrícolas. A secagem dos grãos deve ser feita quando as perdas qualitativas e quantitativas justificam o investimento.

O tipo de secador, o tempo de exposição, a velocidade do ar de secagem e sua temperatura devem ser adequados para que os grãos tenham sua umidade reduzida, de modo a permitir sua armazenagem adequada, sem, no entanto alterar sua qualidade física e química. O monitoramento constante da temperatura e da umidade do produto armazenado é essencial para garantir a qualidade dos grãos.

Um processo adequado de secagem resulta em produtos com qualidades inalteradas e teores adequados de umidade à finalidade a que se destinam os produtos. Assim, utilizam-se vários critérios para a avaliação da qualidade dos produtos, durante secagem a altas temperaturas, como teores de ácidos graxos livres e rendimento de óleo, para soja e teores de lisina, coloração e susceptibilidade à quebra, para milho.

### **2.13. A armazenagem**

A qualidade dos grãos armazenados depende, entre diversos fatores, de: temperatura; umidade; capacidade higroscópica dos grãos; presença de oxigênio; alterações na integridade dos grãos; grau de contaminação fúngica; presença de insetos e roedores; impurezas; matérias estranhas; e, condições de limpeza do local de armazenamento.

O armazenamento deve ser feito em local adequado, limpo, seco e controlado contra insetos e ratos. A armazenagem dos grãos, quando bem conduzida, mantém a qualidade dos produtos, principalmente em sua composição química.

Para a manutenção da qualidade do produto armazenado, o teor médio de umidade, isoladamente, é de pouco valor. É essencial saber sobre a variação do teor de umidade do lote ou massa de grãos, pois alta variação, mesmo que o resultado médio seja baixo, pode constituir risco ao armazenamento.

Com o objetivo de avaliar o efeito do tempo de armazenamento sobre a composição química e do valor energético do milho, em termos de EMAn, BARTOV (1996) conduziu um experimento em que grãos de milho recém colhidos e com 11,5% de umidade foram armazenados, por cerca de 110 meses, e concluiu que, sob condições adequadas de armazenamento, o valor energético e a composição química, com relação a seus principais nutrientes, não foram influenciados pelo longo tempo de armazenamento.

## **2.14. Problemas associados à qualidade do milho**

Anualmente, grandes quantidades de grãos com qualidade abaixo dos padrões normais são disponibilizadas para a alimentação animal. Além de problemas à saúde dos animais, a utilização deste milho pode comprometer o desempenho produtivo e o resultado econômico da atividade, caso não sejam feitas correções em seus valores nutricionais (SOUZA, 1999).

Várias são as causas de avarias nos grãos de milhos, destacando-se: danos mecânicos; ataque de fungos; ataque de insetos; desenvolvimento incompleto dos grãos, por causas ambientais; e, ataque de outras pragas e parasitas. As avarias resultam em alterações de composição química e do valor nutritivo dos grãos, que têm seu valor de comercialização reduzido.

### **2.14.1. Grãos quebrados e fragmentados**

Os processos de secagem rápida podem alterar os grãos nutricionalmente, além de causar danos mecânicos, que variam do trincamento, com rompimento da epiderme, à quebra dos grãos.

Na classificação do milho, são levados em consideração os grãos quebrados e a matéria estranha presentes. É reconhecido que os grãos quebrados ou trincados são mais propensos às contaminações por fungos e micotoxinas. No entanto, existem poucas informações sobre como estas frações podem afetar a energia metabolizável de dada amostra de milho (DALE e JACKSON, 1994).

Assim, foi conduzido um estudo para investigar como os grãos quebrados e a matéria estranha poderiam afetar o conteúdo de energia metabolizável do milho amarelo. Amostras obtidas de diferentes vagões de trens, originários do meio-oeste dos Estados Unidos foram divididas em frações de milho inteiro, milho quebrado e de matéria estranha, sendo analisadas com relação ao seu conteúdo de energia metabolizável verdadeira. Os autores do estudo verificaram que os grãos quebrados apresentaram cerca de 90 Kcal/kg a menos que os grãos inteiros. A fração matéria estranha apresentou

330 Kcal/kg a menos que os grãos inteiros, e foram observadas grandes variações, à medida que materiais diferentes, incluindo partículas finas do milho, faziam parte da fração matéria estranha.

#### **2.14.2. Ataques de fungos**

Segundo PONT et al. (1989), os cereais e algumas outras matérias-primas de rações apresentam, naturalmente, altas cargas de bactérias, leveduras e fungos. Esta carga microbiana prolifera por deficiências do sistema de armazenamento, ataque de insetos e roedores, danos à integridade dos grãos durante a colheita, transporte e beneficiamento, e fatores como temperatura e umidade. A predominância de desenvolvimento, nas condições em que as matérias-primas são armazenadas, é de fungos e leveduras, já que as bactérias normalmente se multiplicam quando a umidade do substrato é muito alta.

A destruição dos grãos pode ocorrer antes ou após a colheita, causado por fungos de campo e de armazenamento, respectivamente. Existem, ainda, os chamados fungos intermediários, que contaminam os grãos antes da colheita, mas se desenvolvem na fase de armazenamento.

A identificação de grãos atacados ou danificados por fungos é o passo inicial e mais importante na compra e recebimento do produto. A presença de poucos grãos de milho com aparência de terem sido danificados por fungos é indício de que o lote, inteiro ou parte dele, apresentou problemas durante a maturação, colheita, secagem ou armazenamento e suporta a necessidade de melhor avaliação do lote, que se inicia com uma amostragem mais completa e análise mais criteriosa.

A contaminação fúngica das matérias-primas causa danos como: alterações físicas e organolépticas, como descoloração do germen e outras partes dos grãos, alterações características de odor e palatabilidade, emboloramento, fermentação e apodrecimento, parcial ou completo; redução de

peso, decorrente da ação dos fungos sobre a matéria seca, principalmente lipídeos, que causa diminuição de seu teor energético e de seu valor nutricional; e, contaminação com toxinas fúngicas, as micotoxinas.

A ingestão de micotoxinas, através do uso de ingredientes e rações contaminados pode causar alterações no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos, que resultam em perdas de desempenho produtivo como redução de ganho de peso, piora da conversão alimentar e diminuição nas taxas de proteína (HSIEH, 1979; PONT et al., 1989).

A ação das micotoxinas também causa alterações nos mecanismos de imunogênese e de resistência às enfermidades, que resultam em menor eficiência de anticoccidianos, antibióticos e vacinas, redução da imunidade, maior susceptibilidade às doenças, aumento de problemas reprodutivos e aumento da mortalidade (PIER et al., 1979; PONT et al., 1989).

Segundo SANTÚRIO (1997), as aflatoxinas, a ocratoxina e a zearalenona são consideradas as toxinas que mais ocorrem em grãos e o milho e o amendoim os ingredientes que apresentam maior contaminação por micotoxinas.

Aproximadamente 25% do milho produzido no Brasil está contaminado com aflatoxinas, principalmente na região sul do país. Deste montante, estima-se que 15% estejam contaminados com níveis superiores a 20 ppb, suficientes para prejudicar de forma significativa, o desempenho de aves e suínos (SANTÚRIO, 1996).

A infestação fúngica e a produção de toxinas em cereais podem ocorrer em qualquer ponto da cadeia de produção, como na lavoura, colheita, processamento e armazenamento. Ataques de insetos, ainda no campo, atraso na colheita e danos mecânicos afetam a integridade dos grãos e proporcionam condições favoráveis ao desenvolvimento dos fungos, podendo acelerar a deterioração do produto armazenado (SANTÚRIO, 1996; KRABBE, 1999).

A melhor forma de impedir as perdas nutricionais e a produção de micotoxinas está no controle de crescimento dos fungos, pelo controle das matérias-primas da cultura ao armazenamento (SANTIN, 2000).



Segundo KRABBE (1999), alterações no conteúdo de lipídeos do milho, de 1%, que corresponderiam a uma perda aproximada de 27% de seu teor lipídico total, podem representar reduções de 1,7% na conversão alimentar de suínos e frangos de corte em crescimento.

KRABBE et al. (1994a) conduziram um experimento com o objetivo de estudar os efeitos do armazenamento, por 62 dias, em diferentes níveis de umidade, e do uso de antifúngicos sobre os teores de gordura bruta e a densidade do milho. Os grãos armazenados com alto teor de umidade ou com a utilização de antifúngicos no final do armazenamento tiveram redução significativa de seus teores de gordura bruta e densidade, causados pela ação dos fungos e os autores concluíram que, sob condições favoráveis, o desenvolvimento de fungos em grãos de milho armazenados resulta em perda de sua qualidade, que podem ser evitadas pela utilização de substâncias antifúngicas, como o ácido propiônico.

KRABBE et al. (1994b) conduziram um experimento utilizando frangos de corte de 1 a 19 dias de idade, com o objetivo de avaliar o desempenho dos animais alimentados com rações elaboradas a partir de grãos de milho armazenados sob diferentes condições de umidade, com a utilização ou não de agentes antifúngicos. Foram avaliados, também, características morfológicas de tecidos das aves. O ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar, os peso da carcaça, fígado e coração e as relações fígado: carcaça e coração: carcaça, não diferiram entre si, para os diversos tratamentos utilizados. Os autores concluíram que, apesar da presença dos fungos ter reduzido a qualidade nutricional dos grãos, não foram verificadas diferenças significativas no desempenho das aves.

Com o objetivo de estudar o efeito de um produto antifúngico comercial, como inibidor do desenvolvimento de fungos em grãos armazenados com diferentes níveis de umidade, KRABBE et al. (1995a) conduziram um experimento em que avaliaram o peso específico e os teores de proteína e gordura brutas de grãos armazenados por até 60 dias. Foram verificadas

reduções nos teores de gordura bruta e no peso específico dos grãos armazenados sem a utilização do produto comercial, nos diferentes teores de umidade de armazenamento. Os autores concluíram que o produto comercial avaliado foi efetivo no controle da atividade fúngica, em grãos armazenados com 15 e 17% de umidade.

KRABBE et al. (1995b) conduziram um experimento para determinar os valores de energia metabolizável aparente, corrigida pelo balanço de nitrogênio, para frangos de corte, de grãos de milho armazenados sob diferentes condições de umidade, com ou sem a utilização de agentes antifúngicos. Foram utilizados dois grupos de frangos de corte, mantidos em gaiolas metabólicas. O primeiro grupo foi alimentado de 1 a 21 dias com dieta sem atividade fúngica e isenta de micotoxinas e o segundo grupo foi alimentado com dietas elaboradas com o mesmo milho utilizado para a determinação de EMAn, armazenado sob diferentes condições, por 60 dias. Os valores de EMAn do milho, determinados no primeiro grupo de aves não diferiram estatisticamente. No entanto, a EMAn do milho armazenado a 12% de umidade foi 175 Kcal/kg, na base da matéria seca, menor que o do milho armazenado com 18% de umidade. No segundo grupo de aves, que representava o efeito cumulativo de rações contendo fungos foram observadas diferenças significativas nos valores de EMAn, que chegaram a, aproximadamente, 800 Kcal/kg de matéria seca, entre os milhos armazenados com 12 e 18% de umidade. Os autores concluíram que os animais alimentados com milho atacado por fungos tiveram um menor aproveitamento da fração energética dos grãos, provavelmente por algum comprometimento do sistema digestivo.

Resultados diferentes foram obtidos por JOST et al. (1996), que não encontraram diferenças significativas dos valores de EMAn, determinados em frangos de corte, de grãos de milho armazenados com 17,5% de umidade, com ou sem a adição de ácidos orgânicos.

### **2.14.3. Ataques de insetos**

Várias espécies de insetos alimentam-se dos grãos de milho, sendo que as principais pragas que atacam o milho armazenado são o *Sitophilus zeamais*, conhecido como gorgulho ou caruncho-do-milho e a *Sitotroga cerealella*, conhecida como traça-dos-cereais. As principais conseqüências do ataque dos insetos sobre o milho são: reduções do poder germinativo e do vigor das sementes; perda de peso dos grãos; maior exposição dos grãos atacados à ação dos fungos; e, redução de seu valor nutritivo.

Segundo SOUZA (1999), o ataque de carunchos ao milho armazenado pode resultar em perdas de peso que variam de 3 a 32%, em função dos níveis de infestação. Além disso, os níveis de infestação e de danos causados ao milho podem alterar sua classificação, reduzindo seu valor de comercialização.

O ataque de insetos aos grãos facilita a contaminação e o desenvolvimento de fungos. Além de danificar o tegumento dos grãos e transportar os esporos fúngicos para o interior dos grãos, os insetos produzem gás carbônico e água, que aumentam o teor de umidade e a respiração dos grãos, e resultam em aumento da temperatura, criando condições favoráveis ao desenvolvimento dos fungos. Assim, o aumento do nível de grãos atacados por fungos é, normalmente, precedido por infestações de insetos. (LÁZZARI, 1993; SOUZA, 1999).

Castro et al. (1983), citados por ROSTAGNO (1993) utilizaram galinhas poedeiras para a avaliação do efeito do armazenamento do milho, com presença de carunchos e verificaram redução do teor de metionina sem haver, no entanto, redução na digestibilidade da metionina e do triptofano. Apesar dos valores de EMAn não diferirem, estatisticamente, foram encontradas diferenças de 122 Kcal/kg de matéria seca, entre os milhos normal e carunchado.

Tafari et al. (1987), citados por ROSTAGNO (1993) avaliaram o milho Opaco-2, recém-colhido e armazenado por período de um ano, com a presença de carunchos. Ao avaliarem os milhos, verificaram que o carunchamento dos grãos resultou em diminuição dos teores de metionina e do total de aminoácidos e da digestibilidade da lisina.

De acordo com LOPES et al. (1988), o armazenamento de milho em condições inadequadas pode resultar em perdas de seu valor quantitativo e qualitativo, devido ao ataque de pragas e fungos. Assim, com o objetivo de avaliar os efeitos da infestação de 5

a 50% de carunchos sobre o milho, conduziram um experimento e verificaram que o aumento do nível de carunchamento resultou em reduções de até 13% no peso dos grãos, além de reduções nos valores de densidade e de energia bruta dos mesmos. Foram observados aumentos da proteína e da fibra brutas e redução na energia bruta do milho. Não foram observados efeitos do nível de carunchamento sobre a matéria seca, nem foram encontradas modificações nos níveis de aminoácidos como lisina e metionina. No entanto os teores de aminoácidos não essenciais aumentaram devido ao carunchamento.

LOPES et al. (1990b e 1991) conduziram dois experimentos com o objetivo de determinar a digestibilidade da matéria seca, a absorção e a retenção de nitrogênio e os valores de energia digestível e metabolizável de milhos carunchados, em níveis de 5 a 50%, com suínos em crescimento e em terminação. Não foram observadas alterações significativas na digestibilidade da matéria seca e na absorção de nitrogênio, em função dos tratamentos utilizados, nos suínos em crescimento ou em terminação. A retenção de nitrogênio, em relação ao ingerido, foi significativa apenas para os animais em terminação, com níveis elevados de carunchamento resultando em redução na retenção de nitrogênio. Os valores de energia digestível e de energia metabolizável, tanto para suínos em crescimento quanto em terminação, foram reduzidos linearmente, devido ao efeito do carunchamento. Para os suínos em crescimento, houve reduções de 9,6 e 9,71 Kcal/g nos valores de energia digestível e de energia metabolizável, respectivamente, para cada 1% de aumento no nível de carunchamento do milho. Para os suínos em terminação, a energia digestível e a energia metabolizável foram reduzidas em 8,42 e 8,44 Kcal/g, respectivamente, para cada 1% de aumento no nível de carunchamento.

Entretanto, LOPES et al. (1990a) ao conduzirem um experimento com o objetivo de estudar os efeitos do nível de carunchamento, de 5 a 50%, sobre o desempenho de suínos em crescimento e em terminação, não observaram efeitos de tratamento sobre o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar, nas diversas fases estudadas.

STRINGHINI et al. (1993) conduziram um experimento com o objetivo de avaliar o desempenho de frangos de corte, de 1 a 28 dias, alimentados com rações formuladas à base de milho infestado por insetos. Foram utilizados três tratamentos: controle; milho infestado por insetos, em 20%; e milho infestado por insetos, em 40%. Não foram observadas diferenças estatísticas, entre os diversos tratamentos, no ganho de peso, na conversão alimentar e nas relações peso de fígado, peso de pâncreas e peso de bursa:peso corporal.

SOUZA (1999) conduziu uma série de experimentos com o objetivo de estudar os efeitos do nível de carunchamento sobre a composição química, a digestibilidade de nutrientes e a energia do milho para suínos em crescimento. O aumento do nível de carunchamento resultou em aumentos lineares dos teores de matéria seca, fibra bruta e cinzas. Foram observados efeitos quadráticos sobre o extrato não-nitrogenado, a gordura, a proteína bruta a densidade e a energia bruta do milho. Com o aumento do nível de carunchamento, foram observadas alterações na composição aminoacídica do milho. No entanto, não foram detectadas micotoxinas como aflatoxina, ocratoxina e zearalenona. A elevação do nível de carunchamento reduziu a digestibilidade do extrato etéreo e a energia digestível do milho, mas não resultou em alterações da digestibilidade da proteína bruta, da fibra bruta e da energia metabolizável.

STRINGHINI et al. (2000) conduziram um experimento com o objetivo de avaliar os efeitos do uso de milho de qualidade nutricional reduzida pela ação de insetos e fungos utilizados nas rações iniciais de frangos de corte e seus efeitos sobre o desempenho das aves. Foram utilizados cinco tratamentos, em que as rações foram formuladas com milho não infestado, milho infestado em 20 e 40%, por insetos e milho infestado em 20 e 40%, por fungos. O ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar, nas diferentes fases e no período total de criação, não foram influenciados pelos diversos tratamentos utilizados. As relações entre pesos de órgãos, como bursa e fígado e o peso corporal, foram influenciadas pelos tratamentos, principalmente no nível mais alto de infestação fúngica. Verificou-se um aumento na ocorrência de problemas de

pernas e lesões hepáticas dos animais alimentados com rações contendo milhos infestados por insetos e fungos. Os autores concluíram que, apesar da infestação do milho com insetos ou fungos não ter influenciado o desempenho das aves, a maior incidência de problemas metabólicos verificada pode aumentar a taxa de condenações de carcaça e que a preocupação com a qualidade do milho, devido a sua alta inclusão nas rações de frangos de corte, pode resultar em maior número de aves abatidas e melhor qualidade de carcaças.

#### **2.14.4. Grãos imaturos fisiologicamente**

Nos Estados Unidos, a densidade é a principal medida de avaliação da qualidade dos grãos de milho e é utilizada juntamente com a análise de grãos danificados, quebrados e matéria estranha (LEESON e SUMMERS, 1997). A densidade de grão é utilizada comercialmente para estabelecer classificação e preços de mercado. A densidade também é utilizada como critério para avaliação de sua qualidade nutricional. Em alguns casos, como aveia, trigo, cevada e sorgo, existe alta correlação entre a densidade e sua qualidade nutricional, principalmente relacionadas a seus valores de energia e proteína bruta.

Segundo LÁZZARI (1993), a densidade é de pouca valia para milho e soja e não representa qualidade nutricional. Assim, em alguns trabalhos observa-se baixa correlação entre densidade e teores de EM no milho (LILBURN, 1996).

Sob condições adversas de desenvolvimento da planta, a redução na densidade está associada à redução nos teores de amido e nos valores energéticos dos grãos. Em situações em que o milho, sorgo e o trigo sofrem ações de geadas ou colheita precoces e não atingem seu ponto de maturidade fisiológica, ocorrem reduções no acúmulo de amido nos grãos e a densidade e o conteúdo de EM são reduzidos (NRC, 1994).

Segundo DALE (1994), existe um número limitado de relatos na literatura sobre a relação entre densidade e energia metabolizável do milho. Nestes trabalhos não foram estabelecidas relações entre baixas densidades e reduções dos valores de energia

metabolizável ou de desempenho dos animais. No entanto, em um trabalho desenvolvido no Canadá, 26 amostras de milho foram avaliadas e foi detectada relação positiva entre a energia metabolizável e a densidade. Neste trabalho, foi observado que, para cada libra de redução no peso bushel, havia uma perda de 6 Kcal/kg. Segundo LESSON e SUMMERS (1997) estas perdas podem chegar a 15 Kcal/kg, para cada libra de redução no peso bushel.

A densidade, no entanto, não apresenta alta correlação com os teores de aminoácidos, portanto, não devendo ser utilizada para a avaliação da qualidade dos grãos, com relação a qualidade de seu perfil aminoacídico.

Lilburn e Dale, 1989, citados por DALE (1994) avaliaram grãos de milho com densidades normal e baixa e verificaram que os grãos de baixa densidade apresentaram maior teor de proteína bruta. Este aumento, no entanto, não resultou em aumento do teor de aminoácidos como metionina, cistina e lisina, que levaram os autores a concluir que o teor de aminoácidos de grãos de baixa densidade não deve ser corrigido em função do aumento de proteína bruta.

Baidoo et al. (1991), citados por ROSTAGNO (1993), avaliaram grãos de milho com densidades variando entre 60 e 72 kg/hL e verificaram que os teores de proteína e de fibra brutas aumentaram linear e inversamente à densidade dos grãos. O teor de amido e o valor energético dos grãos diminuíram linear e diretamente à densidade dos grãos. Os autores concluíram, no entanto, que grandes reduções na densidade dos grãos resultam em pequenas reduções em seus valores de energia metabolizável.

ROSTAGNO (1993) argumenta, no entanto, que devido à grande inclusão de milho nas rações de aves, reduções nos valores energéticos do milho, mesmo que em pequena porcentagem, como os 4% obtidos por Baidoo et al. (1991), resultam em redução do peso final e na piora da conversão alimentar de modo que as possíveis perdas pela utilização de grãos chochos não podem ser desconsideradas pela indústria de rações.

Entretanto, segundo DALE (1994), a densidade é de utilidade prática limitada, porque diversos outros fatores afetam a energia metabolizável. Mas, não é ilógico

assumir uma energia metabolizável ligeiramente mais baixa em grãos com densidades menores que os valores usuais.

#### **2.14.5. Outras causas de avarias nos grãos**

Além das causas de avarias citadas anteriormente, o ataque de bactérias, ratos e outras pragas também afetam a qualidade dos grãos de milho, devendo ser considerados.

#### **2.15. Total de avarias aos grãos**

De modo geral, pode-se subdividir uma partida de milho, de acordo com suas avarias, em diversas frações: grãos inteiros; grãos quebrados; fragmentos de grãos e impurezas; grãos atacados por insetos; grãos atacados por fungos, brotados e queimados; grãos chochos; grãos avariados por diversas causas; e, matéria estranha.

Consideram-se impurezas, quaisquer partes do milho, com exceção de grãos inteiros, de grãos quebrados e de fragmentados. Assim, pedaços de sabugo, palha e partículas finas, originadas da quebra e fragmentos dos grãos são considerados impurezas.

Sementes e partes de outras plantas, detritos vegetais, sujidades e corpos estranhos, de qualquer natureza, são considerados matérias estranhas. A descrição completa, segundo as normas vigentes, da especificação do milho é apresentada no apêndice A.

Embora didática esta subdivisão permite a avaliação dos grãos, segundo as principais causas de avarias, e contempla as normas brasileiras vigentes.

Segundo levantamento do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (1999), o milho brasileiro apresenta alto percentual de ocorrência de grãos avariados. No Quadro 3, é apresentado um resumo da ocorrência de grãos avariados, provenientes de estados que produzem e comercializam mais de 80% do milho brasileiro.



No entanto, mais importante que a simples classificação do milho, quanto ao tipo, são a avaliação e a quantificação destas avarias sobre a qualidade nutricional dos grãos e sobre a produtividade animal.

Quadro 3 - Total de grãos de milho avariados, em alguns dos principais estados produtores do Brasil, segundo o Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Estado	Ocorrência de grãos avariados (%)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
PR	99,7	98,8	81,7	38,9	15,3	5,6	2,6	0,9
RS	100,0	100,0	84,0	49,0	20,0	4,0	1,0	0,0
GO	99,4	91,8	44,7	10,6	4,1	1,8	1,2	0,9
MT	100,0	98,0	69,4	6,1	2,0	0,0	0,0	0,0
MS	100,0	95,3	70,5	39,6	18,8	10,7	6,0	0,0
MG	97,5	58,7	28,7	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SC	100,0	92,5	80,0	47,5	22,5	7,5	5,0	2,5
BR	99,5	90,7	65,6	29,3	12,4	5,3	2,6	0,8

Como comentado anteriormente, o ataque de fungos e de insetos e a ocorrência de danos mecânicos e de grãos imaturos causam perdas energéticas aos grãos de milho, reduzindo seu valor nutricional. Apesar de sua importância, os fatores que afetam sua qualidade e seu valor nutricional têm recebido pouca atenção e os nutricionistas, em geral, têm-se contentado em aceitar um valor arbitrário para a energia do milho, enquanto mudam o valor da proteína bruta, de acordo com os resultados obtidos em laboratório. No entanto, pela importância da energia, na nutrição animal, é importante que se corrijam os valores nutricionais do milho, de acordo com suas avarias.

## 2.16. Importância da energia

A energia não é um nutriente, mas uma propriedade de geração ou rendimento de energia dos nutrientes, quando estes são oxidados no metabolismo animal (NRC, 1994). Segundo TARDIN (1995), a energia é uma característica do animal ao qual a dieta e seus componentes são fornecidos, sendo dependente de seu estado sanitário, das condições ambientais e de sua maturidade fisiológica.

Os valores energéticos de um alimento dependem, na essência, de seus componentes orgânicos e são expressos de diferentes formas, como: energia bruta, energia digestível, energia metabolizável, aparente ou verdadeira, e energia líquida, de manutenção ou de produção. As formas mais comuns de expressão do valor energético dos alimentos são a energia digestível e a energia metabolizável aparente, corrigida pelo balanço de nitrogênio, para suínos e aves, respectivamente (NRC, 1994, 1998).

A existência de diferenças substanciais entre valores analíticos, como os valores energéticos, na maioria dos alimentos, pode ser atribuída, entre outros fatores: às variações da amostragem do alimento; à idade do animal; aos métodos de determinação; ao cultivo e origem de produtos de origem vegetal; ao processamento e composição de produtos e subprodutos de origem animal; à linhagem; à temperatura; à composição da dieta; ao consumo e à forma física da ração; ao processamento dos ingredientes; e, às variações de determinações intra e entre laboratórios (DOLZ, 1991; ALBINO et al., 1992; ALBINO e SILVA, 1996; CROMWELL et al., 1999; PENZ et al., 1999; CROMWELL et al., 2000).

A energia é um dos nutrientes mais caros das rações de frangos de corte. Considerando que a energia do alimento representa 70% de seu custo, mais de 40% dos custos de produção são diretamente atribuíveis à energia disponibilizada para as aves.

O nível energético interfere no resultado de desempenho animal, de modo significativo. O aumento do nível de energia das rações resulta em maior ganho de peso e melhor conversão alimentar. No entanto, a definição do nível de energia das rações deve considerar a maximização do retorno econômico, além do desempenho produtivo.

Segundo Sibbald, 1980, citado por ALBINO e SILVA (1996), a relação entre a necessidade energética e o consumo é a pedra fundamental da formulação prática de rações e, uma vez que a relação energia:nutriente seja determinada, previamente, o consumo de nutrientes pode ser regulado. Esta abordagem, na formulação de rações, baseia-se no conceito de que os animais tendem a alimentar-se para a satisfação de seus requerimentos energéticos, considerando-se que, com relação aos níveis dos outros nutrientes, a ração esteja adequadamente balanceada (DENBOW, 1989; GONZALES, 1994; MACARI et al., 1994).

Assim, o nível de energia dietética é, freqüentemente, usado como base para o ajuste das concentrações da maioria dos nutrientes da dieta e a efetividade deste método de formulação de rações, é dependente da precisão e da exatidão obtidas nas determinações dos valores de energia dos alimentos. A regulação do consumo de energia, tanto para frangos de corte quanto para galinhas poedeiras, é mais precisa quando são fornecidas rações com baixo conteúdo energético.

Segundo ROSTAGNO (1990), as exigências nutricionais variam com a idade das aves. Assim, a melhor forma de representar as exigências nutricionais dos frangos de corte seria através de equações lineares, do tipo  $y = a + bx$ , em que  $y$  é a quantidade de nutriente, em %, por 1.000 Kcal de energia metabolizável e  $x$  é a idade média das aves, no período em que a ração é fornecida. O uso destas equações facilita a elaboração de diferentes planos de alimentação, com diferentes fases, sem afetar o desempenho das aves. Outro aspecto interessante do uso destas equações é a possibilidade de ajustar os nutrientes a diferentes níveis de energia metabolizável da ração, de modo a possibilitar maior flexibilidade na tomada de decisões, em função das condições de mercado, com relação a preços de ingredientes, custo de rações, qualidade, oferta e preço dos produtos finais etc.

No entanto, o frango de corte moderno é selecionado para consumir ração em função de sua capacidade gastrointestinal e as mudanças de consumo de ração não são proporcionais às mudanças de seu conteúdo energético, principalmente quando os frangos de corte consomem rações com nível energético moderado ou alto. Portanto, a concentração de nutrientes, em relação ao conteúdo energético, é questionável em

frangos de corte, apresentando-se mais adequada e aplicável para poedeiras leves, alimentadas com dietas de baixo valor energético (JUNQUEIRA e ARAÚJO, 1999).

Assim, o uso de rações, em que as relações energia:proteína bruta ou energia:aminoácidos são consideradas, precisa ser cuidadosamente avaliado, com o reconhecimento de suas limitações.

Como as formulações atuais relacionam os níveis de nutrientes e de energia, qualquer erro na energia estabelecida para a dieta compromete o consumo dos demais nutrientes. Este desbalanceamento entre os níveis de energia e de nutrientes encarece a ração, sem resultar em melhora de desempenho dos animais, além de aumentar a excreção de nutrientes nos dejetos, acentuando seu impacto ambiental e problemas decorrentes. Além disso, a qualidade dos produtos finais da produção animal também é afetada negativamente (PENZ JR., 1995).

Devido ao alto custo e importância da energia, a determinação exata dos valores energéticos de cada ingrediente tem sido uma das principais preocupações dos nutricionistas, uma vez que os ingredientes são incluídos ou rejeitados nas fórmulas de mínimo custo, em função de seu conteúdo de energia (LIMA, 1996b). Além disso, a melhora da formulação energética aumenta a eficiência com que se utilizam os demais nutrientes.

## **2.17. Determinação de valores de energia**

A determinação dos valores energéticos dos alimentos pode ser feita de modo direto, através de ensaios com animais, ou de modo indireto, por meio de equações de predição, ou por meio de técnicas fisicoquímicas.

### **2.17.1. Determinação direta**

A determinação direta do conteúdo de energia digestível e de energia metabolizável de alimentos, realizada através de ensaios com animais, apesar de bastante acurada, é atividade demorada, trabalhosa e cara. Como consequência, apenas um

número limitado de amostras pode ser avaliado e os resultados obtidos são extrapolados para rações ou ingredientes similares.

Segundo ROSTAGNO (1990), na indústria de rações, nem sempre é possível a utilização de bomba calorimétrica e a execução de metodologias experimentais para a determinação dos valores energéticos dos alimentos. Além disso, sua utilização rotineira, para o controle de qualidade de fábricas de ração, em que as informações sobre o valor nutricional do alimento são requeridas em curto prazo de tempo, é praticamente impossível.

### **2.17.2. Determinação indireta**

O desenvolvimento de métodos indiretos de determinação de valores energéticos das matérias-primas, usualmente pelo estabelecimento de relações entre um ou mais parâmetros químicos, tem despertado o interesse de pesquisadores, pois embora menos acurados, são bem mais simples e baratos que as metodologias *in vivo*, não requerem a manutenção de animais e de instalações para testes e os dados preditivos podem ser obtidos na maioria dos laboratórios de controle de qualidade (SCOTT et. al., 1982; WISEMAN e COLE, 1985).

Segundo CARRÉ (1990), nos últimos 50 anos, houve grande melhoria na exatidão das equações de predição da energia metabolizável aparente de alimentos para aves, principalmente devido: ao aprimoramento das técnicas *in vivo* de determinação da energia metabolizável; à escolha adequada dos parâmetros a serem incluídos nas equações; à análise, em separado, de rações e matérias-primas; à utilização de análises de regressão múltipla, em substituição às análises de regressão simples; e, à melhoria das técnicas e métodos analíticos, especialmente com relação aos carboidratos.

A utilização de equações de predição, baseadas em parâmetros físicos e químicos, é uma alternativa rápida e econômica de estimar os valores de energia dos alimentos, e o uso dessas equações pode ser uma ferramenta importante para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, de tal forma que os valores energéticos possam ser corrigidos, de acordo com as variações da composição química dos alimentos (ROSTAGNO, 1990).

Segundo PENZ et. al. (1999) a utilização de equações de predição para a correção dos valores energéticos dos alimentos, em função de variações em sua composição química é uma alternativa prática e viável para nutricionistas que não dispõem de outros meios de determinar os valores de energia dos ingredientes usados em rações e ajusta-se bem aos procedimentos de controle de qualidade rotineiros, possibilitando a formulação de rações de maneira mais precisa, se comparada à formulação baseada em valores apresentados em tabelas de composição nutricional de alimentos. No entanto, segundo SIBBALD (1989), parece improvável que os métodos indiretos possam gerar dados com qualidade, de modo a substituir os ensaios biológicos.

As equações de predição apresentam menor acurácia na obtenção de valores energéticos que os métodos *in vivo*, de modo que, quando a medição mais exata do conteúdo energético se faz necessária, os métodos de determinação direta são, ainda, os mais confiáveis e preferidos.

As equações de predição têm sido desenvolvidas com base em mensurações químicas, como as obtidas por meio da análise proximal, de mensurações de digestibilidade dos nutrientes, obtidos *in vitro* ou *in vivo*, e de mensurações de características físicas (CARRÉ, 1991; McNAB, 1991; LEESON e SUMMERS, 1997).

O uso de nutrientes digestíveis na predição dos valores energéticos dos alimentos tem resultado em melhor acurácia das estimativas. Entretanto, a determinação dos coeficientes de digestibilidade *in vivo* requer procedimentos semelhantes aos empregados na determinação direta de energia metabolizável e digestível, o que limita sua utilização. O uso de coeficientes de digestibilidade provenientes de tabelas, apesar de ser uma interessante alternativa, poderia, segundo WISEMAN e COLE (1985), resultar em erros significativos. Assim, considerável atenção tem sido dada ao desenvolvimento de métodos de digestibilidade *in vitro* (FULLER, 1991).

A utilização de medições físicas, como a densidade, tem sido restrita a cereais integrais, mas tem resultado em limitado sucesso nas estimativas do valor energético destes ingredientes.

As mensurações físico-químicas, como as espectrofotométricas, têm sido desenvolvidas, nos últimos tempos e apresentam enorme potencial de utilização na determinação de valores de energia de ingredientes e rações.

A combinação de diversas mensurações químicas tem permitido grande sucesso na obtenção de equações de predição. Usualmente as equações são baseadas nos componentes da análise proximal.

## 2.18. A análise proximal

A análise proximal, também conhecida como método de Weende, foi desenvolvido na Alemanha, em 1864. Os alimentos analisados são divididos em 6 frações: água, extrato etéreo, proteína bruta, cinzas, fibra bruta e extrato não-nitrogenado. Apesar de ser o mais utilizado para a avaliação de ingredientes de rações para aves e suínos, é alvo de diversas críticas, relacionadas às metodologias utilizadas para a separação das frações e as frações, propriamente ditas, comentadas a seguir:

- **Água:** pelos métodos usualmente empregados, o conteúdo de água de um alimento pode incluir, também, compostos voláteis, principalmente, ácidos graxos de cadeia curta, que alterariam os valores verdadeiros da água e da matéria seca.
- **Extrato etéreo:** os métodos utilizados não removem, totalmente, a gordura dos alimentos, principalmente fosfolípidos e lipoproteínas, subestimando seus valores;
- **Proteína bruta:** a determinação da proteína bruta envolve a mensuração do conteúdo de nitrogênio do ingrediente e sua multiplicação pelo fator 6,25, obtido pela constatação de que, em média, uma proteína pura possui 16% de nitrogênio. Assim, considera-se que todo o nitrogênio presente na amostra é protéico, o que não corresponde à realidade. Outro problema relacionado a esta fração é que sua determinação não possibilita estimativas da qualidade protéica dos ingredientes, com relação a seu perfil de aminoácidos;
- **Cinza:** é o resíduo inorgânico da amostra, obtido após combustão completa dos compostos orgânicos. As críticas a esta fração referem-se à formação de óxidos voláteis de arsênio e selênio, à temperatura de combustão, que resultam em perdas e subestimam a fração;

- **Fibra bruta** refere-se aos resíduos orgânicos insolúveis, após sucessivos tratamentos termoquímicos. É um indicador de carboidratos não-solúveis presentes na dieta, acrescido de lignina insolúvel. Foi desenvolvido com o intuito de diferenciar carboidratos solúveis e não-solúveis, baseando-se na pressuposição de que estes carboidratos apresentam diferentes valores de digestibilidade. Esta fração é uma aproximação grosseira do material não-digestível dos alimentos. Sua importância, relativa, é tanto maior quanto maior é a capacidade dos animais em aproveitá-la. Para solucionar as deficiências inerentes a esta fração, foi desenvolvido o método de VAN SOEST, em 1967, que do ponto de vista nutricional, separa melhor os diversos componentes da fração fibrosa;

- **Extrato não-nitrogenado**: é considerado a medida dos carboidratos solúveis e prontamente digestíveis do alimento. A principal crítica a esta fração é oriunda da forma como esta é obtida. Após a determinação das demais frações, a fração extrato não-nitrogenado é calculada segundo:  
$$ENN = 100 - \text{água} - \text{proteína bruta} - \text{extrato etéreo} - \text{fibra bruta} - \text{cinzas}.$$

Assim, esta fração carrega os erros de determinação de todas as outras frações, além de não ser, estatisticamente, independente, o que pode resultar em erros quando da utilização de modelos de regressão.

Uma crítica adicional ao método diz respeito ao fato de que algumas características das matérias-primas, como presença de fatores antinutricionais, palatabilidade e variação na digestibilidade dos nutrientes não são detectadas na análise proximal.

A análise proximal não é uma medida precisa do valor nutricional de um alimento, sendo útil, no entanto, para indicar a utilidade deste alimento para a alimentação animal. Quando aliada a outras medições, a análise proximal torna-se uma ferramenta importante na avaliação da qualidade nutricional de matérias-primas e rações.

Entretanto, após mais de 100 anos de uso, constata-se que, apesar da nutrição ter-se especializado e tornado mais científica, e das críticas de que é alvo, a análise



proximal não encontra substitutos de uso e aplicação fáceis, até o momento (SCOTT et al., 1982; SILVA, 1990; ROSTAGNO, 1994).

Algumas modificações têm sido introduzidas, na tentativa de obtenção de estimativa mais exatas da qualidade de um ingrediente, como a substituição da fração extrato etéreo por extrato etéreo ácido, a utilização de fibras extraídas pelo uso de detergentes, ao invés da fibra bruta e, a utilização de carboidratos solúveis, em substituição ao extrato não-nitrogenado, considerado inadequado para ser utilizado como variável independente, em análises de regressão. A efetividade destas modificações, no entanto, não está clara e não parece haver vantagens consistentes da utilização de diferentes parâmetros analíticos nas equações de predição, quando comparados aos parâmetros tradicionais, obtidos através da análise proximal.

### **2.19. Limitações do uso de equações de predição**

De modo geral, as equações de predição são de limitada aplicação para ingredientes em que não são encontradas grandes variabilidades em ambas as variáveis dependentes e independentes. No entanto, em situações em que a variabilidade é significativa, as equações são de considerável valor.

Segundo Batterham et al., 1980, e Wiseman e Cole, 1980, citados por WISEMAN e COLE (1985), o uso de valores tabelados de energia digestível e energia metabolizável para cereais resulta em melhor exatidão que o uso de valores obtidos por meio de equações de predição. No entanto, os autores sugerem que, no caso de grãos danificados por condições ambientais, por exemplo, as equações de predição podem ser de grande utilidade.

A presença de fatores antinutricionais, variações na digestibilidade dos nutrientes e a palatabilidade dos alimentos podem influenciar os valores de energia obtidos e podem resultar em baixa exatidão das equações de predição.

Uma dificuldade adicional na predição de valores energéticos de matérias-primas está relacionada à limitada amplitude de valores nos parâmetros analíticos de amostras experimentais, pois a pequena amplitude nos valores analíticos resulta, freqüentemente, em coeficientes de regressão com altos desvios-padrão e baixa

confiabilidade. Além disso, os parâmetros analíticos de cada matéria-prima, geralmente, apresentam altas correlações entre si, gerando problemas de colinearidade. Como conseqüências, apenas alguns parâmetros podem ser incluídos nas equações e o uso destas equações deve ser limitado à amplitude de valores observados no experimento utilizado como base para a obtenção das equações (CARRÉ, 1990).

Para as equações de predição serem economicamente viáveis, o número de componentes utilizados e a complexidade das análises a serem realizadas devem ser mantidos em níveis razoáveis.

Apesar de grande número de estudos ter sido conduzido para a determinação de relações entre composição química e valores energéticos de rações e ingredientes de rações, poucos estudos foram reportados sobre a aplicabilidade das equações desenvolvidas, de modo que é difícil saber o grau de confiança que se pode ter nas equações disponíveis. Assim, valores de  $R^2$  obtidos na elaboração das equações possibilitam a estimativa do ajuste da equação aos dados originais, mas não, necessariamente, indicam a exatidão da equação na predição de valores de matérias-primas ou rações em outros dados que não os originais.

A acurácia das equações é de importância indiscutível. No entanto, deve-se considerar que pequenas reduções na exatidão são mais que aceitáveis, caso resultem em melhorias consideráveis na velocidade das análises e no processo de controle de qualidade ou, ainda, em reduções de custo, caso seja possível estabelecer relações que indiquem que os valores de energia dos alimentos possam ser estimados a partir de mensurações químicas.

## **2.20. Análise de correlação**

Em situações experimentais e não-experimentais é comum haver uma grande quantidade de informações, na forma de variáveis, que apresentam alguma relação entre si. Com o intuito de melhor compreender estas variáveis, busca-se a expressão da relação funcional entre elas. De modo particular, busca-se uma função matemática que indique como as variáveis estão interrelacionadas. Adicionalmente, pode ser de interesse indicar, por meio de uma medida quantitativa, o grau de relacionamento entre as

variáveis. A técnica de análise usada para o estabelecimento do grau de associação entre as variáveis é chamada análise de correlação (OSTLE e MALONE, 1988).

Em estudos de correlação, as interpretações de causa e efeito não podem ser feitas de modo seguro, ou seja, o fato de duas variáveis estarem relacionadas não significa que entre elas exista uma relação de causa e efeito.

O estudo de correlação entre variáveis é útil para a descrição das variáveis, para a predição de informações sobre as variáveis em estudo e para a verificação do grau em que as variáveis estão associadas (KACHIGAN, 1991).

As aplicações práticas da análise de correlação são: estudo de variáveis-chave e variáveis a ela relacionadas; seleção de variáveis para análises estatísticas mais completas ou para o desenho de novos experimentos; geração e confirmação de hipóteses; predição de comportamento de variáveis; avaliação da repetibilidade e validade dos dados; avaliação e seleção de variáveis substitutas às variáveis-chave ou que resultem em redução de custo.

A análise de correlação é útil em um trabalho explanatório dos dados, em que se procura determinar que variáveis são potencialmente importantes e o grau de associação ou de relacionamento entre duas variáveis (LOPES, 1999).

A correlação entre duas variáveis poderá ser calculada quando se deseja saber se a variação de uma delas acompanha direta ou inversamente a variação da outra variável. A medição do grau de relacionamento entre as variáveis, é obtida através do coeficiente de correlação,  $R$ . Em alguns casos, quando se deseja saber a variância compartilhada entre duas variáveis, calcula-se o coeficiente de determinação,  $R^2$  (DORIA FILHO, 1999). A significância estatística do coeficiente de correlação é obtida através de tabelas de valores críticos ou através da definição do intervalo de confiança (SAMPAIO, 1998).

A observação inicial de correlações pode evidenciar associações reais sem que haja dependência entre as variáveis e que seriam definidas e tratadas como correlações, ou associações reais que permitem a percepção de dependência de uma delas em relação à outra e que seriam definidas e tratadas como modelos matemáticos (SAMPAIO, 1998).

A percepção e a interpretação da correlação entre duas variáveis são as mais importantes ferramentas para o planejamento de ensaios experimentais e para a resolução de modelos matemáticos. A correlação descreve a associação entre duas variáveis, não definindo a relação de causa ou consequência entre elas. A correlação é utilizada quando se deseja estudar quão consistentemente duas variáveis mudam em conjunto e quando isto ocorre, diz-se que há uma correlação ou covariação entre as variáveis, cuja direção e magnitude podem ser quantificadas. No entanto, o fato de duas variáveis estarem associadas não significa que exista, entre elas, uma relação de causa e efeito (DORIA FILHO, 1999).

Para o caso de dados contínuos, utiliza-se a correlação de Pearson. Caso os dados sejam ordinais, utiliza-se a correlação de pontos de Spearman.

Embora relacionadas, as análises de correlação e regressão diferem, entre si, em seus objetivos. Enquanto a análise de correlação quantifica a variação conjunta de duas variáveis, a análise de regressão estima a variação na variável dependente, em função da variável independente.

Segundo PENZ JR. (1995), nos estudos desenvolvidos na área de nutrição, as interações, antagonismos e sinergismos entre os nutrientes são pouco explorados. Quando muito, se estabelecem relações entre três nutrientes. Isto dificulta o entendimento do panorama da nutrição, como um todo. Este problema deve ser minimizado no futuro, pois o emprego de modelos matemáticos favorecerá o estudo de relações mais complexas do que as entendidas no momento.

Os modelos matemáticos que satisfazem o estudo destas relações mais complexas são as técnicas de análise estatística multivariadas.

### **2.21. Análise multivariada**

Segundo HAIR et al. (1998) e GRIMM e YARNOLD (2000), o termo “análise estatística multivariada” é utilizado com diversos sentidos na literatura. De modo simplificado, pode ser dito que a análise estatística multivariada refere-se à análise simultânea de múltiplas variáveis em cada objeto sob

investigação, utilizando-se de um conjunto de métodos e procedimentos estatísticos (MANLY, 1994). Considera-se objeto qualquer tipo de entidade que apresenta características mensuráveis - as variáveis.

Sob o ponto de vista matemático, os métodos de análise multivariada são uma mistura de álgebra de matrizes, geometria, cálculo e estatística. Sob o ponto de vista estrutural e funcional, são conjuntos de procedimentos que podem ser organizados em poucos protótipos de problemas. Sob o ponto de vista prático, são técnicas desenvolvidas para revelar ou relevar características associativas e informações contidas em conjuntos complexos de dados, suprimindo detalhes menos importantes (CARROLL et al., 1997; TINSLEY e BROWN, 2000).

De maneira geral, as técnicas de análise multivariada são consideradas extensões das técnicas uni e bivariadas. Assim, as estatísticas multivariadas podem ser consideradas como o caso geral ou completo e as estatísticas uni e bivariadas como casos especiais do modelo multivariado (TABACHNICK e FIDELL, 1996). No entanto, algumas técnicas estatísticas foram desenvolvidas exclusivamente para analisar questões essencialmente multivariadas, não havendo, portanto, casos especiais uni ou bivariados, associados a estas técnicas (GNANADESIKAN, 1977; HAIR et al., 1998).

Apesar de desenvolvidas há décadas, a popularização das técnicas estatísticas multivariadas e de suas aplicações é recente e está relacionada a dois fatores: aumento da complexidade da investigação científica contemporânea e avanços da ciência da computação, tanto no desenvolvimento dos *mainframes* e computadores pessoais quanto no de pacotes estatísticos para realização de cálculos complexos. A disponibilização destas poderosas ferramentas estatísticas possibilitou que análises que eram evitadas, por consumirem tempo em demasia e envolverem cálculos complexos, fossem realizadas de forma rápida e simples. Possibilitou, também, que os pesquisadores pudessem superar limitações das técnicas estatísticas univariadas e solucionar questões investigativas mais complexas, devido a desenhos experimentais mais realísticos, sofisticados e refinados, e à possibilidade de melhor exploração e explanação das relações entre as variáveis ou entre conjuntos de variáveis.

A análise de dados através de técnicas multivariadas requer procedimentos preliminares de exame dos dados. Embora consuma tempo,

esta análise inicial é necessária para possibilitar a avaliação de pressuposições inerentes aos dados e às técnicas de análise multivariada. Esta abordagem inicial dos dados consiste: na análise de correlações entre as variáveis; no exame da função densidade de probabilidade ou distribuição dos dados; na identificação de *outliers*, que influenciam os resultados das análises multivariadas; na avaliação e estimação de observações perdidas; na avaliação da normalidade e, caso necessário, na transformação dos dados; na avaliação de homocedasticidade; na avaliação de linearidade e na colinearidade da associação entre as variáveis; e, na codificação de variáveis, que corresponde à transformação de variáveis qualitativas em variáveis quantitativas. A avaliação inicial dos dados é bem mais agradável e fácil de realizar quanto mais recursos gráficos e visuais estiverem disponibilizados pelos *softwares* estatísticos.

Os objetivos da investigação científica aos quais as técnicas de análise multivariada mais se ajustam são:

- Redução ou simplificação estrutural dos dados;
- Agrupamento e classificação de objetos;
- Investigação da dependência entre variáveis;
- Predição; e,
- Construção e teste de hipóteses.

As técnicas de análise estatística multivariada mais populares são apresentadas a seguir.

### **2.21.1. Análise de componentes principais**

A análise de componentes principais é uma técnica multivariada usada para a análise de interrelações de um grande número de variáveis, com o objetivo de condensar as informações mais importantes em um número pequeno de variáveis, com perda mínima de informações (HAIR et. al., 1998). Seus objetivos principais são a redução de dados ou de dimensionalidade e a interpretação dos dados.

Embora vários componentes ou variáveis sejam necessários para reproduzir a variabilidade de um sistema, grande parte desta variabilidade pode ser representada por um número pequeno de componentes. Assim, um grande conjunto de dados pode ser reduzido a um conjunto menor, sem que haja perda das informações relevantes. Frequentemente, a análise de componentes principais revela relações não previstas, inicialmente, entre as variáveis, possibilitando interpretações mais complexas dos dados.

A análise de componentes principais busca a explicação da estrutura de variância-covariância de um conjunto de variáveis, através de combinações lineares destas variáveis (MARDIA et al., 1979; JOHNSON e WICHERN, 1998).

Geralmente, a análise de componentes principais serve como uma análise inicial ou intermediária em análises mais complexas de dados, como a análise de regressão múltipla, a análise de agrupamento ou a análise de fatores.

A análise de componentes principais é uma técnica utilizada para solucionar problemas de multicolinearidade entre variáveis, pois as variáveis formadas a partir das variáveis originais são não-correlacionadas entre si e podem ser utilizadas em modelos de regressão (SHARMA, 1996).

Segundo MARCOULIDES e HERSHBERGER (1997), a análise de componentes principais é semelhante a outras técnicas multivariadas, como a análise de discriminante e a análise de correlações canônicas, pois envolve a combinação linear de variáveis baseada na maximização de uma propriedade estatística específica. Nesta técnica, a propriedade maximizada é a variância das variáveis observadas. Na análise de discriminante, a ponderação das combinações lineares baseia-se na maximização da diferença entre grupos. Na análise de correlações canônicas, as combinações lineares dos diferentes conjuntos de dados são derivadas de maneira a maximizar a correlação entre si.

### **2.21.2. Análise de fatores**

A análise de componentes principais e a análise de fatores costumam ser confundidas entre si. Embora um dos objetivos de ambas seja a redução do número

original de variáveis para um conjunto menor e mais facilmente manejável de variáveis, com a menor perda possível de informações relevantes, a forma como este objetivo é alcançado difere entre as técnicas. Na análise de fatores, as variáveis são agrupadas segundo suas correlações, formando grupos distintos de variáveis altamente correlacionadas entre si. Estes grupos de variáveis são chamados fatores e dependem da interpretação dos analistas e pesquisadores para serem rotulados ou receberem nomes. Em situações em que a estrutura do modelo de fatores não é conhecida ou definida *a priori* e os dados são utilizados para a identificação da estrutura de fatores, a análise é considerada e denominada exploratória, sendo utilizada para a identificação dos fatores não observados, também chamados fatores latentes, e para a construção da teoria. Caso a estrutura do modelo de fatores seja conhecida, previamente, a análise é denominada confirmatória e pode ser vista como uma técnica para o teste de hipóteses ou teste de teorias (SHARMA, 1996; MARCOULIDES e HERSHBERGER, 1997; HAIR et al., 1998; JOHNSON e WICHERN, 1998).

### **2.21.3. Análise de variância multivariada**

A análise de variância multivariada (manova) é uma técnica estatística que pode ser usada para explorar, simultaneamente, as relações entre várias variáveis categóricas independentes, usualmente os tratamentos, e duas ou mais variáveis dependentes métricas. A manova representa uma extensão ou generalização da análise de variância univariada (anova). Basicamente, há duas razões para a aplicação da manova, ao invés de diversas anovas: aproveitar as correlações entre as variáveis dependentes, ao se estudar os efeitos das variáveis independentes e manter o erro tipo I sob controle, ou, em outras palavras, manter o erro tipo I em seu nível nominal alfa (WEINFURT, 1995). Segundo Stevens, 1986, citado por WEINFURT (1995), o nível alfa geral de uma série de testes é igual ou ligeiramente inferior à soma dos níveis nominais de cada teste. Assim, ao realizar-se  $n$  testes utilizando um valor de alfa de 0,05, para a rejeição das hipóteses de nulidade, ao invés de um nível alfa de 0,05, tem-se um alfa de valor ligeiramente inferior a  $n$  vezes 0,05, ou seja, existe, na realidade, uma probabilidade  $n \cdot \alpha$  de cometer-se pelo menos um erro tipo I nos  $n$  testes realizados, o que resulta em erros



na interpretação dos resultados obtidos. Assim, para manter o erro tipo I sob controle, é preferível a realização de uma análise de variância multivariada, seguida de análises de variância univariadas apenas nas variáveis que apresentaram significância estatística, do que a realização de várias análises univariadas.

#### **2.21.4. Análise de agrupamento**

A análise de agrupamento é uma técnica analítica para o desenvolvimento e obtenção de subgrupos de indivíduos ou objetos. Especificamente, o objetivo é classificar uma amostra de entidades, objetos ou indivíduos em um conjunto de subgrupos, mutuamente exclusivos, baseado nas similaridades entre essas entidades. Na análise de agrupamento, ao contrário da análise discriminante, os grupos não são definidos *a priori* e a técnica é usada para a identificação dos grupos, podendo ser considerada como de natureza exploratória.

A análise de agrupamento envolve, pelo menos três procedimentos: a mensuração de alguma forma de similaridade ou associação entre as entidades, para determinar quantos grupos existem, realmente, na amostra; o processo de agrupamento, propriamente dito, em que as entidades são particionadas em grupos; a análise do perfil das entidades, em cada grupo (HAIR et al., 1998).

Muitas vezes, a análise de agrupamento é precedida por uma análise de componentes principais e seguida por uma análise discriminante.

A análise de agrupamento, também chamada de análise de segmentação ou análise taxonômica é um conjunto de técnicas para a partição de um conjunto de objetos em subconjuntos menores e, relativamente, homogêneos, baseado na similaridade entre os objetos. As medidas de similaridade baseiam-se no conceito de distância entre as entidades e a análise de agrupamento consiste, essencialmente, na obtenção de grupos em que as variações ou distâncias entre os objetos, em um mesmo grupo, sejam mínimas e entre os objetos, em distintos grupos, sejam máximas (KACHIGAN, 1991; JOHNSON e WICHERN, 1998).

Além da análise exploratória dos dados, a análise de agrupamento também é útil na detecção dos chamados *outliers*, baseados em seu perfil multivariado.

### **2.21.5. Análise de correlações canônicas**

A análise de correlações canônicas visa identificar e quantificar as associações entre dois conjuntos de variáveis (TABACHNICK e FIDELL, 1996). O objetivo da análise de correlações canônicas é correlacionar, simultaneamente, várias variáveis métricas dependentes e várias variáveis métricas independentes. Assim, a análise de correlações canônicas é considerada a generalização da análise de regressão, em que ao invés de apenas uma variável dependente, têm-se diversas variáveis dependentes analisadas no mesmo modelo matemático. O princípio fundamental da análise é o desenvolvimento de combinações lineares dos conjuntos de variáveis dependentes e independentes, de modo a maximizar a correlação entre os dois conjuntos de dados. Colocado de modo diferente, a técnica envolve a obtenção de um conjunto de pesos e coeficientes para as variáveis dependentes e outro conjunto de pesos e coeficientes para as variáveis independentes, de modo a possibilitar a obtenção da máxima correlação simples entre os coeficientes do conjunto de variáveis dependentes e do conjunto de variáveis independentes, (HAIR et al., 1998).

A análise de correlações canônicas é uma das técnicas multivariadas mais gerais e diversas técnicas, como a análise de regressão múltipla, a análise discriminante e a análise de variância multivariada são consideradas casos especiais das correlações canônicas.

### **2.21.6. Análise de regressão múltipla**

A análise de regressão múltipla é uma técnica utilizada quando o objetivo da análise é relacionar e quantificar a relação entre uma única variável dependente ou critério e duas ou mais variáveis independentes. Assim, busca-se determinar ou prever as mudanças na variável dependente em resposta às variações nas variáveis independentes.

Na análise de regressão múltipla, as variáveis independentes devem ser métricas. Caso alguma não o seja, é possível sua codificação, de modo a transformar

variáveis qualitativas em quantitativas. A variável dependente deve ser métrica (DRAPER e SMITH, 1981; KACHIGAN, 1991; HAIR et al., 1998). A técnica de análise de regressão múltipla baseia-se na regra estatística dos quadrados mínimos.

### **2.21.7. Análise discriminante**

Os objetivos primários da análise discriminante são a compreensão de diferenças existentes entre grupos e a predição da probabilidade de que uma entidade pertença a uma classe ou a um grupo particular, baseado em diversas variáveis métricas independentes. A análise discriminante é a técnica estatística adequada para a análise de variáveis independentes métricas e uma única variável dependente não-métrica ou qualitativa. Caso a variável dependente seja dicótoma, a análise é chamada, simplesmente, de análise discriminante. Caso a variável dependente seja polítoma, a análise é chamada discriminante múltipla. A análise discriminante é aplicável, portanto, em situações em que a variável dependente pode ser dividida em grupos ou classes característicos e conhecidos e definidos *a priori*.

Segundo TABACHNICK e FIDELL (1996), o principal objetivo da análise discriminante é predizer a que grupo um dado objeto pertence, segundo um conjunto de variáveis preditoras, as variáveis independentes. A partir de uma função matemática, a função discriminante, é possível predizer a que grupo, de características conhecidas e definidas, uma entidade pertence, segundo as características que apresenta.

Matematicamente, a análise discriminante e a análise de variância multivariada são iguais, embora tenham diferentes abordagens. Considera-se que sejam a mesma análise, realizada ao contrário e com a inversão de variáveis dependentes e independentes.

A análise discriminante pode ser dividida em descritiva e preditiva. A análise descritiva envolve o processo de descrição de diferenças entre grupos, com base nas informações obtidas de diversas variáveis observadas. É interessante observar que, na análise discriminante descritiva, os grupos são previamente definidos e os objetos são

alocados nesses grupos, com base em suas características. A análise discriminante preditiva envolve a classificação de uma entidade, segundo os critérios de diferenciação entre os grupos, e sua posterior alocação a um dos grupos existentes (HUBERTY, 1984; SILVA e STAM, 1995; MARCOULIDES e HERSHBERGER, 1997).

#### **2.21.8. Outras técnicas de análise multivariada**

O desenvolvimento dos computadores e de pacotes estatísticos possibilitou a popularização de diversas técnicas de análise multivariada. Segundo HAIR et al. (1998) pesquisadores e analistas estão no início de uma era de desenvolvimento de análises que incorporam novas abordagens na identificação e representação de relações multivariadas. Diversas técnicas, antigas e novas, serão utilizadas mais frequentemente em desenhos experimentais e na abordagem de dados. Além das técnicas citadas, existem diversas outras técnicas, com objetivos e características específicas, destinadas aos mais diversos usos e tipos de dados e sistemas. Como exemplos destas técnicas, podem ser citadas: *conjoint analysis*; *multidimensional scaling*; *correspondence analysis*; *linear probability models*; *structural equation modeling*; *data mining*; *neural networks*; *resampling*; *meta analysis*; *path analysis*; *logistic regression model*; e, *cross classified data analysis*, entre outras técnicas, aplicadas às mais diversas áreas do conhecimento humano. Explicações sobre estas técnicas podem ser encontradas na literatura referente às técnicas tradicionais de análise multivariada, citadas anteriormente.

Segundo Hardyck e Petrinovich (1976), citados por HAIR et al. (1998), os métodos de análise multivariada irão predominar no futuro e resultarão em drásticas mudanças na maneira em que os pesquisadores pensam sobre os problemas e como eles desenham seus experimentos e pesquisas. Estes métodos possibilitam a formulação de perguntas precisas e específicas, de considerável complexidade, em ambientes reais e não-controlados. Isto permite, teoricamente, a condução de pesquisas relevantes e a avaliação de efeitos de variações paramétricas no contexto em que elas normalmente ocorrem. Assim, as correlações naturais entre os principais influenciadores do comportamento podem ser preservadas e os efeitos isolados desses influenciadores

podem ser estudados, estatisticamente, sem o típico isolamento de indivíduos ou variáveis.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do modelo de avaliação da qualidade nutricional e classificação do milho, foi realizada uma simulação de dados. Os dados utilizados nas análises estatísticas foram gerados aleatoriamente, com média e desvio-padrão conhecidos, e distribuição normal. As médias e os desvios-padrão foram obtidos em literatura científica especializada e são representativos dos milhos encontrados em diversas regiões do Brasil. A geração dos números aleatórios foi realizada no aplicativo Excel 97 (Microsoft), por meio da ferramenta **análise de dados** e do procedimento **geração de números aleatórios**, segundo LAPPONI (1997). A variável energia metabolizável perdida (EMp) foi obtida por diferença entre os valores de energia metabolizável (EM) das amostras e o valor de energia metabolizável de uma amostra padrão de milho, cujas características são apresentadas no Quadro 4.

Os parâmetros estudados foram subdivididos em três grupos de variáveis: variáveis relacionados à origem do milho; variáveis relacionados à composição química do milho; e, variáveis relacionados às características físicas, principalmente danos, do milho.

Quadro 4 - Características do milho padrão

Parâmetro	Matéria	
	Natural	Seca
Umidade (%)	12,50	-
Proteína bruta (%)	8,65	9,89
Extrato etéreo (%)	3,76	4,30
Fibra bruta (%)	2,13	2,43
Matéria mineral (%)	1,29	1,47
Extrato não nitrogenado (%)	71,67	81,91
Amido e açúcares (%)	63,07	72,08
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3.334	3.810

Foram consideradas, como variáveis de origem:

- Região (**REG**), representada pelas regiões A e B, com 24 observações, cada;
- Fornecedores (**FORN**), representados pelos fornecedores 1, 2, 3, 4, 5 e 6, com 8 observações, cada.

Como variáveis relacionadas à composição química, foram utilizadas:

- Proteína bruta, em gramas de matéria seca (**gPB**);
- Extrato etéreo, em gramas de matéria seca (**gEE**);
- Amido e açúcares, em gramas de matéria seca (**gAA**);
- Proteína bruta, em porcentagem, na base da matéria seca (**%PB**);
- Extrato etéreo, em porcentagem, na base da matéria seca (**%EE**);
- Amido e açúcares, em porcentagem, na base da matéria seca (**%AA**);
- Energia metabolizável, Kcal por quilograma de matéria seca (**EM**);
- Energia metabolizável perdida, Kcal por quilograma de matéria seca (**EMp**);

- Qualidade nutricional do milho, com base em seu nível de energia metabolizável, classificado como de alta qualidade (**MAQ**) ou milho de baixa qualidade (**MBQ**). As amostras de milho alocadas no grupo MAQ representam milhos de melhor qualidade nutricional, com base em seu conteúdo energético e em seu teor de grãos avariados. As amostras de milho alocadas no grupo MBQ, ao contrário, representam milhos de pior qualidade nutricional, com base em seu conteúdo energético e, principalmente, em seu teor de grãos avariados.

As variáveis físicas utilizadas foram:

- Umidade, em porcentagem (**UMDD**);
- Densidade, em quilogramas por hectolitro (**DENS**);
- Total de grãos inteiros, em gramas por 100 gramas de milho (**GINT**);
- Total de grãos quebrados, em gramas por 100 gramas de milho (**GQBR**);
- Total de grãos fragmentados e impurezas, em gramas por 100 gramas de milho (**FRIM**);
- Total de grãos atacados por fungos e assemelhados, em gramas por 100 gramas de milho (**GFUN**);
- Total de grãos atacados por insetos, em gramas por 100 gramas de milho (**GINS**);
- Total de grãos chochos ou imaturos, em gramas por 100 gramas de milho (**GCHO**);
- Total de grãos avariados por diversas causas, em gramas por 100 gramas de milho (**GADC**);
- Total de grãos avariados (**GAVR**), que é igual a **GQBR + FRIM + GFUN + GINS + GCHO + GADC**;
- Total de matéria estranha, em gramas por 100 gramas de milho (**MEST**).

Cada variável química e física, em estudo, era composta por 48 observações.



A caracterização das diversas frações segue a normatização das portarias nºs 845/76 e 11/96, do Ministério da Agricultura e Abastecimento. Neste trabalho, a fração de grãos atacados por fungos englobou os grãos ardidados, fermentados, mofados, brotados e queimados; a fração de grãos fragmentados incluiu, também, as impurezas, oriundas do próprio milho; a fração de grãos atacados por insetos englobou apenas os grãos atacados por carunchos; a fração de grãos chochos englobou todo e qualquer grão considerado imaturo, fisiologicamente; e, a fração de grãos avariados por diversas causas englobou os grãos atacados por roedores, pragas, parasitas e outros danos, não enquadrados nas frações anteriores.

Para a avaliação da qualidade nutricional do milho, foram utilizadas diversas técnicas estatísticas uni e multivariadas. Antes da utilização dessas técnicas, no entanto, foram realizadas análises estatísticas exploratórias dos dados para a verificação de normalidade, colinearidade e detecção de *outliers*, que poderiam comprometer as análises posteriores. Também foram realizadas análises descritivas das variáveis. A seguir, são apresentadas as técnicas estatísticas uni e multivariadas utilizadas:

#### **- Correlações de Pearson**

Para o estudo de correlações bivariadas, foram utilizados dois conjuntos de variáveis, um caracterizando as medições físicas e outro caracterizando as medições químicas. A classificação das correlações foi realizada, segundo os coeficientes de correlação, em perfeita ( $r = 1$ ), alta ou forte ( $r > 0,75$ ), média ( $r > 0,5$ ), baixa ou fraca ( $r < 0,5$ ) e inexistente ( $r = 0$ ).

#### **- Análise de Componentes Principais**

O estudo de componentes principais foi realizado, apenas, com as variáveis que caracterizavam os danos aos grãos. Na análise, foi utilizada a matriz de covariância.

### **- Análise de Correlações canônicas**

Para a análise de correlações canônicas, foram utilizados dois conjuntos de dados, um caracterizando a composição química, em %, do milho, e outro caracterizando as avarias dos grãos, também em %. Nesta análise, as variáveis de danos dos grãos foram consideradas variáveis independentes e as variáveis de composição química foram tratadas como dependentes.

### **- Análises de variância uni e multivariadas**

Para o estudo dos milhos das diversas regiões e fornecedores, foram realizadas análises de variância multivariada, relacionando as variáveis de origem e as causas de danos aos grãos. As variáveis de origem foram consideradas independentes, e as avarias dos grãos, variáveis dependentes. Complementando as análises multivariadas, foram realizadas análises de variância univariadas, das variáveis que se fizeram necessárias, ou seja, que apresentaram significância estatística na análise de variância multivariada, além das variáveis GAVR e EMp.

A análise de variância multivariada também foi utilizada como análise preliminar às análises discriminantes descritivas, para o estudo de diferenças estatísticas entre os grupos de milhos de alta energia (**MAQ**) e de baixa energia (**MBQ**). Na análise de variância multivariada os grupos de milhos foram considerados variáveis independentes, e as causas de avarias nos grãos, as variáveis dependentes.

### **- Análise discriminante descritiva**

A formação dos grupos de milhos de alta e de baixa energia foi realizada utilizando os seguintes critérios: milhos com valores de EM igual ou acima da média geral foram alocados no grupo **MAQ**. Milhos com valores de EM abaixo da média geral foram alocados no grupo **MBQ**.

Ao contrário da análise de variância multivariada, os grupos, na análise discriminante, foram considerados as variáveis dependentes. Como variáveis

independentes, foram consideradas as causas de avarias dos grãos. Estas variáveis foram utilizadas para a possível discriminação entre os grupos, pela obtenção das funções discriminantes e pela avaliação da acurácia da classificação. Estas variáveis foram, portanto, caracterizadas com variáveis que descrevem as diferenças entre os dois grupos em estudo. Cada grupo passou a ser caracterizado ou representado por uma função discriminante, conhecida como Função Discriminante de Anderson, segundo CRUZ (2001). Após a realização da análise discriminante, as amostras que foram classificadas incorretamente foram realocadas nos grupos adequados. Procedeu-se, então, à realização de nova análise discriminante, em um processo conhecido como análise de consistência, para nova avaliação da acurácia de classificação. A análise discriminante descritiva também foi utilizada como análise complementar às análises de agrupamento, para a avaliação dos diferentes algoritmos de formação de grupos e da acurácia de alocação de amostras de milho.

#### **- Análises de regressão**

A partir das variáveis de composição química e de energia metabolizável dos milhos, foram obtidas equações de regressão múltipla. As variáveis de composição química, em %, foram consideradas variáveis independentes e a energia metabolizável do milho foi considerada variável dependente. Foram calculadas uma equação geral e equações para cada um dos dois grupos de milhos.

A análise de regressão múltipla também foi utilizada para a obtenção de equações de predição das perdas de energia metabolizável (EMp), considerada a variável dependente, em função das causas avarias dos grãos, consideradas as variáveis independentes. Também foram calculadas equações para cada um dos dois grupos de milho e uma equação geral. As análises de regressão foram complementadas por uma regressão simples, em que o total de grãos avariados foi utilizado como variável independente, na estimativa de perdas de EM, considerada a variável dependente.

### - Análise discriminante preditiva

Uma vez obtidas as funções discriminantes, segundo ANDERSON (1984) e CRUZ (2001), foi possível classificar novas amostras de milho nos grupos existentes, pela utilização dos perfis de características físicas, dessas amostras, nas diferentes funções discriminantes. Os valores D, de cada função, resultantes dos cálculos foram comparados e o maior valor obtido indicou a função que melhor discriminou a amostra de milho, indicando que a mesma fosse alocada no grupo correspondente a esta função discriminante. Assim, através das características físicas dos milhos e das funções discriminantes, foi possível prever a qualidade de cada nova amostra de milho, com a alocação desta nova amostra no grupo adequado e com a probabilidade estimada de acerto na alocação.

No Quadro 5, são apresentadas as novas amostras de milho utilizadas para classificação, por meio da análise discriminante preditiva.

Quadro 5 - Características físicas das amostras de milho destinadas à classificação

Amostra	GAVR	GQBR	FRIM	GFUN	GIN5	GADC	GCHO
1	16,91	7,99	2,15	3,94	2,13	0,53	0,17
2	18,91	6,52	1,52	6,72	3,15	0,89	0,11
3	16,68	7,35	2,42	4,64	1,87	0,28	0,12
4	17,26	8,29	2,20	4,23	1,60	0,79	0,15
5	20,78	7,63	1,88	7,62	2,66	0,90	0,09
6	19,41	9,83	2,21	5,81	0,43	0,99	0,14
7	18,82	7,85	2,77	5,85	1,25	0,85	0,25
8	18,76	7,92	2,17	5,55	1,87	1,05	0,20

### **- Análises de agrupamento**

A classificação das amostras de milho e a obtenção das funções discriminantes foram realizadas partindo-se da definição, *a priori*, de grupos de milhos de alta (MAQ) e de baixa (MBQ) qualidade, com base em seu conteúdo energético. Através das análises de agrupamento, procurou-se estabelecer grupos que, com base nas características físicas dos grãos de milho, pudessem assemelhar-se aos grupos definidos *a priori*. Foram realizadas diversas análises de agrupamento, por diferentes métodos e com diferentes distâncias utilizadas. Para a avaliação dos resultados obtidos pelos diversos métodos avaliados, foram utilizados os seguintes critérios: comparação das médias e desvios-padrão das variáveis físicas do milho, nos grupos MAQ e MBQ formados segundo o critério definido *a priori*, e os grupos MAQ e MBQ formados pelos diversos métodos de análise de agrupamento; acurácia de classificação das amostras de milho, pela análise discriminante descritiva, nos grupos formados pela análise de agrupamento; e, análise da correlação de Spearman, da alocação de amostras, nos grupos MAQ e MBQ, segundo os diferentes critérios de formação de grupos, em comparação com a alocação definida *a priori*;

### **- Testes estatísticos**

Para o teste de hipóteses, foram utilizados diversos testes estatísticos uni e multivariados. Nas análises multivariadas foram utilizados os testes de Wilks, de Pillai, de Roy e de Hotelling-Lawley. Nas análises univariadas, foram utilizados os testes de Fisher, de Student Newman Keuls e de Scott Knott, entre outros. O nível de significância considerado nas análises estatísticas foi 5%.

No Quadro 6, é apresentada a sumarização das análises estatísticas realizadas e as variáveis envolvidas em cada análise.

### **- Formulação de rações**

Para avaliar o impacto econômico da separação das amostras de milho em grupos de milho de melhor (MAQ) e de pior (MBQ) qualidade, foram formuladas rações práticas para frangos de corte em crescimento, de 22 a 42 dias de idade, utilizando três tipos de milho: milho sem fracionamento, com 3.697 kcal/kg, na matéria seca (3.235 kcal/kg, na matéria natural); milho fracionado e classificado como de alta qualidade, com 3.708 kcal/kg, na matéria seca (3.245 kcal/kg, na matéria natural); e, milho fracionado e classificado como de baixa qualidade, com 3.675 kcal/kg, na matéria seca (3.215 kcal/kg, na matéria natural). Todas as rações formuladas eram isocalóricas (3.150 Kcal/kg) e isotróficas (19,30% de PB). Os ingredientes utilizados foram: milho, de diferentes qualidades; farelo de soja, com 45% de proteína bruta; óleo de soja; fosfato bicálcico; farinha de carne e ossos, com 40% de proteína bruta; calcário; L-lisina; DL-metionina; premixes mineral e

Quadro 6 - Sumarização das análises estatísticas uni e multivariadas realizadas

Análises	Variáveis														
	Origem		Químicas												
	REG	FORN	gPB	gEE	gAA	%PB	%EE	%AA	EM	EMp	NEM	UMD	DENS	GINT	GQBR
Descritivas			s	s	s	s	s	s	s	s		s	s	s	s
Correlações de Pearson	s	s	s	s	s					s		s			s
Componentes principais															s
Correlações canônicas						y	y	y							x
MANOVA	x														y
MANOVA		x													y
MANOVA											x				y
ANOVA	x								y						
ANOVA		x							y						
Discriminante											y				x
Regressão múltipla						x	x	x	y						
Regressão múltipla										y					x
Regressão simples										y					
Agrupamento															s
Correlações de Spearman											s				

s = Variáveis sem dependência definida. x = Variáveis independentes. y = Variáveis dependentes.

vitamínico e sal comum. As rações foram formuladas com base em aminoácidos digestíveis, para atender as exigências nutricionais das aves, segundo ROSTAGNO et al. (2000).

Para o cálculo de rações o software utilizado foi o SuperCrac para Windows, da TD Informática. O software estatístico utilizado foi o SAEG, Sistema para Análises Estatísticas, versão 8.0, segundo RIBEIRO JR. (2000). As análises estatísticas foram processadas em notebooks Toshiba Portégé 3110 CT, com processador Intel Pentium II de 300 MHz, e Compaq Presario 1200 XL301, com processador Intel Celeron de 600 MHz, ambos com 64 MB de memória RAM, conectados a uma impressora Hewlett Packard Deskjet 895 CXi.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise preliminar dos dados

Os dados foram avaliados, preliminarmente, para a verificação de normalidade, pelo teste de Lilliefors e pelas análises de assimetria e curtose das curvas de distribuição. Os resultados desta avaliação são apresentados nos Quadros 8 e 9, que contém a análise estatística descritiva. Apenas a variável MEST, correspondente ao teor de matéria estranha das amostras de milho não apresentou distribuição normal. Como esta variável foi utilizada apenas na estatística descritiva, não foram realizadas transformações nos dados. Os dados também foram avaliados para a detecção de colinearidade entre variáveis e detecção de *outliers*, que poderiam influenciar, negativamente, as análises estatísticas posteriores. Pelos métodos utilizados, como análise de correlações e de agrupamento, não foram detectados problemas com alta colinearidade ou amostras de milho que pudessem ser consideradas anormais, considerando as diversas variáveis em estudo, analisadas em seus perfis uni e multivariados.

### 4.2. Análise de componentes principais

Para o estudo das causas de avarias nos grãos, foram consideradas, inicialmente, seis variáveis: grãos quebrados (GQBR), fragmentos e impurezas (FRIM), grãos atacados por fungos (GFUN), grãos atacados por insetos (GINS), grãos imaturos (GCHO), e grãos avariados por causas diversas (GADC). Embora essas variáveis contribuam para a variabilidade total do sistema, esta variabilidade pode ser explicada, em alguns casos, por um número menor de variáveis. Assim, complementando as análises preliminares dos dados, foi aplicada a técnica multivariada de componentes principais, com os objetivos de verificar a contribuição de cada variável à variabilidade do sistema e de reduzir o número de variáveis a serem utilizadas em análises posteriores. No Quadro 7, são apresentados os resultados da análise de componentes principais, utilizando-se as variáveis que caracterizam os tipos de danos aos grãos de milho.

Foram calculados seis componentes e, em cada um deles, são apresentados os coeficientes relacionados a cada variável. A análise dos coeficientes dos primeiro componente indica forte efeito da variável GFUN (0,992), e este componente explica 57,3% da variabilidade do conjunto de dados. A análise do segundo componente mostra um grande efeito da variável GQBR (0,971), e explica 30,6% da variabilidade dos dados. As variáveis FRIM (0,721) e GINS (0,626), no terceiro e quarto componentes, respectivamente, são as variáveis de maior destaque e estes componentes, juntos, explicam 11% da variabilidade dos dados. O quinto componente, que é responsável por apenas 0,8% da variabilidade dos dados, tem a variável GADC como seu principal fator de explicação. Finalmente, o último componente apresenta uma explicação de apenas 0,3% na variabilidade dos dados e tem a variável GCHO como principal efeito.

Vários são os critérios para a seleção dos componentes principais e o descarte de variáveis, mas estes, normalmente, baseiam-se na explicação acumulada dos diversos componentes. Segundo KACHIGAN (1991), valores

Quadro 7 - Análise de componentes principais, das variáveis que representam as causas de avarias aos grãos de milho

Parâmetros	Componentes					
	1	2	3	4	5	6
GQBR	-0,224	0,971	-0,005	0,088	-0,007	-0,002

FRIM	0,014	0,357	0,721	-0,594	0,017	0,001
GFUN	0,992	0,123	-0,019	-0,006	-0,006	-0,001
GINs	0,232	-0,311	0,676	0,626	-0,011	-0,009
GCHO	0,175	0,187	0,109	0,146	-0,008	0,949
GADC	0,323	0,205	-0,038	0,138	0,913	0,001
Autovalor	2,845	1,519	0,304	0,244	0,041	0,014
Explicação	0,573	0,306	0,061	0,049	0,008	0,003
Exp. Acumulada	0,573	0,879	0,940	0,989	0,997	1,000

acima de 90% são suficientes para o descarte dos demais componentes e variáveis. No entanto, a decisão final fica a critério do pesquisador. Assim, apenas a variável GCHO foi descartada.

### **4.3. Estatísticas gerais**

#### **4.3.1. Estatísticas descritivas**

Nos Quadros 8 e 9, são apresentadas algumas estatísticas das variáveis físicas e químicas, respectivamente, de modo a caracterizá-las.

Quadro 8 - Resumo de estatísticas dos parâmetros físicos do milho

Estatísticas	Parâmetros físicos						
	GINT	GAVR	GQBR	FRIM	GFUN	GINS	GCHO
Média	80,81	19,10	7,37	2,11	6,59	1,93	0,32
Desvio-padrão	2,34	2,33	1,22	0,55	1,67	0,56	0,13
Valor máximo	88,84	23,04	10,05	3,29	10,21	3,14	0,80
Valor mínimo	76,71	11,15	4,22	0,64	2,27	0,49	0,00
Prob. assimetria	0,36	0,36	0,44	0,43	0,44	0,44	0,37
Prob. curtose	0,19	0,20	0,48	0,45	0,48	0,50	0,02
Prob. Lilliefors	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Quadro 9 - Resumo de estatísticas dos parâmetros químicos do milho

Estatísticas	Parâmetros químicos					
	UMDD	gPB	gEE	gAA	%PB	%EE
Média	12,97	9,88	3,60	70,78	10,29	3,75
Desvio-padrão	1,25	0,07	0,18	0,21	0,08	0,18
Valor máximo	16,04	9,99	4,06	71,54	10,46	4,20
Valor mínimo	10,44	9,69	3,21	70,44	10,01	3,36
Prob. assimetria	0,45	0,42	0,44	0,35	0,38	0,44
Prob. curtose	0,40	0,48	0,48	0,11	0,28	0,49
Prob. Lilliefors	ns	ns	ns	ns	ns	ns

### 4.3.2. Correlações bivariadas

No Quadro 10, são apresentadas as correlações de Pearson das variáveis físicas que representam as causas de avarias nos grãos e o total de grãos avariados, com as variáveis químicas que representam os conteúdos de matéria seca de proteína bruta, extrato etéreo e amido e açúcares, teor de umidade e perdas de energia metabolizável dos grãos.

Foram observadas altas correlações entre as perdas de energia metabolizável, o total de grãos avariados (0,867) e o percentual de grãos atacados por fungos (0,918). Correlação negativa alta, entre o conteúdo de extrato etéreo e o total de grãos avariados (-0,758), e correlação negativa perfeita, entre o conteúdo de extrato etéreo e a ocorrência de grãos atacados por fungos (-1,000) também foram observadas.

As correlações entre o total de grãos avariados e o conteúdo de amido e açúcares dos grãos (-0,604) e entre o total de grãos atacados por insetos e o conteúdo de amido e açúcares do milho (-0,705) foram médias. Todas as demais correlações estudadas foram baixas, inclusive entre a ocorrência de

Quadro 10 - Correlações de Pearson entre características físicas e químicas do milho

	GAVR	GQBR	FRIM	GFUN	GINS	GADC
EMp	0,867	-0,027	0,262	0,918	0,464	0,380
gPB	0,205	0,335	-0,041	0,064	-0,106	0,192
gEE	-0,758	0,103	-0,047	-1,000	-0,176	-0,340
gAA	-0,604	-0,238	-0,495	-0,216	-0,705	-0,290
UMDD	0,321	-0,065	0,054	0,362	0,334	-0,087

danos aos grãos e o teor de umidade dos grãos armazenados. Posteriormente, também foram realizadas análises de correlação das variáveis físicas e químicas, em relação às variáveis de origem. As análises de Pearson são ferramentas bastante versáteis na análise investigativa dos dados e formulação de hipóteses. No entanto, são limitadas para o estudo de relações de causa e efeito, devendo-se utilizar técnicas próprias para tal.

#### 4.4. Análise de correlações canônicas

Para estudar as correlações entre dois conjuntos de dados, representados pelas variáveis que caracterizam a composição química e as causas de danos aos grãos de milho, com base em seu perfil multivariado, foi utilizada a técnica de análise de correlações canônicas. A técnica de correlações canônicas possibilita o estudo de relações de causa e efeito, em conjuntos de dados que apresentam mais de uma variável dependente e mais de uma variável independente. O conjunto de características químicas, consideradas variáveis dependentes, continha as variáveis proteína bruta (%PB), extrato etéreo (%EE) e amido e açúcares (%AA), em porcentagem da matéria seca. O conjunto de variáveis que caracterizava os danos aos grãos, consideradas variáveis independentes, continha as variáveis GQBR, FRIM, GFUN, GINS e GADC.

No Quadro 11, são apresentadas as estatísticas da análise de correlações canônicas. O número de funções canônicas derivadas é igual ao menor número de variáveis contidas nos conjuntos. Assim, foram derivadas três funções canônicas e, pode-se observar, que a terceira função canônica não é significativa, a 5%, pelo teste Qui-quadrado. No Quadro 12, são apresentados as correlações e os coeficientes canônicos. A primeira função canônica mostra que a ocorrência de grãos fungados resulta em redução do extrato etéreo, segundo seus coeficientes, 0,999 e -1,771, respectivamente, com 1,000 de coeficiente de correlação, ou seja, correlação perfeita entre as variáveis derivadas dos dois conjuntos de variáveis.

Quadro 11 - Resumo de estatísticas da análise de correlações canônicas

Estatística	Pares canônicos		
	1	2	3

Autovalor	1,000	0,983	0,145
Correlação	1,000	0,991	0,381
Lambda	0,000	0,015	0,855
Qui-quadrado	690,83	183,50	6,80
Graus de liberdade	15	8	3
Significância	0,000	0,000	0,077

Quadro 12 - Coeficientes e correlações canônicas entre parâmetros físicos e químicos do milho

Pares	Correlação	Coeficientes canônicos							
		Parâmetros químicos			Parâmetros físicos				
		%PB	%EE	%AA	GQBR	FRIM	GFUN	GINS	GADC
1	1,000	-0,385	-1,771	-0,752	-0,001	-0,002	0,999	-0,003	-0,002
2	0,991	8,433	16,815	16,361	-0,223	-0,459	0,198	-0,818	-0,176
3	0,381	3,489	5,271	4,791	0,918	-0,348	0,048	0,010	0,182

A análise da segunda função canônica mostra que a ocorrência de grãos carunchados resulta em redução dos teores de amido e açúcares e de extrato etéreo dos grãos. Embora, reconhecidamente, o ataque dos carunchos aos grãos reduza seus teores de carboidratos solúveis, estes resultados mostram que o ataque de carunchos resultou, também, em redução dos teores de extrato etéreo dos grãos, característica da ação dos fungos e confirmam as observações de que o ataque de carunchos aos grãos pode resultar em maior desenvolvimento de fungos e em consumo de extrato etéreo, segundo LÁZZARI (1993) e SOUZA (1999).

A terceira função canônica foi descartada, por não ser significativa a 5% de probabilidade.

#### **4.5. Avaliação do milho por região**

##### **4.5.1. Estatísticas descritivas**

No Quadro 13, são apresentados as médias e os desvios-padrão das diversas variáveis de características físicas do milho. De modo geral, os resultados obtidos mostram que os milhos das duas regiões são semelhantes. No entanto, diferem em três características importantes: as porcentagens de grãos fungados, de grãos carunchados e total de grãos avariados, que são maiores na região A.

As médias e os desvios-padrão das características químicas do milho, nas duas regiões em estudo, são apresentados no Quadro 14. Os valores de proteína bruta, extrato etéreo e amido e açúcares, tanto em gramas quanto em porcentagem, são semelhantes, nas duas regiões. No entanto, a energia metabolizável, as perdas de energia metabolizável e a umidade diferem, entre as regiões. Os milhos da região A apresentam maiores teores de umidade e menores teores de energia metabolizável que os milhos da região B. A perda de energia metabolizável, também é maior na região A. Na região B, foi observada maior desuniformidade da energia metabolizável entre as amostras.



Quadro 13 - Médias e desvios-padrão dos parâmetros físicos do milho, por região

Região	Parâmetros físicos						
	GINT	GAVR	GQBR	FRIM	GFUN	GINS	GCHO
A	79,86±1,46	20,03±1,44	7,53±1,17	2,16±0,59	7,09±1,28	2,13±0,47	0,34±0,14
B	81,75±2,68	18,16±2,68	7,22±1,27	2,05±0,52	6,09±1,88	1,72±0,58	0,30±0,10
Média geral	80,81±2,34	19,10±2,33	7,37±1,22	2,11±0,55	6,59±1,67	1,93±0,56	0,32±0,13

Quadro 14 - Médias e desvios-padrão dos parâmetros químicos do milho, por região

Região	Parâmetros químicos						
	UMDD	gPB	gEE	gAA	%PB	%EE	%
A	13,70±1,21	9,87±0,08	3,54±0,14	70,72±0,13	10,30±0,08	3,70±0,14	73,7
B	12,25±0,79	9,89±0,07	3,65±0,20	70,84±0,25	10,29±0,09	3,80±0,20	73,6
Média geral	12,97±1,24	9,88±0,07	3,60±0,18	70,78±0,21	10,29±0,08	3,75±0,18	73,7

#### 4.5.2. Correlações bivariadas

Nos Quadros 15 e 16, são apresentados os resumos do estudo de correlações entre as variáveis físicas e químicas dos grãos de milho, nas regiões A e B, respectivamente.

Na região A, foram observadas correlações média, entre total de grãos avariados e a perda de energia metabolizável (0,619), e alta, entre o total de rãos atacados por fungos e a perda de energia metabolizável (0,927). Também foi observada correlação negativa perfeita (-1,000) entre o total de grãos atacados por fungos e o conteúdo de extrato etéreo dos grãos.

Na região B, foram observadas altas correlações entre as perdas de energia metabolizável, o total de grãos avariados (0,911) e o total de grãos atacados por fungos (0,911). O conteúdo de extrato etéreo apresentou alta correlação negativa com o total de grãos avariados (-0,810) e correlação perfeita (-1,000) com o total de grãos fungados. O conteúdo de amido e açúcares dos grãos apresentou alta correlação negativa com o total de grãos atacados por insetos (-0,794) e média correlação com o total de grãos avariados (-0,683).

Quadro 15 - Correlações de Pearson entre características físicas e químicas do milho, na região A

	GAVR	GQBR	FRIM	GFUN	GINS	GADC
EMp	0,619	-0,390	0,025	0,927	0,371	-0,218
gPB	-0,264	0,051	-0,185	-0,240	-0,077	-0,005
gEE	-0,522	0,401	0,154	-1,000	-0,206	0,301
gAA	-0,065	0,016	-0,297	0,257	-0,410	-0,245
UMDD	0,231	-0,345	0,196	0,498	0,111	-0,263

Quadro 16 - Correlações de Pearson entre características físicas e químicas do milho, na região B

	GAVR	GQBR	FRIM	GFUN	GINS	GADC
EMp	0,911	0,070	0,416	0,911	0,377	0,697
gPB	0,649	0,683	0,171	0,383	-0,057	0,324
gEE	-0,810	-0,004	-0,156	-1,000	-0,003	-0,705
gAA	-0,683	-0,327	-0,665	-0,271	-0,794	-0,315
UMDD	0,041	0,053	-0,336	0,011	0,237	-0,025

#### 4.5.3. Análises de variância

Na análise descritiva das regiões, foram detectadas diferenças numéricas em algumas das variáveis. Para avaliar a significância estatística destas diferenças, foram realizadas análises de variância. Inicialmente, foi realizada uma análise de variância multivariada, em que a variável independente foi a região de origem do milho e as variáveis dependentes foram os totais de grãos quebrados, de grãos fragmentados e impurezas, de grãos fungados, de grãos carunchados e de grãos avariados por diversas outras causas. O resumo da análise é apresentado no Quadro 17. Através dos diversos testes estatísticos não foram detectadas diferenças entre os milhos das duas regiões, ao nível de 5% de significância. No entanto, foram detectadas diferenças entre as regiões, nas variáveis total de grãos fungados (GFUN) e total de grãos atacados por insetos (GINS), quando estas foram analisadas separadamente.

No Quadro 18, são apresentados, por região, as médias e os resultados das análises de variância univariadas das variáveis total de grãos avariados, perda de energia metabolizável, total de grãos atacados por fungos e total de grãos atacados por insetos. Como existem apenas duas regiões, os

Quadro 17 - Resumo da análise de variância multivariada das variáveis GQBR, FRIM, GFUN, GINS e GADC, em função da região

Testes	Valores	Graus de liberdade		F	Significância
Hotteling-Lawley	0,1039	5	42	0,87	ns
Pillai	0,0941	5	42	0,87	ns
Wilks	0,9059	5	42	0,87	ns
Roy	0,1357	5	42	1,14	0,355

Quadro 18 - Resumo das análises de variância univariadas das variáveis GAVR, EMp, GFUN e GADC, por região

Região	GAVR	EMp	GFUN	GINS
A	20,04	129,29	7,09	2,13
B	18,06	112,96	6,09	1,72
Significância	0,004	0,004	0,040	0,011
CV (%)	11,28	15,29	24,43	27,35

resultados apresentados são conclusivos, não sendo necessária a realização de testes de médias. Pelos resultados obtidos, pôde-se concluir que os milhos da região B são melhores que os da região A.

#### **4.6. Avaliação do milho por fornecedor**

##### **4.6.1. Estatísticas descritivas**

As médias e os desvios-padrão das características físicas e químicas dos milhos, dos diversos fornecedores, são apresentados nos Quadros 19 e 20, respectivamente.

A análise das variáveis físicas mostra uma menor percentagem total de grãos avariados, principalmente decorrente de menor percentagem dos grãos atacados por fungos, nos milhos obtidos do fornecedor 4, que resultam em menores perdas de energia metabolizável e extrato etéreo. Destacam-se, também, os milhos obtidos do fornecedor 6, que apresentam baixa ocorrência de grãos chochos, alta densidade e baixos percentuais de total de grãos avariados e de total de grãos atacados por insetos.

##### **4.6.2. Correlações bivariadas**

No Quadro 21, são apresentadas as correlações entre as variáveis físicas e químicas dos grãos de milho, dos fornecedores 1, 2 e 3, que fazem parte da região A. A análise das correlações indica semelhança entre os milhos destes fornecedores, nos quais foram observadas correlações entre a ocorrência de grãos fungados, a perda de energia metabolizável e a perda de conteúdo de extrato etéreo.

No Quadro 22, são apresentadas as correlações entre as variáveis físicas e químicas dos milhos obtidos dos fornecedores 4, 5 e 6, que fazem parte da região B. De modo diferente dos milhos provenientes dos fornecedores da região A, em que o principal problema do milho é a ocorrência

Quadro 19 - Médias e desvios-padrão de parâmetros físicos do milho, por fornecedor

Fornecedor	Parâmetros físicos						
	GINT	GAVR	GQBR	FRIM	GFUN	GINS	GCHO
1	80,25±1,16	19,67±1,16	7,87±1,03	2,14±0,28	6,30±0,89	2,19±0,38	0,33±0,07
2	79,85±2,16	20,02±2,12	7,30±1,57	1,96±0,95	7,76±1,37	2,03±0,066	0,37±0,25
3	79,47±0,81	20,42±0,82	7,42±0,89	2,38±0,28	7,22±1,21	2,17±0,34	0,34±0,04
4	83,22±3,40	16,68±3,40	7,48±1,55	1,85±0,59	4,76±1,79	1,89±0,59	0,31±0,05
5	80,45±2,11	19,45±2,11	7,18±0,90	2,05±0,34	7,16±1,55	1,76±0,28	0,40±0,09
6	81,59±1,80	18,34±1,80	6,99±1,41	2,26±0,59	6,57±1,35	1,52±0,77	0,19±0,03
Média geral	80,81±2,34	19,10±2,33	7,37±1,22	2,11±0,55	6,59±1,67	1,93±0,56	0,32±0,13

Quadro 20 - Médias e desvios-padrão de parâmetros químicos do milho, por fornecedor

Fornecedor	Parâmetros químicos						
	UMDD	gPB	gEE	gAA	%PB	%EE	%A
1	12,53±0,93	9,89±0,05	3,63±0,09	70,66±0,07	10,31±0,06	3,78±0,10	73,65±
2	13,91±0,72	9,90±0,09	3,48±0,15	70,80±0,15	10,31±0,08	3,62±0,14	73,80±
3	14,65±0,87	9,83±0,08	3,53±0,13	70,69±0,11	10,26±0,08	3,69±0,13	73,78±
4	12,78±0,50	9,88±0,07	3,82±0,19	70,86±0,37	10,25±0,12	3,96±0,18	73,56±
5	12,61±0,38	9,89±0,06	3,54±0,17	70,81±0,19	10,30±0,09	3,69±0,16	73,75±
6	11,37±0,53	9,90±0,07	3,60±0,14	70,87±0,18	10,30±0,06	3,75±0,15	73,75±
Média geral	12,97±1,24	9,88±0,07	3,60±0,18	70,78±0,21	10,29±0,08	3,75±0,18	73,71±

Quadro 21 - Correlações de Pearson entre características físicas e químicas do milho obtido dos fornecedores 1, 2 e 3

	GAVR	GQBR	FRIM	GFUN	GINS	GADC
----- Fornecedor 1 -----						
EMp	0,508	-0,279	-0,262	0,964	0,144	0,391
gPB	0,340	0,146	-0,275	0,299	-0,119	0,429
gEE	-0,609	0,125	0,322	-1,000	0,035	-0,500
gAA	0,122	0,320	-0,014	0,012	-0,433	0,069
UMDD	-0,579	-0,757	-0,137	0,064	0,516	-0,486
----- Fornecedor 2 -----						
EMp	0,627	-0,252	0,160	0,944	0,411	-0,274
gPB	-0,488	-0,115	-0,038	-0,658	0,072	0,040
gEE	-0,524	0,304	-0,012	-1,000	-0,359	0,190
gAA	-0,123	0,185	-0,284	-0,015	-0,365	0,267
UMDD	0,610	0,259	0,593	0,556	-0,330	-0,748
----- Fornecedor 3 -----						
EMp	0,731	-0,650	-0,475	0,947	0,738	-0,741
gPB	-0,025	0,248	-0,236	-0,092	-0,267	0,390
gEE	-0,643	0,657	0,635	-1,000	-0,516	0,863
gAA	-0,261	-0,180	-0,238	0,174	-0,443	-0,604
UMDD	0,150	-0,710	-0,513	0,541	0,782	-0,176

Quadro 22 - Correlações de Pearson entre características físicas e químicas do milho obtido dos fornecedores 4, 5 e 6

	GAVR	GQBR	FRIM	GFUN	GINS	GADC
----- Fornecedor 4 -----						
EMp	0,936	0,419	0,357	0,879	0,791	0,877
gPB	0,833	0,826	0,287	0,453	0,722	0,450
gEE	-0,701	-0,067	0,068	-1,000	-0,425	-0,848
gAA	-0,910	-0,788	-0,730	-0,391	-0,967	-0,563
UMDD	0,188	-0,099	-0,404	0,481	0,116	0,251
----- Fornecedor 5 -----						
EMp	0,919	0,032	0,567	0,958	0,446	0,187
gPB	0,761	0,391	0,855	0,487	0,505	0,016
gEE	-0,806	0,160	-0,346	-1,000	-0,249	-0,211
gAA	-0,802	-0,527	-0,919	-0,418	-0,719	0,011
UMDD	0,092	-0,800	-0,406	0,636	0,027	0,195
----- Fornecedor 6 -----						
EMp	0,728	-0,203	0,325	0,798	0,422	0,058
gPB	0,321	0,837	-0,437	0,160	-0,791	0,520
gEE	-0,956	-0,372	0,098	-1,000	0,182	-0,411
gAA	0,064	0,765	-0,684	0,058	-0,900	0,413
UMDD	0,464	0,204	0,166	0,316	-0,004	0,391

de grãos fungados, tipicamente, os milhos dos fornecedores da região B apresentam certo equilíbrio entre as causas de danos.

Foram observadas altas correlações entre a ocorrência de grãos fungados, grãos carunchados, grãos avariados por diversas causas e as perdas de energia metabolizável, nos milhos obtidos do fornecedor 4, que podem indicar, além de problemas com fungos e carunchos, problemas de armazenamento.

Nos milhos do fornecedor 5, além de alta correlação entre a ocorrência de grãos fungados e as perdas de energia metabolizável, foram observadas altas correlações negativas entre grãos fragmentados e impurezas e o conteúdo de amido e açúcares e entre o teor de umidade dos grãos e a ocorrência de grãos quebrados. Estas correlações podem indicar que este fornecedor enfrenta problemas na secagem ou no armazenamento dos grãos.

O milho obtido do fornecedor 6 apresentou alta correlação entre as ocorrências de grãos fungados e perdas de energia metabolizável e alta correlação negativa entre o total de grãos atacados por insetos e o conteúdo de amido e açúcares dos grãos.

#### **4.6.3. Análises de variância**

Para avaliar a existência de diferenças estatísticas entre os milhos fornecidos pelos diversos fornecedores, com base em seu perfil de danos aos grãos, foi realizada uma análise de variância multivariada. Como variável independente, considerou-se a variável fornecedor. Como variáveis dependentes, foram consideradas as variáveis que representam danos aos grãos. No Quadro 23, é apresentado o resumo da análise de variância multivariada, que mostra não haver diferença significativa entre os fornecedores, com relação ao perfil de grãos danificados, a 5%. No entanto, foram detectadas diferenças estatísticas entre as variáveis grãos atacados por fungos (GFUN) e grãos avariados por diferentes causas (GADC). Foram, então, processadas análises de variância univariadas para estas variáveis, além das variáveis que representam a perda de energia metabolizável e o total de grãos avariados. Em todas as variáveis foram encontradas diferenças estatísticas entre os diversos fornecedores. Assim, procedeu-se a realização de testes de médias, Student Newman Keuls e Scott Knott. No Quadro 24, são



apresentados os resumos da análise de variância e dos testes de médias, para as diferentes variáveis em estudo. Com relação ao total de grãos avariados, os milhos dos fornecedores 4 e 6 apresentaram os mesmos valores estatísticos. O milho do fornecedor 4 apresentou, no entanto, menos avarias que os milhos dos demais fornecedores. O milho do fornecedor 6 não diferiu dos demais. Já a avaliação do teor de grãos atacados por fungos e de perdas de EM mostrou diferença apenas dos milhos do fornecedor 4, em relação aos demais. A análise das avarias por diferentes causas demonstrou que os milhos dos fornecedores 2 e 4 não apresentam diferenças estatísticas entre si, mas são estatisticamente diferentes dos demais milhos. Com base nos resultados das análises realizadas, foi possível concluir que os milhos do fornecedor 4 apresentam melhor qualidade que os milhos obtidos dos demais fornecedores.

Quadro 23 - Resumo da análise de variância multivariada das variáveis GQBR, FRIM, GFUN, GINS e GADC, em função do fornecedor

Testes	Valores	Graus de liberdade		F	Significância
Hotteling-Lawley	0,0593	25	182	0,09	ns
Pillai	0,8104	25	210	0,14	ns
Wilks	0,9318	25	142	0,11	ns
Roy	0,2151	5	42	1,81	0,132

Quadro 24 - Resumo das análises de variância multivariadas das variáveis GAVR, EMp, GFUN e GADC, por fornecedor

Fornecedor	GAVR	EMp	GFUN	GADC
1	19,67 b	122,88 b	6,30 b	0,85 B

2	20,02 b	132,13 b	7,76 b	0,62 A
3	20,42 b	132,88 b	7,22 b	0,90 B
4	16,68a	97,63a	4,56a	0,59 A
5	19,45 b	125,13 b	7,16 b	0,90 B
6	18,34ab	116,13 b	6,57 b	0,80 B
Significância	0,009	0,002	0,001	0,004
CV (%)	10,85	14,04	21,06	24,67

a, b médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Student Newman Keuls.

A, B médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

#### 4.7. Análise discriminante descritiva

A análise discriminante descritiva pressupõe a existência de uma variável dependente categorizada e de variáveis independentes métricas. É necessário, também, que por algum critério definido pelo pesquisador, os objetos em análise estejam alocados nos grupos em que a variável dependente está dividida. Uma vez que estas pressuposições estejam atendidas, faz-se a análise discriminante, na busca de funções que consigam descrever e discriminar, a partir das variáveis independentes, os objetos em cada grupo. É necessário, portanto, que existam diferenças estatísticas entre os grupos, com base no perfil multivariado dos objetos neles alocados. A análise estatística a ser realizada, para diferenciação, entre os grupos, é a análise de variância multivariada, em que são invertidas as relações de dependência e independência das variáveis em estudo. Assim, os grupos, dependentes na análise discriminante, tornam-se independentes, e as causas de danos nos grãos, independentes na análise discriminante, tornam-se dependentes na análise de variância multivariada.

#### 4.7.1. Análises de variância

No Quadro 25, são apresentados os resultados da análise de variância multivariada. As estatísticas utilizadas demonstram que há diferenças entre os grupos de milhos de alta (MAQ) e de baixa (MBQ) energia, segundo seu perfil de danos aos grãos.

As análises de variância univariadas, das variáveis dependentes do modelo, indicam que todas essas variáveis diferem, nos dois grupos. Como há, apenas, dois grupos, os testes estatísticos são conclusivos, não havendo a necessidade de testes de médias. Os resultados dessas análises são apresentados no Quadro 26. Pode-se observar que, com exceção da variável grãos quebrados, as médias das demais variáveis são menores no grupo de milho de alta energia. Como o critério de diferenciação entre os grupos, definido *a priori*, foi o conteúdo de energia metabolizável do milho, este resultado demonstra que as avarias nos grãos influenciam, negativamente, seu conteúdo energético.

#### 4.7.2. Análise discriminante

Após a constatação de que os dois grupos de milhos eram, estatisticamente, diferentes, realizou-se a análise discriminante, para a obtenção das funções que melhor discriminam os grupos e os milhos, em cada grupo, e a acurácia da alocação de milhos nos grupos, realizada *a priori*.

No Quadro 27, são apresentadas as funções discriminantes, de cada grupo. A comparação dos coeficientes das funções mostra que as principais

Quadro 25 - Resumo da análise de variância multivariada das variáveis GQBR, FRIM, GFUN, GINS e GADC, em função do nível de energia metabolizável

Testes	Valores	Graus de liberdade		F	Significância
Hotteling-Lawley	-0,5897	5	42	4,95	0,001
Pillai	-1,4375	5	42	4,95	0,001
Wilks	2,4375	5	42	4,95	0,001
Roy	0,4253	5	42	3,57	0,009

Quadro 26 - Resumo das análises de variância univariadas das variáveis QQBR, FRIM, GFUM, GINS e GADC, em função do nível de energia metabolizável

Grupo	QQBR	FRIM	GFUN	GINS	GADC
MBQ	7,31	2,13	7,67	2,17	0,83
MAQ	7,45	2,07	5,32	1,64	0,72
Significância	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CV (%)	12,00	22,54	17,56	13,73	20,02

Quadro 27 - Funções discriminantes de Anderson, para os grupos de alta (MAQ) e baixa (MBQ) energia metabolizável

$$D_{MBQ} = -81,40934 + 7,27092QQBR + 2,34127FRIM + 7,86361GFUN + 18,55977GINS + 5,78943GADC$$

$$D_{MAQ} = -56,95729 + 6,75573QQBR + 2,45536FRIM + 5,71440GFUN + 14,96686GINS + 5,48161GADC$$

diferenças entre as funções está nas variáveis relativas ao total de grãos atacados por fungos e ao total de grãos atacados por insetos.

A partir das funções discriminantes, cada milho foi testado e sua probabilidade de classificação correta foi calculada. No Quadro 28, são apresentados os resultados e a acurácia da classificação. Dos 27 milhos classificados, inicialmente, como milhos de baixa energia, 26 milhos apresentaram maiores probabilidades de, realmente, pertencerem a este grupo, resultando em acurácia, na classificação, de 96,3%. Todos os milhos classificados, previamente, como milhos de alta energia, apresentaram

probabilidades maiores de pertencerem a este grupo, realmente, não havendo, neste grupo, erros de classificação, o que resultou em 100% de acurácia. O resultado geral mostra que houve, aproximadamente, 98% de acerto na classificação dos milhos nos diferentes grupos. Após a correção da classificação do milho alocado erroneamente, as médias e desvios-padrão da energia metabolizável dos dois grupos de milhos foram comparados com os valores obtidos sem a separação dos grupos. Estes resultados são apresentados no Quadro 29, e pode-se observar que a separação, em grupos, desta matéria-prima, resultou em redução da variabilidade da energia metabolizável, confirmando os relatos de PENZ JR. (1994) e FAWCETT e WEBSTER (1999), de que a separação de matérias-primas em frações ou grupos resulta em redução da variabilidade de seus nutrientes.

#### 4.8. Análises de regressão

Através das análises de correlações, foram mensuradas as relações ou associações entre as variáveis físicas e químicas do milho. Além do estabelecimento dessas correlações, é importante a quantificação desta associação, de modo a permitir a predição de alterações no valor das variáveis dependentes, em função de variações nas variáveis independentes. Esta quantificação foi feita através das análises de regressão.

Quadro 28 - Acurácia da classificação dos milhos, nos grupos de alta (MAQ) e baixa (MBQ) energia metabolizável

Grupo alocado	Grupo classificado		Total	Acerto (%)
	MBQ	MAQ		
MBQ	26	1	27	96,30
MAQ	0	21	21	100,00
Total	26	22	48	97,92

Quadro 29 - Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação da energia metabolizável, nos grupos de alta (MAQ) e de baixa (MBQ) energia e no grupo de alta + baixa energia (MAQ + MBQ)

EM	Grupos		
	MAQ + MBQ	MBQ	MAQ
Média	3.689	3.675	3.706
Desvio-padrão	20,052	9,877	15,654
CV (%)	0,544	0,269	0,422

Duas análises foram definidas como de interesse: a estimativa dos valores de energia metabolizável do milho, em função de sua composição química; e, a estimativa das perdas de energia metabolizável, em função das avarias nos grãos. Uma vez que os grupos de milhos estavam definidos e que, estatisticamente, os milhos de cada grupo eram diferentes, a quantificação dessas relações, dentro de cada grupo, também puderam ser realizadas.

#### 4.8.1. Estimativas da energia metabolizável

Foram realizadas análises de regressão múltipla, em que a variável dependente métrica utilizada foi o conteúdo de energia metabolizável do milho e as variáveis independentes, também métricas, foram os teores de proteína bruta, de extrato etéreo e de amido e açúcares, dos grãos, em porcentagem. As equações obtidas são apresentadas no Quadro 30. Foram obtidas três equações: uma geral, uma para o grupo de milho de alta energia e uma para o grupo de milho de baixa energia. Os coeficientes de determinação obtidos ( $R^2 = 0,999$ ) indicam excelente ajuste das equações aos dados, de modo que as variações encontradas na variável dependente são bem explicadas pelas variações nas variáveis independentes.

#### 4.8.2. Estimativas da perda de energia metabolizável

Para a estimativa de perdas de energia metabolizável (EMp), a variável dependente, foram consideradas, como variáveis independentes, as diversas causas de avarias nos grãos. As estimativas foram obtidas através da análise de regressão múltipla.

De modo semelhante à estimativa da energia metabolizável, foram desenvolvidas equações para cada grupo, além de duas equações gerais, uma obtida por regressão múltipla e outra obtida por regressão simples, em que a variável independente era o total de grãos avariados (GAVR). No Quadro 31, são apresentadas as diversas equações que estimam as perdas de energia metabolizável e seus respectivos coeficientes de determinação.

Os resultados obtidos indicam, através da análise de seus coeficientes de determinação ( $R^2 = 0,999$  e  $0,996$ ), um excelente ajuste das equações aos dados, de modo que as variações nas variáveis independentes explicam bem as variações nos valores de energia metabolizável perdida. No entanto, a equação obtida por regressão simples apresenta coeficiente de determinação de  $0,752$ , apenas, se comparado aos coeficientes de determinação das demais equações.

Quadro 30 - Equações para estimativa da energia metabolizável em função da composição química dos grãos de milho

Geral	$EM = -87.477 + 951,164\%PB + 1.002,10\%EE + 1.053,08\%AA$ $R^2 = 0,999$
MBQ	$EM = -86.659 + 942,920\%PB + 993,469\%EE + 1.043,57\%AA$ $R^2 = 0,999$
MAQ	$EM = -87.979 + 965,523\%PB + 1.007,59\%EE + 1.058,86\%AA$ $R^2 = 0,999$

Quadro 31 - Equações para a estimativa da perda de energia metabolizável, em função das variáveis GQBR, FRIM, GFUN, GINS e GADC e da variável GAVR

Geral <sub>m</sub>	$EM_p = -0,06407 + 1,6151GQBR + 6,9843FRIM + 10,0649GFUN + 12,2854GINS + 5,8688GADC$ $R^2 = 0,999$
MBQ	$EM_p = 4,88214 + 1,5340GQBR + 7,0538FRIM + 9,7984GFUN + 11,6640GINS + 4,6073GADC$ $R^2 = 0,996$
MAQ	$EM_p = 0,80983 + 1,5053GQBR + 6,6238FRIM + 10,0409GFUN + 12,5565GINS + 6,2759GADC$ $R^2 = 0,999$
Geral <sub>s</sub>	$EM_p = -21.5606 + 7,74718GAVR$ $R^2 = 0,752$

#### 4.9. Análise discriminante preditiva

A partir das funções discriminantes, obtidas na análise discriminante descritiva, é possível classificar novas amostras de milho, de valor energético desconhecido, com base em seus perfis de avarias nos grãos, em um dos dois grupos de milhos existentes. Assim, a partir das funções discriminantes, apresentadas no Quadro 27, oito novas amostras de milho, cujas porcentagens de avarias nos grãos foram apresentadas no Quadro 5, foram classificadas em milhos de alta ou de baixa energia e, por meio das equações apresentadas no Quadro 31, foram estimadas seus valores de perda de energia metabolizável. A partir das estimativas de perdas de energia metabolizável e do valor de energia metabolizável do milho-padrão, apresentado no Quadro 4, foram estimados, então, os valores de energia metabolizável das novas amostras de milho.

Para a alocação de uma amostra, em um dos grupos, seus percentuais de danos são utilizados nas diversas funções discriminantes e o maior valor **D** obtido, a partir dessas funções, indica em que grupo a amostra deve ser alocada. No Quadro 32 são apresentados os resultados da classificação das novas amostras e as probabilidades de que elas pertençam ao grupo em que foram alocadas. Também são apresentadas as estimativas de perda de energia metabolizável e do conteúdo de energia metabolizável, de cada amostra de milho.



Quadro 32 - Classificação, segundo as funções discriminantes, nos grupos de alta (MAQ) ou baixa (MBQ) energia metabolizável, probabilidades de acerto de classificação e estimativas de perdas (EMp) e do conteúdo de energia metabolizável (EM), de diferentes amostras de milho, em kcal/kg de matéria seca

Amostra	D <sub>MBQ</sub>	D <sub>MAQ</sub>	Alocação	Probabilidade (%)	EMp	EM
1	55,30	62,18	MAQ	84,86	96,71	3.713
2	86,01	81,85	MBQ	92,26	132,29	3.678
3	50,51	58,62	MAQ	85,01	99,73	3.710
4	51,51	58,05	MAQ	88,82	95,38	3.715
5	92,97	88,04	MBQ	95,84	139,68	3.670
6	54,64	60,00	MAQ	85,16	100,20	3.710
7	56,28	60,50	MAQ	74,62	110,74	3.699
8	65,69	67,06	MAE	56,52	112,90	3.697

$$D_{MBQ} = -81,40934 + 7,27092 \text{ GQBR} + 2,34127 \text{ FRIM} + 7,86361 \text{ GFUN} + 18,55977 \text{ GINS} + 5,78943 \text{ GADC}$$

$$D_{MAQ} = -56,95729 + 6,75573 \text{ GQBR} + 2,45536 \text{ FRIM} + 5,71440 \text{ GFUN} + 14,96686 \text{ GINS} + 5,48161 \text{ GADC}$$

$$EM_{pMBQ} = 4,88214 + 1,5340 \text{ GQBR} + 7,0538 \text{ FRIM} + 9,7984 \text{ GFUN} + 11,6640 \text{ GINS} + 4,6073 \text{ GADC}$$

$$EM_{pMAQ} = 0,80983 + 1,5053 \text{ GQBR} + 6,6238 \text{ FRIM} + 10,0409 \text{ GFUN} + 12,5565 \text{ GINS} + 6,2759 \text{ GADC}$$

$$EM \text{ (Kcal/kg de matéria seca)} = 3.810 - EMp.$$

#### 4.10. Análises de agrupamento

Para a obtenção das funções que melhor discriminavam as amostras de milho, as funções discriminantes de Anderson, através da análise discriminante descritiva, foi necessário fazer uma definição, *a priori*, dos grupos de milhos, com base em uma característica conhecida, o nível de energia metabolizável. Assim, as amostras de milho foram classificadas, com base nessa característica, em milhos de alta ou baixa qualidade, se apresentavam maiores ou menores teores de energia metabolizável, respectivamente, que a média geral desta característica. No entanto, podem existir situações em que, ao invés da definição de um critério, *a priori*, seja preferível a aplicação de técnicas de agrupamento, para a formação dos grupos, através do perfil multivariado dos objetos em estudo. Assim, com base nas variáveis GQBR, FRIM, GFUN, GINS e GADC, foram avaliados diferentes algoritmos para a formação dos grupos de milhos de alta e baixa qualidade nutricional. Os resultados obtidos foram comparados com o método-padrão de formação dos grupos, o nível de energia metabolizável.

No Quadro 33, são apresentadas as médias de avarias físicas dos grãos de milho, dentro dos grupos de milho de alta e de baixa qualidade, obtidos pelos diferentes métodos de agrupamento. A comparação das médias de cada variável em estudo, dentro de cada grupo formado, com a média obtida pelo método-padrão, mostra que, entre os diferentes métodos, o que possibilitou o agrupamento dos milhos com médias mais próximas aos grupos formados com base no teor de energia metabolizável do milho foi o método de agrupamento aglomerativo hierarquizado, de ligações completas, com distância de Pearson (HLCP). Por este método foram obtidas as médias mais próximas do padrão, para a característica de avaria de grãos de maior importância, o percentual de grãos atacados por fungos (GFUN).

No Quadro 34, são apresentados os desvios-padrão de avarias físicas dos grãos de milho, dentro dos grupos de milho de alta e de baixa qualidade, obtidos pelos diferentes métodos de agrupamento. A comparação dos desvios-padrão de cada variável em estudo, dentro de cada grupo formado, com o

Quadro 33 - Médias das avarias físicas dos grãos de milho, nos grupos de milho de alta qualidade (MAQ) e de baixa qualidade (MBQ) formados por diferentes métodos

Métodos	Médias das avarias físicas dos grãos (%)						
	GQBR		FRIM		GFUN		GCA
	MBQ	MAQ	MBQ	MAQ	MBQ	MAQ	MBQ
NEM	7,199	7,560	2,132	2,078	7,707	5,383	2,202
VMEM	7,353	7,404	2,056	2,189	7,543	5,012	1,898
HLCP	6,873	8,014	2,118	2,091	7,598	5,302	2,051
HLCC	6,762	7,983	2,018	2,194	7,643	5,544	2,051
HCP	7,130	7,856	2,107	2,104	7,330	5,121	2,046
	----- Médias das avarias físicas dos grãos, em relação ao padrão (%) -----						
NEM	100	100	100	100	100	100	100
VMEM	102	<b>98</b>	96	105	98	93	86
HLCP	95	106	<b>99</b>	<b>101</b>	<b>99</b>	<b>98</b>	<b>93</b>
HLCC	94	106	95	106	<b>99</b>	103	<b>93</b>
HCP	<b>99</b>	104	<b>99</b>	<b>101</b>	95	95	<b>93</b>

NEM = Nível de energia metabolizável; VMEM = Método da variância mínima, com distância Euclidiana média; HLCP = Método aglomerativo hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson; HLCC = Método aglomerativo hierarquizado de ligações completas, com distância de Corda; HCP = Método aglomerativo hierarquizado do centróide, com distância de Pearson.

Quadro 34 - Desvios-padrão das avarias físicas dos grãos de milho, nos grupos de milho de alta qualidade (MAQ) e de baixa qualidade (MBQ) formados por diferentes métodos

Métodos	Desvios-padrão das avarias físicas dos grãos (%)						
	GQBR		FRIM		GFUN		GCA
	MBQ	MAQ	MBQ	MAQ	MBQ	MAQ	MBQ
NEM	1,0800	1,3570	0,5355	0,5873	1,0010	1,3890	0,3890
VMEM	1,1274	1,3968	0,5168	0,6213	1,0307	1,2909	0,5465
HLCP	1,0731	1,1117	0,6195	0,4753	1,1427	1,3231	0,5438
HLCC	1,0565	1,0734	0,6583	0,4257	1,1751	1,4231	0,5878
HCP	1,1180	1,3089	0,6016	0,4680	1,0993	1,6667	0,5318
	----- Desvios-padrão das avarias físicas dos grãos, em relação ao padrão (%) -----						
NEM	100	100	100	100	100	100	100
VMEM	104	103	<b>97</b>	106	<b>103</b>	<b>93</b>	140
HLCP	99	82	116	81	114	95	140
HLCC	<b>98</b>	<b>79</b>	123	<b>72</b>	117	102	151
HCP	104	96	112	80	110	120	<b>137</b>

NEM = Nível de energia metabolizável; VMEM = Método da variância mínima, com distância Euclidiana média; HLCP = Método aglomerativo hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson; HLCC = Método aglomerativo hierarquizado de ligações completas, com distância de Corda; HCP = Método aglomerativo hierarquizado do centróide, com distância de Pearson.

desvio-padrão obtido pelo método-padrão, mostra que, entre os diferentes métodos, os que possibilitaram o agrupamento dos milhos com maior homogeneidade, quando comparados aos grupos formados com base no teor de energia metabolizável do milho, foram os métodos de agrupamento aglomerativo hierarquizado, de ligações completas, com distâncias de Pearson e de Corda (HLCP e HLCC). Pelo método HLCP, também foram obtidos os menores desvios-padrão para a característica de avaria de grãos de maior importância, o percentual de grãos atacados por fungos (GFUN).

A avaliação da acurácia de classificação das amostras também deve ser aplicada na avaliação da qualidade do agrupamento obtido pelos diferentes métodos. Uma forma de avaliar esta acurácia é através da aplicação da técnica de análise discriminante descritiva. No entanto, é necessário que, previamente sejam realizados testes estatísticos para a verificação de diferenças significativas entre os milhos classificados nos grupos de alta e baixa qualidade, segundo cada um dos métodos de agrupamento utilizados. O teste apropriado para esta análise é o Critério de Wilks, precedido da análise de variância multivariada. No Quadro 35, é apresentado o resumo das análises de variância multivariadas com respectivas significâncias, para as diferenças entre milhos alocados nos grupos de alta e baixa qualidade, com base em seus perfis de avarias físicas, segundo os diferentes métodos utilizados. Os resultados obtidos mostram que, independente dos métodos de agrupamento utilizados, os milhos do grupo de alta qualidade diferem dos milhos do grupo de baixa qualidade, pelo teste Critério de Wilks, a 5% de probabilidade.

Após a confirmação de que os grupos de milho de alta e baixa qualidade, formados pelos diferentes critérios de agrupamento, diferem estatisticamente, procedeu-se à verificação da acurácia de classificação dos milhos, dentro de cada grupo, para cada um dos métodos empregados. No Quadro 36, são apresentados os resultados da verificação de acurácia da classificação das amostras de milho pelo método da variância mínima, com distância Euclidiana média, que possibilitou acerto de classificação de 93,75%. No Quadro 37, são apresentados os resultados da verificação de acurácia de classificação das amostras de milho pelo método de agrupamento hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson, que propiciou acurácia de classificação de 100%. São apresentados, no Quadro 38, os resultados da verificação de acurácia das

amostras de milho pelo método de agrupamento hierarquizado de ligações completas, com distância de Corda, que possibilitou acurácia de classificação de 95,83%. Os resultados da verificação de acurácia da classificação das amostras de milho, pelo método de agrupamento hierarquizado do centróide, com distância de Pearson, são apresentados no Quadro 39. Este método de agrupamento possibilitou acurácia de classificação de 93,75%. Assim, a comparação de acurácia de classificação das amostras de milho, pelos diferentes métodos, indica que o método de agrupamento hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson, propiciou os melhores resultados.

No Quadro 40, são apresentados os resultados da análise de Correlações de Spearman, para dados ordinais, que possibilita o estudo das correlações entre as classificações de amostras obtidas por meio dos diversos métodos de agrupamento, e a classificação obtida por meio da metodologia de agrupamento baseada nos valores de energia metabolizável dos grãos. Através da análise dos coeficientes de correlação, o método que resultou em classificações mais próximas às obtidas pelo método dos valores de energia metabolizável, foi o método de agrupamento hierarquizado do centróide, com distância de Pearson, que resultou em correlação de 63,20%, seguido pelo método de agrupamento hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson, que resultou em correlação de 55,30%.

A análise de médias e desvios-padrão, acurácia de classificação e das correlações de Spearman permitem concluir que, a metodologia de agrupamento que resultou em melhor formação de grupos de milhos de alta e baixa qualidade nutricional, quando comparada à metodologia de agrupamento segundo os valores de energia metabolizável dos grãos, foi a metodologia de agrupamento hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson, segundo o perfil multivariado de avarias dos grãos de milho.

Quadro 35 - Resumo das análises de variância multivariadas e significância, pelo teste Critério de Wilks, das variáveis GQBR, FRIM, GFUN, GINS e GADC, em função dos diferentes métodos de formação de grupos

Métodos	Valores (Wilks)	Graus de liberdade		F	Significância
NEM	16,9967	5	42	7,91	0,000
VMEM	2,5913	5	42	5,16	0,001

HLCP	1,8218	5	42	3,79	0,006
HLCC	0,6492	5	42	4,54	0,002
HCP	2,6345	5	42	5,21	0,001

Quadro 36 - Acurácia da classificação de amostras de milho, segundo o método de agrupamento das variâncias mínimas, com distância Euclidiana média

Grupo alocado	Grupo classificado		Total	Acerto (%)
	MBQ	MAQ		
MBQ	30	0	30	100,00
MAQ	3	15	18	83,33
Total	33	15	48	93,75

Quadro 37 - Acurácia da classificação de amostras de milho, segundo o método de agrupamento hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson

Grupo alocado	Grupo classificado		Total	Acerto (%)
	MBQ	MAQ		
MBQ	27	0	27	100,00
MAQ	0	21	21	100,00
Total	27	21	48	100,00

Quadro 38 - Acurácia da classificação de amostras de milho, segundo o método de agrupamento hierarquizado de ligações completas, com distância de Corda

Grupo alocado	Grupo classificado		Total	Acerto (%)
	MBQ	MAQ		
MBQ	23	1	24	95,83
MAQ	1	23	24	95,83
Total	24	24	48	95,83

Quadro 39 - Acurácia da classificação de amostras de milho, segundo o método de agrupamento hierarquizado do centróide, com distância de Pearson

Grupo alocado	Grupo classificado		Total	Acerto (%)
	MBQ	MAQ		
MBQ	30	2	32	93,75
MAQ	1	15	16	93,75
Total	31	17	48	93,75



Quadro 40 - Correlações de Spearman entre os grupos de milhos formados com base em seus teores de energia metabolizável (NEM) e formados segundo diferentes técnicas de agrupamento

Método	Correlação com NEM	Z	Significância
VMEM	0,447	3,0618	0,0011
HLCP	0,553	3,7895	0,0001
HLCC	0,425	2,9120	0,0018
HCP	0,632	4,3294	0,0000

VMEM = Método da variância mínima, com distância Euclidiana média; HLCP = Método aglomerativo hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson; HLCC = Método aglomerativo hierarquizado de ligações completas, com distância de Corda; HCP = Método aglomerativo hierarquizado do centróide, com distância de Pearson; NEM = Nível de energia metabolizável.

#### 4.11. Impacto econômico na formulação de rações

A separação das amostras de milho, em grupos de alta e baixa qualidade, e o posterior ajuste de seus valores na matriz de formulação de rações, resultou na valorização de um ingrediente, o milho de alta qualidade e na desvalorização de outro ingrediente, o milho de baixa qualidade. Foi criado, nutricionalmente, um diferencial entre os dois ingredientes. No entanto, é importante que também seja criado um diferencial de custo entre estas duas matérias-primas, já que, estatisticamente, as mesmas são diferentes. Assim, rações foram formuladas para avaliar o impacto do fracionamento do milho sobre seus custos. No Quadro 41, são apresentadas as composições químicas de rações formuladas com o milho fracionado em milho de alta e de baixa qualidade e com o milho utilizado sem fracionamento.

Quadro 41 - Composição e custo de rações formuladas com milho sem fracionamento (MSF) e com milhos fracionados em milhos de alta (MAQ) e baixa qualidade (MBQ)

Ingredientes	Composição das r				
	Custo/kg		Com ingrediente de origem animal		
	US\$	R\$	MSF	MAQ	MBQ
Milho sem fracionamento (MSF)	0,08	0,20	64,254	-	-
Milho de alta qualidade (MAQ)	0,08	0,20	-	64,403	-
Milho de baixa qualidade (MBQ)	0,08	0,20	-	-	63,957
Farelo de soja 45%	0,08	0,45	24,193	24,164	24,251
Farinha de carne e ossos 40%	0,12	0,30	6,000	6,000	6,000
Óleo de soja	0,34	0,85	4,389	4,268	4,629
Fosfato bicálcico	0,22	0,55	-	-	-
Calcário	0,02	0,06	-	-	-
L-Lisina	2,41	6,03	0,265	0,266	0,264
DL-Metionina	2,80	7,00	0,213	0,212	0,213
Premix mineral	0,40	1,00	1,000	1,000	1,000
Premix vitamínico	2,80	7,00	0,300	0,300	0,300
Sal	0,06	0,15	0,287	0,287	0,287
Custo/1.000 kg (R\$)			345,98	345,14	347,64
Custo/1.000 kg (US\$)			138,39	138,06	139,06
Diferença de custo (%)			0,00	<b>-0,24</b>	<b>0,48</b>

A formulação das rações, com o fracionamento do milho, resultou em rações mais baratas, nos casos da utilização do milho de alta qualidade, e mais caras, nos casos da utilização do milho de baixa qualidade, que as rações formuladas sem o fracionamento do milho. A variação de custo, para as rações formuladas com milho de alta qualidade foi de cerca de -0,23%, e a variação de custo, para as rações formuladas com milho de baixa qualidade foi de, aproximadamente, +0,45%. Estas variações têm como causa direta, a alteração dos níveis energéticos do milho, na matriz de formulação de rações, e resultam em variações na inclusão de farelo e de óleo de soja nas rações.

Como é necessário alterar os níveis nutricionais desses milhos na matriz de formulação de rações, que resultam em alterações positivas e negativas nos custos das rações, que vantagens haveria, então, em fracionar o milho em milhos de alta e de baixa qualidade? As respostas para este questionamento baseiam-se em dois pontos: a formulação de rações com melhor conhecimento do valor nutricional dos ingredientes; e, o diferencial de custo entre diferentes matérias-primas.

É inquestionável que melhores rações são produzidas quanto de melhor qualidade e de menor variabilidade forem os ingredientes, e maior for o conhecimento sobre seus valores nutricionais, possibilitando que os resultados zootécnicos obtidos sejam mais próximos aos resultados de desempenho esperados (PENZ JR., 1994; FAWCETT e WEBSTER, 1999). Esta é, portanto, uma das vantagens do fracionamento das matérias-primas.

Segundo LIMA (2000), o mercado de milho, em geral, valoriza pouco a qualidade. Matérias-primas de diferentes qualidades deveriam ter valores diferentes de comercialização, com valorização de sua qualidade. Através do fracionamento do milho, é possível estabelecer critérios de diferenciação da qualidade nutricional desta matéria-prima e, conseqüentemente, estabelecer critérios de valorização ou de depreciação. Esta é a outra vantagem do fracionamento das matérias-primas.

Como exemplo do estabelecimento de critérios para definição de valores de comercialização das matérias-primas, serão utilizadas as rações formuladas e apresentadas no Quadro 41. As alterações na composição das rações, com a utilização de quantidades diferentes de farelo e de óleo de soja, ocorreram devido à utilização de milhos que diferiram, apenas, em seus valores de energia metabolizável. As correções

dos valores de energia metabolizável do milho ocorreram, por sua vez, devido às avarias nos grãos, com maior penalização para grãos de pior qualidade. Ou, seja, as alterações na composição das rações ocorreram, especificamente, pela utilização de milhos com valores nutricionais diferenciados. O resultado da alteração da composição das rações foi seu aumento de custo. Assim, para que as rações formuladas com o milho de pior qualidade possam ter o mesmo custo que as formuladas com o milho sem fracionamento, é necessário que o milho seja depreciado. Nas rações formuladas como exemplo, a depreciação do milho, calculada pelo software de formulação de rações deveria ser de, no mínimo, 2%, para que este milho fosse utilizado nas rações, sem alterações de custos, apesar do fracionamento ter resultado em aumento de cerca de 0,45% de custo da ração, quando comparada à formulação utilizando milho sem fracionamento. A depreciação do milho deve aumentar quando a comparação é feita entre as rações formuladas com os milhos de alta e de baixa qualidade. Estes resultados reforçam a idéia de que a comercialização do milho deve levar em conta sua qualidade nutricional, não mais considerando o milho uma única matéria-prima, com valores nutricionais estáticos.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo conceitual e prático de avaliação da qualidade nutricional e classificação do milho, baseado em características físico-químicas do milho, utilizando técnicas de análise estatística uni e multivariadas. Os dados utilizados nas análises estatísticas foram gerados aleatoriamente, com média e desvio-padrão conhecidos, e distribuição normal. As médias e desvios-padrão foram obtidos em literatura científica especializada e caracterizam os milhos encontrados em diversas regiões do Brasil.

Os parâmetros estudados foram subdivididos em três grupos de variáveis: variáveis relacionados à origem do milho, como região e fornecedores; variáveis relacionados à composição química do milho, principalmente conteúdos de energia metabolizável, de proteína bruta, de extrato etéreo e de amido e açúcares; e, variáveis relacionados às características físicas do milho,

principalmente causas de avarias aos grãos. Cada variável, em estudo, era composta por 48 observações.

Para a avaliação da qualidade nutricional do milho, foram utilizadas diversas técnicas estatísticas uni e multivariadas. Antes da utilização dessas técnicas, no entanto, foram realizadas análises estatísticas exploratórias dos dados e análises descritivas das variáveis. As técnicas estatísticas uni e multivariadas utilizadas foram: correlações de Pearson e Spearman; análise de componentes principais; análise de correlação canônicas; análises de variância uni e multivariadas; análises discriminantes descritiva e preditiva; análises de regressão múltipla e simples; análises de agrupamento; e, testes estatísticos.

Para o estudo das causas de avarias nos grãos, foram consideradas, inicialmente, seis variáveis: grãos quebrados (GQBR), grãos fragmentados e impurezas (FRIM), grãos atacados por fungos (GFUN), grãos atacados por insetos (GINS), grãos imaturos (GCHO) e grãos avariados por diversas outras causas (GADC). Foi aplicada a técnica multivariada de componentes principais, com o objetivo de reduzir o número de variáveis a serem utilizadas, e a variável GCHO foi descartada das análises posteriores.

A análise de correlações de Pearson mostrou altas correlações entre as perdas de energia metabolizável (EMp), o total de grãos avariados (GAVR) e o percentual de grãos atacados por fungos (GFUN). Também foi observada correlação negativa alta, entre o conteúdo de extrato etéreo (gEE) e o total de grãos avariados (GAVR), e correlação negativa perfeita, entre gEE e GFUN. As correlações entre GAVR e o conteúdo de amido e açúcares (gAA) dos grãos e entre o total de grãos atacados por insetos (GINS) e o conteúdo de amido e açúcares (gAA) do milho foram médias. Todas as demais correlações estudadas foram baixas, inclusive entre a ocorrência de danos aos grãos e o teor de umidade dos grãos armazenados.

O estudo de relações de causa e efeito entre as variáveis proteína bruta (%PB), extrato etéreo (%EE) e amido e açúcares (%AA), em porcentagem da matéria seca, e as variáveis que caracterizavam os danos aos grãos mostrou, através da análise das funções canônicas, que a ocorrência de grãos fungados (GFUN) resultou em redução do extrato

etéreo (%EE) e que a ocorrência de grãos carunchados (GINS) resultou em redução dos teores de amido e açúcares (%AA) e de extrato etéreo (%EE) dos grãos.

De modo geral, a análise descritiva das variáveis físicas e químicas dos milhos mostrou que os milhos das duas regiões são semelhantes. No entanto, diferem, em características importantes: as porcentagens de grãos fungados (GFUN), de grãos carunchados (GINS) e total de grãos avariados (GAVR), que foram maiores na região A. Os milhos da região A também apresentaram maiores perdas de energia metabolizável (EMp). Uma estatística de destaque foi maior variabilidade dos valores de energia metabolizável, na região B, indicando maior desuniformidade entre as amostras. Para avaliar a significância estatística das diferenças numéricas, observadas na análise descritiva das regiões, foram realizadas análises de variância uni e multivariadas e, pelos resultados obtidos, pôde-se concluir que os milhos da região B são melhores que os da região A.

De modo geral, a análise descritiva das variáveis físicas e químicas dos milhos mostrou que os milhos dos diferentes fornecedores são semelhantes. Para avaliar a existência de diferenças estatísticas entre os milhos fornecidos pelos diversos fornecedores, com base em seu perfil de danos aos grãos, foram realizadas análises de variância uni e multivariadas, que permitiram concluir que os milhos do fornecedor 4 apresentaram melhor qualidade que os milhos obtidos dos demais fornecedores.

Como análise preliminar à análise discriminante descritiva, para a diferenciação dos grupos de milhos de alta e de baixa energia, segundo seu perfil de danos aos grãos, foi realizada uma análise de variância multivariada, complementada por análises de variância univariadas. As estatísticas utilizadas demonstraram haver diferenças estatísticas entre os diferentes grupos de milhos. As análises univariadas indicaram que todas as variáveis de danos aos grãos diferiram, entre os dois grupos. Com exceção da variável grãos quebrados (GQBR), as médias das demais variáveis foram menores no grupo de milho de alta energia (MAQ). Como o critério de diferenciação entre os grupos, definido *a priori*, foi o conteúdo de energia metabolizável do milho, este resultado demonstra que as avarias nos grãos influenciam, negativamente, seu conteúdo energético.

Após a constatação de que os dois grupos de milhos eram, estatisticamente, diferentes, realizou-se a análise discriminante, para a obtenção das funções que melhor discriminam os grupos e os milhos, em cada grupo, e a acurácia da alocação de milhos nos grupos, realizada *a priori*. As funções discriminantes de Anderson obtidas, que discriminam os elementos dos dois grupos, foram:

$$D_{\text{MBQ}} = -81,40934 + 7,27092 \text{GQBR} + 2,34127 \text{FRIM} + 7,86361 \text{GFUN} + 18,55977 \text{GINS} + 5,78943 \text{GADC}$$

$$D_{\text{MAQ}} = -56,95729 + 6,75573 \text{GQBR} + 2,45536 \text{FRIM} + 5,71440 \text{GFUN} + 14,96686 \text{GINS} + 5,48161 \text{GADC}$$

A comparação dos coeficientes das diferentes funções mostrou que as principais diferenças entre as mesmas estão nas variáveis relativas ao total de grãos atacados por fungos (GFUN) e ao total de grãos atacados por insetos (GINS).

A partir das funções discriminantes, cada milho foi testado e sua probabilidade de classificação correta, foi calculada. Dos milhos classificados, inicialmente, como milhos de baixa energia (MBQ), 96% apresentaram maiores probabilidades de, realmente, pertencerem a este grupo. Todos os milhos classificados, previamente, como milhos de alta energia (MAQ), apresentaram probabilidades maiores de pertencerem ao grupo de alta energia, realmente, não havendo, neste grupo, erros de classificação. O resultado geral mostra que houve, aproximadamente, 98% de acerto na classificação dos milhos nos diferentes grupos. Após a correção da classificação do milho alocado erroneamente, as médias e desvios-padrão da energia metabolizável dos dois grupos de milhos foram comparados com os valores obtidos sem a separação dos grupos. A separação, em grupos, desta matéria-prima, resultou em redução da variabilidade da energia metabolizável (EM).

Para quantificação das associações entre as variáveis físicas e químicas do milho, foram utilizadas análises de regressão. Duas análises foram definidas como de interesse: a estimativa dos valores de energia metabolizável (EM) do milho, em função de sua composição química; e, a estimativa das perdas de energia metabolizável (EMp), em função das avarias nos grãos. Uma vez que os grupos de milhos estavam definidos e que, estatisticamente, os grupos de milho eram diferentes, essas relações foram quantificadas, dentro de cada grupo, também.



Foram realizadas análises de regressão múltipla, para estimativa da energia metabolizável (EM) do milho, a partir de sua composição química, e três equações foram obtidas: uma geral, uma para o grupo de milho de alta energia (MAQ) e uma para o grupo de milho de baixa energia (MBQ) que são apresentadas a seguir:

Geral	$EM = -87.477 + 951,164\%PB + 1.002,10\%EE + 1.053,08\%AA \quad R^2 = 0,999$
MBQ	$EM = -86.659 + 942,920\%PB + 993,469\%EE + 1.043,57\%AA \quad R^2 = 0,999$
MAQ	$EM = -87.979 + 965,523\%PB + 1.007,59\%EE + 1.058,86\%AA \quad R^2 = 0,999$

Os coeficientes de determinação obtidos ( $R^2=0,999$ ) indicaram excelente ajuste das equações aos dados, de modo que as variações encontradas na variável dependente foram bem explicadas pelas variações nas variáveis independentes.

As equações para a estimativa de perdas de energia metabolizável (EM<sub>p</sub>) foram obtidas através de análises de regressão múltipla e simples. Foram desenvolvidas equações para cada grupo, através de regressão múltipla, além das equações gerais, obtidas por regressão múltipla e simples, apresentadas a seguir:

Geral <sub>m</sub>	$EM_p = -0,06407 + 1,6151GQBR + 6,9843FRIM + 10,0649GFUN + 12,2854GINS + 5,8688GADC \quad R^2 = 0,999$
MBQ	$EM_p = 4,88214 + 1,5340GQBR + 7,0538FRIM + 9,7984GFUN + 11,6640GINS + 4,6073GADC \quad R^2 = 0,996$
MAQ	$EM_p = 0,80983 + 1,5053GQBR + 6,6238FRIM + 10,0409GFUN + 12,5565GINS + 6,2759GADC \quad R^2 = 0,999$
Geral <sub>s</sub>	$EM_p = -21.5606 + 7,74718 GAVR \quad R^2 = 0,752$

Os resultados obtidos indicaram, através da análise dos coeficientes de determinação ( $R^2=0,99$ ), um excelente ajuste das equações aos dados, de modo que as variações nas variáveis independentes explicaram bem as variações nos valores de energia metabolizável perdida (EM<sub>p</sub>). A equação obtida por regressão simples apresentou, no entanto, coeficiente de determinação de 0,752.

A partir das funções discriminantes, obtidas na análise discriminante descritiva, foi possível classificar novas amostras de milho, de valor energético desconhecido, com base em seus perfis de avarias nos grãos, em um dos dois grupos de milhos existentes. Assim, oito novas amostras de milho, de valor energético desconhecido, foram

classificadas em milhos de alta ou de baixa energia, com altas probabilidades de acerto. A partir das estimativas de perdas de energia metabolizável (EMp) obtidas por meio das equações desenvolvidas previamente, para cada grupo, e do valor de energia metabolizável (EM) do milho padrão, foram estimados os valores de energia metabolizável (EM) das novas amostras de milho.

Médias, desvios-padrão, acurácia de classificação e correlações de rank dos grupos de milho de alta (MAQ) e de baixa (MBQ) qualidade, formados de acordo com o perfil multivariado de avarias dos grãos, pela utilização de diversas técnicas de agrupamento, foram comparados com os valores obtidos pela separação dos milhos em grupos, com base em seus valores de energia metabolizável. Os melhores resultados foram obtidos com a utilização do método de agrupamento hierarquizado de ligações completas, com distância de Pearson.

Para avaliar o impacto da separação do milho em milhos de alta e de baixa qualidade, foram formuladas rações práticas, para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade. A formulação das rações, com o fracionamento do milho, resultou em rações mais baratas (-0,23%), nos casos da utilização do milho de alta qualidade, e mais caras (+0,45%), nos casos da utilização do milho de baixa qualidade, que as rações formuladas sem o fracionamento do milho. Para que as rações formuladas com o milho de pior qualidade possam ter o mesmo custo que as formuladas com o milho sem fracionamento, é necessário que o milho seja depreciado em, no mínimo, 2%, para que este milho possa ser utilizado nas rações, sem alterações de custos. Esta diferença aumenta quando a comparação é feita entre as rações formuladas com os milhos de alta e de baixa qualidade.

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- os ataques de fungos e de insetos são as principais causas de danos aos grãos de milho;
- a matéria seca dos grãos, principalmente extrato etéreo, amido e açúcares, é reduzida pela ação de fungos e insetos;
- as avarias nos grãos resultam em redução da qualidade nutricional do milho, que devem ser consideradas pelos nutricionistas;

- existem diferenças, na qualidade do milho, entre as regiões de origem e os diferentes fornecedores, principalmente no total de grãos avariados, total de grãos atacados por fungos e perdas de energia metabolizável;
- a comercialização do milho deve levar em conta sua qualidade nutricional, não mais considerando o milho uma única matéria-prima, com valores nutricionais estáticos;
- as diferenças nutricionais entre os milhos de alta e de baixa qualidade devem ser consideradas quando da comercialização do milho, devendo os milhos de pior qualidade sofrer depreciação, para não influenciar, negativamente, os custos das rações;
- a utilização das diversas técnicas estatísticas possibilitou boa exploração dos dados, das relações de causa e efeito, e da quantificação dessas relações, entre as variáveis;
- a utilização das diversas técnicas estatísticas, principalmente as análises multivariadas, possibilitou o desenvolvimento de um modelo conceitual e prático de avaliação nutricional do milho, com base em características físicas e químicas relevantes; e
- o modelo desenvolvido apresenta potencial para ser adaptado a outras matérias-primas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEDO, J. Materias primas energeticas en la alimentacion de la gallina ponedora. In: NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE GALLINAS PONEDORAS. Editada por BLAS, C. de, MATEOS, G.G. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1991. p.187-205.
- ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S., TAFURI, M.L., SILVA, M.A. Determinação dos valores de energia metabolizável aparente e verdadeira de alguns alimentos para aves, usando diferentes métodos. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.21, n.6, p.1047-1058, 1992.
- ALBINO, L.F.T., SILVA, M.A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. Editado por ROSTAGNO, H.S. Viçosa, MG: DZO-UFV, 1996. p.303-318.
- ANDERSON, T.W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1984. 675p.
- AZEVEDO, D.M.S. **Fatores que influenciam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- BARBARINO JR., P. **Desempenho produtivo e econômico e avaliação da carcaça de frangos de corte submetidos à restrição alimentar precoce**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

- BARIONI JR., W. **Análise de correspondência na identificação dos fatores de risco associados à diarreia e à performance de leitões na fase de lactação.** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1995. 97p. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1995.
- BARTOV, I. Effect of storage duration on the nutritional value of corn kernels for broiler chicks. **Poult. Sci.**, v.75, p.1524-1527, 1996.
- BATTERHAM, E.S. Prediction of the dietary energy value of diets and raw materials for pigs. In: **FEEDSTUFF EVALUATION**. Editado por WISEMAN, J., COLE, D.J.A. London: Butterworths, 1990. p.267-281.
- BELLAVER, C. Nutricionista frente à sustentabilidade da produção animal. In: **SIMPÓSIO SOBRE AS IMPLICAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS DO USO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO ANIMAL**, Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1999. p.1-22.
- BENATI, M. Critérios para avaliação da qualidade de ingredientes para ração. In: **CONFERÊNCIA APINCO 1989 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**, Campinas, 1989. **Anais...** Campinas: FACTA, 1989. p.117-137.
- BENÍCIO, L.A.S. **Estudo da influência de linhagens e de níveis nutricionais sobre desempenho, rendimento de carcaça e avaliação econômica em frangos de corte.** Viçosa, MG: UFV, 1995. 159p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- BENÍCIO, L.A.S. Recentes avanços na nutrição de frangos de corte. In: **MINI SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL**, 7, Campinas, 1992. **Anais...** Campinas, CBNA, 1992. p.57-76.
- BERTERCHINI, A.G. **Efeitos de programas de alimentação e nível de energia, forma física da ração e temperatura ambiente sobre o desenvolvimento e custo por unidade de ganho de peso em frangos de corte.** Viçosa, MG: UFV, 1987. 204p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- BIAGI, J.D., SILVA, L.O.N., MARTINS, R.R. Importância da qualidade dos grãos na alimentação animal. In: **SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL E SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES**, Campinas, 1996. **Anais...** Campinas: CBNA, 1996. p.21-49.
- BUTOLO, J.E. Uso de aditivos na alimentação de aves: frangos de corte. In: **SIMPÓSIO SOBRE AS IMPLICAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS DO USO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO ANIMAL**, Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1999. p.85-94.
- CARRÉ, B. The chemical and biological bases of a calculation system developed for predicting dietary energy values: a poultry model. In: **IN VITRO DIGESTION FOR PIGS AND POULTRY**. Editado por FULLER, M.F. Wallingford: CAB International, 1991. p.67-85.

- CARRÉ, B. Prediction of the dietary energy value of poultry feeds. In: FEEDSTUFF EVALUATION. Editado por WISEMAN, J., COLE, D.J.A. London: Butterworths, 1990. p.283-300.
- CARROLL, J.D., GREEN, P.E., CHATURVEDI, A. **Mathematical tools for applied multivariate analysis**. Edição revisada. San Diego: Academic Press, 1997. 376p.
- CROMWELL, G.L., CALVERT, C.C., CLINE, T.R., CRENSHAW, J.D., EASTER, R.A., EWAN, R.C., HAMILTON, C.R., HILL, G.M., LEWIS, A.J., MAHAN, D.C., MILLER, E.R., NELSSSEN, J.L., PETTIGREW, J.E., TRIBBLE, L.F., VEUM, T.L., YEN, J.T. Variability among sources and laboratories in nutrient analyses of corn and soybean meal. **J. Anim. Sci.**, v.77, n.12, p.3262-3273, 1999.
- CROMWELL, G.L., CLINE, T.R., CRENSHAW, J.D., CRENSHAW, T.D., EASTER, R.A., EWAN, R.C., HAMILTON, C.R., HILL, G.M., LEWIS, A.J., MAHAN, D.C., NELSSSEN, J.L., PETTIGREW, J.E., VEUM, T.L., YEN, J.T. Variability among sources and laboratories in analyses of wheat middlings. **J. Anim. Sci.**, v.78, n.8, p.2652-2658, 2000.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES: versão Windows. Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 648p. Impr. Univ. UFV, 2001.
- DALE, N. Efeitos da qualidade no valor nutritivo do milho. In: CONFERÊNCIA APINCO 1994 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos, 1994. **Anais...** Santos: FACTA, 1994. p.67-72.
- DALE, N., JACKSON, D. True metabolizable energy of corn fractions. **J. Appl. Poult. Res.**, v.3, p.179-183, 1994.
- DENBOW, M.D. Peripheral and central control of food intake: SYMPOSIUM: THE CONTROL OF FOOD INTAKE IN POULTRY. **Poult. Sci.**, v.68, p.938-47, 1989.
- DOLZ, S. Valoración energética de los alimentos para gallinas ponedoras. In: NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE GALLINAS PONEDORAS. Editada por BLAS, C. de, MATEOS, G.G. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1991. p.115-143.
- DORIA FILHO, U. **Introdução à bioestatística**. São Paulo: Negócio Editora, 1999. 152p.
- DRAPER, N.R., SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1981. 708p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3. ed. Concórdia: Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (CNPISA), 1991. (Documentos, 19). 97p.

- FANCELLI, A.L., DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 2000. 360p.
- FAWCETT, R.H., WEBSTER, M. Variabilidade de alimentos e ingredientes do alimento: impacto na performance de frangos de corte e lucro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DA ACAV-EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, Concórdia, 1999. **Anais...** Concórdia: CNPSA, 1999. p.59-68.
- FULLER, M.F. Introduction. In: IN VITRO DIGESTION FOR PIGS AND POULTRY. Editado por FULLER, M.F. Wallingford: CAB International, 1991. p.i.
- GNANADESIKAN, R. **Methods for statistical data analysis of multivariate observations**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 353p.
- GOMES, P.C. Disponibilidade de fósforo em fosfatos não-convencionais para suínos e aves. In: MINI SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 6, Campinas, 1991. **Anais...** Campinas: CBNA, 1991. p.79-96.
- GONZALES, E. Mecanismos regulatórios do consumo de alimentos em aves. In: FISILOGIA DA DIGESTÃO E ABSORÇÃO DAS AVES, Campinas, 1994. **Anais...** Campinas: FACTA, 1994. p.27-42.
- GRAHAM, H. The physical and chemical constitution of foods: effects on carbohydrate digestion. In: IN VITRO DIGESTION FOR PIGS AND POULTRY. Editado por FULLER, M.F. Wallingford: CAB International, 1991. p.35-44.
- GRIMM, L.G., YARNOLD, P.R. Reading and understanding more multivariate statistics. In: READING AND UNDERSTANDING MORE MULTIVARIATE STATISTICS. Editado por GRIMM, L.G., YARNOLD, P.R. American Psychological Association, 2000. 437p.
- GYLES, N.R. Poultry, people, and progress. **Poult. Sci.**, v.68, p.1-8, 1989.
- HAIR JR., J.F., ANDERSON, R.E., TATHAM, R.L., BLACK, W.C. **Multivariate data analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 730p.
- HSIEH, D.P.H. Basic metabolic effects of mycotoxins. In: INTERACTIONS OF MYCOTOXINS IN ANIMAL PRODUCTION, Washington, D.C., 1979. **Anais...** Washington, D.C.: NRC, 1979. p.43-55.
- HUBERTY, C.J. **Applied discriminant analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 466p.

HURNIK, J.F. Animal welfare: Ethical aspects and practical considerations. **Poult. Sci.**, v.69, p.1827-1834, 1990.

JOHNSON, R.A., WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 816p.

JOST, H.C., DARI, R.L., LEMOS, M.C.I., KESSLER, A.M., PENZ JR., A.M. Energia metabolizável de grãos de milho submetidos a diferentes tratamentos com ácidos orgânicos. In: CONFERÊNCIA APINCO 1996 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Trabalhos de Pesquisa, Curitiba, 1996. **Anais...** Curitiba: FACTA, 1996. p.24.

JUNQUEIRA, O.M., ARAÚJO, L.F. Energia para frangos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, Campinas, 1999. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p.41-52.

KACHIGAN, S.K. **Multivariate statistical analysis, a conceptual introduction**. 2. ed. New York: Radius Press, 1991. 303p.

KRABBE, E.L. Micotoxina: um inimigo invisível. In: RODADA GOIANA DE TECNOLOGIA EM MANEJO DE SUÍNOS, 3, Goiânia, 1999. **Anais...** Goiânia, AGS, 1999. p.69-80.

KRABBE, E.L., JUCHEM, S., FREITAS, T.S., MACIEL, J.E.S., PENZ JR., A.M. Efeito de diferentes níveis de umidade e myco curb durante o armazenamento de grãos de milho sobre o valor nutricional, a atividade fúngicos e o peso específico. In: CONFERÊNCIA APINCO 1995 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Trabalhos de Pesquisa, Curitiba, 1995. **Anais...** Curitiba: FACTA, 1995a. p.7.

KRABBE, E.L., JUCHEM, S., MACIEL, J.E.S., PENZ JR., A.M., KESSLER, A.M. Efeito das condições de armazenagem de grãos de milho na energia metabolizável aparente para frangos de corte criados com dietas de diferentes qualidades. In: CONFERÊNCIA APINCO 1995 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Trabalhos de Pesquisa, Curitiba, 1995. **Anais...** Curitiba: FACTA, 1995b. p.9.

KRABBE, E.L., PENZ JR., A.M., LÁZZARI, F.A., REGINATTO, M.F. Efeito da umidade e do ácido propiônico sobre as características bromatológicas e microbilógicas de grãos de milho. In: CONFERÊNCIA APINCO 1994 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Trabalhos de Pesquisa, Santos, 1994. **Anais...** Santos: FACTA, 1994a. p.27.

KRABBE, E.L., PENZ JR., A.M., REGINATTO, M.F., HARA, C. Efeitos do uso de rações elaboradas com milho armazenado sob diferentes condições no desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO 1994 DE CIÊNCIA E



- TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Trabalhos de Pesquisa, Sartos, 1994. **Anais...** Santos: FACTA, 1994b. p.41.
- LAPPONI, J.C. **Estatística usando Excel 5 e 7**. São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora, 1997. 420p.
- LÁZZARI, F.A. Qualidade da matéria-prima de rações para aves: umidade, fungos e micotoxinas. In: MINI SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 7, Campinas, 1992. **Anais...** Campinas: CBNA, 1992. p.77-83.
- LÁZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Curitiba: Ed. do autor, 1993. 134p.
- LEESON, S., SUMMERS, J.D. **Comercial poultry nutrition**. 2. ed. Guelph: University Books, 1997. 355p.
- LEITÃO, M.F.F. Segurança alimentar na cadeia de produção de frangos. In: SIMPÓSIO TÉCNICO SOBRE MATRIZES DE FRANGOS DE CORTE, 2, Chapecó, 1999. **Anais...** Chapecó: CNPSA, 1999. p.28-30.
- LILBURN, M.S. Ingredient quality and its impact on digestion and absorption in poultry. **J. Appl. Poult. Res.**, v.5, p.78-81, 1996.
- LIMA, G.J.M.M. Qualidade nutricional do milho: situação atual e perspectivas In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, Campinas, 2000. **Anais...** Campinas: CBNA, 2000. p.153-174.
- LIMA, G.J.M.M. O papel do nutricionista no controle da poluição ambiental por dejetos de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, Campinas, 1996. **Anais...** Campinas: CBNA, 1996a. p.118-134.
- LIMA, G.J.M.M., BELLAVER, C. Grãos de valor agregado na produção de rações para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DA ACAV-EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, Concórdia, 1999. **Anais...** Concórdia: CNPSA, 1999. p.36-46.
- LIMA, I.L. Níveis nutricionais utilizados nas rações pela indústria avícola. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. Editado por ROSTAGNO, H.S. Viçosa, MG: DZO-UFV, 1996. p.389-402.
- LIMA, I.L. **Disponibilidade de fósforo e flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

- LOPES, D.C., ALVARENGA, J.C., DONZELE, J.L., FONTES, R.A., VIEIRA, A.A. Efeito do nível de carunchamento do milho sobre o desempenho de suínos em crescimento/terminação. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.19, n.3, p.147-151, 1990a.
- LOPES, D.C., DONZELE, J.L., ALVARENGA, J.C., FONTES, R.A., VIEIRA, A.A. Efeitos do nível de carunchamento do milho sobre a digestibilidade de sua proteína e energia para suínos em crescimento. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.19, n.3, p.181-185, 1990b.
- LOPES, D.C., DONZELE, J.L., ALVARENGA, J.C., FONTES, R.A., VIEIRA, A.A. Efeito do nível de carunchamento do milho sobre a digestibilidade de sua proteína e energia para suínos em terminação. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.20, n.2, p.131-145, 1991.
- LOPES, D.C., FONTES, R.A., DONZELE, J.L., ALVARENGA, J.C. Perda de peso e mudanças na composição química do milho (*Zea mays* L.) devido ao carunchamento. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.17, n.4, p.367-371, 1988.
- LUCHESI, J.B. Qualidade total na fabrica de rações. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 7, São Paulo, 1997. **Anais...** São Paulo: APA, 1997. p.47-74.
- LUCHESI, J.B. Controle de qualidade na produção de rações. In: MANEJO DE FRANGOS. Campinas: FACTA, 1994. p.109-24.
- MACARI, M., FURLAN, R.L., GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 296p.
- McNAB, J.M. The scientific challenge. In: IN VITRO DIGESTION FOR PIGS AND POULTRY. Editado por FULLER, M.F. Wallingford: CAB International, 1991. p.193-198.
- MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods - a primer**. 2. ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 1994. 215p.
- MARCOULIDES, G.A., HERSHBERGER, S.L. **Multivariate statistical methods, a first course**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1997. 322p.
- MARDIA, K.V., KENT, J.T., BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. San Diego: Academic Press, 1979. 518p.
- MENDES, A.A. Principais causas de má conversão alimentar. In: CONFERÊNCIA APINCO 1993 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas, 1989. **Anais...** Campinas: FACTA, 1989. n.p.

- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO - MAA. **Padrão do milho**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Gerência de padronização e classificação vegetal. Subcomissão de Milho, 1999. Não editado.
- NASCIMENTO, A.H. **Avaliação química e energética do farelo de canola e sua utilização para frangos de corte**. Viçosa MG: UFV, 1997. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 155p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of swine**. 10. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. 189p.
- NICOLAIEWSKY, S. WENTZ, I., DALLA COSTA, O., SOBESTIANSKY, J. Sistemas de produção de suínos. In: SUINOCULTURA INTENSIVA. Editado por SOBESTIANSKY, J., WENTZ, I., SILVEIRA, P.R.S., SESTI, L.A.C. Concordia: EMBRAPA-CNPISA, 1998. p.11-26.
- NOGUEIRA JR., S., NEGRI NETO, A., TSUNECHIRO, A., OKANO, C., SATO, G.S., GIULIETTI, N., TAKAHASHI, N.S., TANAKA, R.T., DIEHL, S.R.L. **Alimentação animal: realidade e perspectivas**. Coleção: Cadeias de produção da agricultura, 4, São Paulo, SAA, 1997. 95p.
- OSTLE, B., MALONE, L.C. **Statistics in research**. 4. ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 664p.
- PENZ JR., A.M. Importância do equilíbrio nutricional da ração. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 1, Goiânia, 1995. **Anais...** Goiânia: AGA, 1995. p.23-32.
- PENZ JR., A.M.P., KESSLER, A.M., BRUGALLI, I. Novos conceitos de energia para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, Campinas, 1999. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p.1-24.
- PENZ JR., A.M. Qualidade dos ingredientes e seu reflexo no desempenho de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, Campinas, 1994. **Anais...** Campinas: CBNA, 1994. p.95-105.
- PIER, A.C., RICHARD, J.L., THURSTON, J.R., The influence of mycotoxins on resistance and immunity. In: INTERACTIONS OF MYCOTOXINS IN ANIMAL PRODUCTION, Washington, D.C., 1979. **Anais...** Washington, D.C.: NRC, 1979. p.56-66.
- PINTO, J.H.E., PASTORE, S. Controle de qualidade de matéria -prima. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 1, Goiânia, 1995. **Anais...** Goiânia: AGA, 1995. p.11-22.

- PONT, G., JORDANA, J., CAMPANERA, P., ARROYO, R. **El problema de la contaminación fungica en la industria de piensos**. Barcelona: Lucta S.A., 1989. 119p.
- PRATES, E.R. Qualidade dos dados em uma base de dados. In: WORKSHOP “BANCO DE DADOS BRASILEIRO SOBRE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS”, Campinas, 1997. **Anais...** Campinas: CBNA, 1997. p.65-76.
- RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 301p.
- ROSTAGNO, H.S. Carboidratos. In: FISILOGIA DA DIGESTÃO E ABSORÇÃO DAS AVES, Campinas, 1994. **Anais...** Campinas: FACTA, 1994. p.43-58.
- ROSTAGNO, H.S. Disponibilidade de nutrientes em grãos de má qualidade. In: CONFERÊNCIA APINCO 1993 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos, 1993. **Anais...** Santos: FACTA, 1993. p.129-139.
- ROSTAGNO, H.S. Valores de composição de alimentos e de exigências nutricionais na formulação de rações para aves. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Avicultura...** Piracicaba, 1990. P.11-30.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L., GOMES, P.C., FERREIRA, A.S., OLIVEIRA, R.F., LOPES D.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Editado por ROSTAGNO, H.S. Viçosa, MG: UFV-DZO, 2000. 141p.
- ROSTAGNO, H.S., BARBARINO JR., P., BARBOSA, W.A. Exigências nutricionais das aves determinadas no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. Editado por ROSTAGNO, H.S. Viçosa, MG: DZO-UFV, 1996. p.361-388.
- ROSTAGNO, H.S., PUPA, J.M.R., PACK, M. Diet formulation for broilers based on total versus digestible amino acids. **J. Appl. Poult. Res.**, v.4, p.293-9, 1995.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A., FONSECA, J.B., SOARES, P.R., PEREIRA, J.A.A., SILVA, M.A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (tabelas brasileiras)**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1983. 59p.
- SAKOMURA, N.K. **Exigências nutricionais de energia metabolizável para reprodutores pesadas, poedeiras semipesadas e leves**. Viçosa, MG: UFV, 1989. 227p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998. 221p.

- SANCHES, R.L. Controle de qualidade laboratorial. In: WORKSHOP “BANCO DE DADOS BRASILEIRO SOBRE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS”, Campinas, 1997. **Anais...** Campinas: CBNA, 1997. p.77-88.
- SANTIN, E. Micotoxicoses. In: DOENÇAS DE AVES. Editado por BERCHIERI JR., A., MACARI, M. Campinas: FACTA, 2000. p.379-388.
- SANTÚRIO, J.M. Impacto da qualidade do milho sobre a produção de aves. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 2, Goiânia, 1996. **Anais...** Goiânia: AGA, 1996. p.41-46.
- SANTÚRIO, J.M. Micotoxinas na produtividade avícola: tipos, seus efeitos, como detectá-las e preveni-las. In: CONFERÊNCIA APINCO 1997 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas, 1997. **Anais...** Campinas: FACTA, 1997. p.223-257.
- SCOTT, M.L., NESHEIN, M.C., YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3. ed. Ithaca: SCOTT, M.L. & Associates, 1982. 562p.
- SEIFFERT, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, Concórdia, 2000. **Anais...** Concórdia: CNPSA, 2000. p.1-20.
- SHARMA, S. **Applied multivariate techniques**. New York: John Willey & Sons, 1996. 493p.
- SIBBALD, I.R. Metabolizable energy evaluation of poultry diets. In: RECENT DEVELOPMENTS IN POULTRY NUTRITION. Editado por COLE, D.J.A., HARESIGN, W. London: Butterworths, 1989. p.12-26.
- SILVA, A.P.D., STAM, A. Discriminant analysis. In: READING AND UNDERSTANDING MULTIVARIATE STATISTICS. Editado por GRIMM, L.G., YARNOLD, P.R. Washington, D.C.: American Psychological Association, 1995. p.277-318.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1990. 165p.
- SINDIRAÇÕES/ANFAL - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS. São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1998. 375p.

- SONCINI, R.A. Restrições do uso de aditivos na alimentação animal. Expectativa da agroindústria. In: SIMPÓSIO SOBRE AS IMPLICAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS DO USO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO ANIMAL, Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1999. p.99-104.
- SOTO-SALANOVA, M.F., GARCIA, O., GRAHAM, H., PACK, M. Uso de enzimas em dietas de milho e soja para frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO 1996 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Curitiba, 1996. **Anais...** Curitiba: FACTA, 1996. p.71-76.
- SOUZA, A.V.C. **Composição química e valor nutritivo do milho com diferentes níveis de carunchamento para suínos**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- STRINGHINI, J.H., LEANDRO, N.S.M., ORSINE, G.F., ANDRADE, M.A., VELOSO, V.R.S., MESQUITA, S.P.Q. Avaliação de rações formuladas com milho infestado por insetos e fungos para frangos de corte. 2. Milho infestado por insetos nas rações iniciais (1 a 28 dias). In: CONFERÊNCIA APINCO 1993 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Pesquisas, Santos, 1993. **Anais...** Santos: FACTA, 1993. p.34.
- STRINGHINI, J.H., MOGYCA, N.S., ANDRADE, M.A., ORSINE, G.F., CAFÉ, M.B., BORGES, S.A. Efeito da qualidade do milho no desempenho de frangos de corte. **R. Soc. Bras. Zootec**, v.29, p.191-198, 2000.
- TABACHNICK, B.G., FIDELL, L.S. **Using multivariate statistics**. 3. ed. New York: HarperCollins College Publishers, 1996. 880p.
- TARDIN, A.C. Conceituação e importância da energia na nutrição das aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, Campinas, 1995. **Anais...** Campinas: FACTA, 1995. p.213-240.
- TARDIN, A.C. Manejo de arraçamento e qualidade da ração. In: MANEJO DE FRANGOS DE CORTE, CURSO DE ATUALIZAÇÃO, Campinas, 1989. **Anais...** Campinas: FACTA, 1989. p.65-84.
- TINSLEY, H.E.A., BROWN, S.D. Applied multivariate statistics and mathematical modeling. In: HAND BOOK OF APPLIED MULTIVARIATE STATISTICS AND MATHEMATICAL MODELING. Editado por TINSLEY, H.E.A., BRWN, S.D. New York: Academic Press, 2000. 721p.
- TRAN, G., LAPIERRE, O. Developement, management and prospect of the french feed database. In: WORKSHOP "BANCO DE DADOS BRASILEIRO SOBRE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS", Campinas, 1997. **Anais...** Campinas: CBNA, 1997. p.39-52.

WEINFURT, K.P. Multivariate analysis of variance. In: READING AND UNDERSTANDING MULTIVARIATE STATISTICS. Editado por GRIMM, L.G., YARNOLD, P.R. Washington, D.C.: American Psychological Association, 1995. p.245-276.

WISEMAN, J., COLE, D.J.A. Predicting the energy of pig feeds. In: RECENT DEVELOPMENTS IN PIG NUTRITION. Editado por COLE, D.J.A., HARESIGN, W. London: Butterworths, 1985. p.59-70.

## **APENDICE**



## **ESPECIFICAÇÕES, PARA A PADRONIZAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO INTERNA DO MILHO**

Portaria nº 845 de 08 de novembro de 1976.

Especificações para a padronização, classificação a comercialização interna do milho (*Zea mays* L.), aprovadas pela portaria ministerial nº 845 de 08 de novembro de 1976, em observância ao disposto no artigo 39, Ministério da Agricultura, item VIII, do Decreto - lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1.976 a tendo em vista o disposto no artigo 1º do decreto nº 69.502, de 05 de novembro de 1.971

### DA PADRONIZAÇÃO

Art. 1º - O milho sob a forma de grãos, destinado à comercialização interna, será classificado em grupos, classes a tipos, segundo sua consistência, coloração a qualidade.

### DOS GRUPOS

Art. 2º - o milho, segundo a sua consistência será classificado em 4 (quatro) grupos:

a) **DURO** - quando apresentar o mínimo de 95% (noventa e cinco por cento), em peso, com as características de duro.

b) **MOLE** - quando apresentar o mínimo de 90% (noventa por cento), em peso, com as características de mole;

c) **SEMIDURO** - quando apresentar o mínimo de 75% (setenta e cinco por cento), em peso, de consistência semidura, intermediária entre duro e mole;

d) **MISTURADO** - quando não estiver compreendido nos grupos anteriores, especificando-se no “certificado de classificação” as percentagens da mistura de outros grupos.

### DAS CLASSES

Art. 3º - O milho, segundo a sua coloração, será ordenado em 3 (três) classes:

a) **AMARELO** - constituído de milho que contenha no mínimo 95% (noventa e cinco por cento), em peso, de grãos amarelos, amarelo pálido e/ou amarelo alaranjado. Os grãos de milho amarelos com ligeira coloração vermelha ou rósea no pericarpo serão considerados amarelos, não afetando a classificação;

b) **BRANCO** - constituído de milho que contenha no mínimo 95% (noventa e cinco por cento), em peso, de grãos brancos. Os grãos de milho branco com ligeira coloração rósea, marfim e/ou palha, serão considerados como milho branco, não afetando a classificação;

c) **MESCLADO** - constituído de milho que não se enquadre nas exigências das classe de milho branco e do amarelo, mencionando-se no “certificado de classificação” a percentagem das classes que o compõe.

### DOS TIPOS

Art. 4º - O milho, segundo a sua qualidade, será classificado em 3 (três) tipos:

**TIPO 1** - constituído de milho seco, são, de grãos regulares e com umidade máxima de 14,5%.

**Tolerância** - máxima de 1,5% de matérias estranhas impurezas e fragmentos; 11% de grãos avariados, com máximo de 3% de grãos ardidos e brotados (percentagem em peso);

**TIPO 2** - constituído de milho seco, são, de grãos regulares e com umidade máxima de 14,5%;

**Tolerância** - máximo de 2% de matérias estranhas, impurezas e fragmentos; 18% de grãos avariados, com máximo de 6% de grãos ardidos e brotados (percentagem em peso);

**TIPO 3** - constituído de milho seco, são, de grãos regulares e com umidade máxima de 14,5%.

**Tolerância** - máximo de 3% de matérias estranhas impurezas e fragmentos; 27% de grãos avariados, com máximo de 10% de grãos ardidos e brotados (percentagem em peso).

#### ABAIXO DO PADRÃO

Art. 5º - o milho que pelas suas características não se enquadrar em nenhum dos tipos descritos no artigo 4º será classificado como abaixo do padrão, desde que se apresente em bom estado de conservação.

Parágrafo 1º - o milho assim classificado poderá, conforme o caso, ser submetido a rebeneficiamento, para efeito de se enquadrar num dos tipos do artigo 4º.

Parágrafo 2º - Deverão constar do certificado de classificação, os motivos que deram lugar à denominação de abaixo do padrão.

## DESCCLASSIFICADO

Art.6º - Será desclassificado todo o milho que apresente:

- a) mau estado de conservação;
- b) aspecto generalizado de mofo e ou fermentação;
- c) sementes de mamona ou outras que possam ser prejudiciais à utilização normal do produto;
- d) odor estranho, de qualquer natureza, impróprio ao produto, prejudicial à sua utilização normal.

Parágrafo único - serão declarados no certificado de classificação, os motivos que deram lugar à desclassificação.

## DA AMOSTRAGEM

Art. 7º - A retirada ou extração de amostra, será feita de acordo com a regulamentação em vigor e do seguinte modo:

1 - Nos lotes de milho ensacado, far-se-á a retirada de amostra por furação ou calagem, no mínimo em 10% (dez por cento), sendo os sacos escolhidos ao acaso, sempre representando a “expressão média do lote e numa proporção mínima de 30 (trinta) gramas de cada saco”;

2 - A amostra de milho armazenado a granel, será extraída nas seguintes proporções:

- a) Se a quantidade for inferior a 100 (cem) toneladas, far-se-á uma retirada de 20 (vinte) quilogramas;

b) quantidades superiores a 100 (cem) toneladas far-se-á uma retirada de 15 (quinze) quilogramas, para cada série de 100 (cem) toneladas ou fração.

3 - As amostras assim extraídas serão homogeneizadas, reduzidas a divididas em 3 (três) ou mais partes, com o peso de um quilograma para cada parte, devidamente identificadas, destinando-se 2 (duas) vias ao classificador e 1 (uma) ao interessado, sendo fornecida ainda, quando solicitado, 1 (uma) via ao comprador ou armazenador.

Parágrafo único - O excedente da amostra deve ser devolvido ao proprietário do produto.

#### DA EMBALAGEM DO ARMAZENAMENTO E DO TRANSPORTE

Art. 8º - O milho quando não comercializado a granel, deve ser acondicionado em sacos de aniagem ou similar, limpos, resistentes a com peso e tamanho uniforme.

Art. 9º Os estabelecimentos destinados ao armazenamento do milho e os meios para o seu transporte, deverão oferecer segurança e condições técnicas imprescindíveis à sua perfeita conservação, respeitadas as exigências da regulamentação específica.

#### DOS CERTIFICADOS DE CLASSIFICAÇÃO

Art. 10º - Os certificados de classificação serão emitidos pelos órgãos oficiais de classificação, devidamente credenciado pelo órgão técnico competente do Ministério da Agricultura.

Parágrafo único - Deverá constar do certificado de classificação:

- a) nome do interessado;
- b) nome do destinatário;
- c) natureza do produto;
- d) natureza da embalagem;
- e) quantidade de volumes;
- f) pesos brutos e líquido;
- g) declaração da safra (ano agrícola);
- h) grupo, classe e tipo;
- i) procedência e destino.

Art. 11º - Quando no milho for verificada a presença de carunchos e/ou demais insetos vivos, prejudiciais ao produto, deverá constar, obrigatoriamente, no certificado de classificação, a observação “insetos vivos”.

#### DAS FRAUDES

Art. 12º - Será considerado “fraude”, toda alteração dolosa de qualquer ordem ou natureza, praticada não só na classificação, acondicionamento e no arquivamento das amostras, como também no documento da qualidade do milho.

#### DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 13º - as bases, as normas e os termos usados nas presentes especificações, assim como as características relacionadas com a qualidade do milho, deverão ser observadas e interpretadas do seguinte modo:

**GRÃOS ARDIDOS** - são os grãos ou pedaços de grãos que perderam a coloração ou cor característica, por ação do calor, umidade ou fermentação em mais de  $\frac{1}{4}$ (um quarto) do tamanho do grão.

**GRÃOS AVARIADOS** - são considerados os grãos ou pedaços de grãos, grãos chochos e imaturos, os atacados por animais roedores e parasitas, os fermentados até  $\frac{1}{4}$ (um quarto) do tamanho do grão bem como os prejudicados por diferentes causas.

**GRÃO BROTADOS** - são os grãos ou pedaços de grãos que apresentarem germinação visível.

**GRÃOS CARUNCHADOS** - são os grãos ou pedaços de grãos furados ou infestados por insetos vivos ou mortos.

**GRÃOS CHOCHOS** - são os grãos enrugados por deficiência de desenvolvimento.

**GRÃOS QUEBRADOS** - são os pedaços de grãos sadios, que ficarem retidos na peneira de crivos circulares de 5 mm (cinco milímetros) de diâmetro ou 12/64.

**GRÃOS REGULARES** - são os grãos normalmente desenvolvidos que apresentam boas condições de maturidade a conservação.

**IMPUREZAS** - são consideradas as do próprio produto bem como os grãos ou fragmentos de grãos que vazarem numa peneira de crivos circulares de 5 mm (cinco milímetros) de diâmetro ou 12/64.

**MATÉRIA ESTRANHAS** - são consideradas os grãos ou sementes de outras espécies, bem como os detritos vegetais, sujidades e corpos estranhos, de qualquer natureza, não oriundos do produto.

**MILHO DURO** - é o que apresenta, quanto à sua constituição, uma quantidade de endosperma córneo maior que a amiláceo (farináceo) oferecendo forte resistência ao corte e exibindo, ao ser cortado, aspecto vítreo. Quanto à forma, é o que se apresenta predominantemente ovalado e com a coroa convexa a lisa, característica do *Zea mays* indurata.

**MILHO MOLE** - é o que apresenta, quanto à sua constituição, uma quantidade de endosperma amiláceo (farináceo), maior que a do córneo, tomando a coroa acentuadamente clara, oferecendo menor resistência ao corte. Quanto à forma, é predominantemente dentado a com a cora apresentando uma contração ou depressão característica de *Zea mays* indentata.

**MILHO SEMIDURO** - é o que possui as características intermediárias entre o mole e o duro ou seja, constituído de grãos que, quanto à conformação, apresentem-se levemente dentados, incluídos grãos ovalados com ligeira depressão na coroa (coroa branca).

**PERCENTAGEM** - é determinada com relação ao peso da amostra original.

**PESO DA AMOSTRA** - os dados para determinação da qualidade dos grãos, serão colhidos em amostras homogeneizadas de 250 (duzentos cinquenta) gramas.

**QUALIDADE** - será apurada mediante a verificação do teor de umidade, de percentagem de grãos defeituosos, matérias estranhas e



impurezas, respeitadas as tolerância admitidas na classificação para a determinação dos tipos.

**UMIDADE** - será feita sobre amostra em seu estado original, determinada em estufa de ar, à temperatura de 100 a 150°C, até que alcance peso constante ou em aparelho que dê resultado equivalente.

PARÁGRAFO ÚNICO - as determinações de grupo, classe, tipo, grãos quebrados, avariados e/ou carunchados, ardidos a brotados, serão feitas depois de terem sido separadas da amostra original, toda a matéria estranha e impureza.

Art. 14º - o milho de outras espécies ou mutações varietais, será classificado com base nas presentes especificações.

Art. 15º - o certificado de classificação será válido pelo prazo de 90 (noventa) dias, contados da data de sua emissão.

Art. 16º - Os casos omissos serão resolvidos pelo órgão técnico competente do Ministério da Agricultura.

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO  
ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA**

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO RURAL  
PORTARIA Nº 11, DE 12 DE ABRIL DE 1996

O Secretário de Desenvolvimento Rural do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, no uso das atribuições que lhe confere o Artigo 42, item VII, do Regimento Interno, aprovado pela Portaria Ministerial Nº 787, de 15 de dezembro de 1993, tendo em vista o disposto na Lei Nº 6.305 de 15 de dezembro de 1995 e no Decreto Nº 82.110 de 14 agosto de 1978, e

Considerando a necessidade de uniformização dos procedimentos para a classificação de produtos vegetais em todo o território nacional;

Considerando o disposto na Portaria Ministerial nº 845 de 08 de novembro de 1976 e visando facilitar a interpretação dos conceitos e a melhor identificação dos defeitos para a classificação do Milho, resolve:

Art. 1º - Definir os conceitos relativos ao grão do milho que seja considerado como mofado, fermentado até  $\frac{1}{4}$  fragmento e prejudicado por diferentes causas, omitidos na Portaria nº 845/76 e de especial importância na determinação da qualidade do produto.

Art. 2º - Aprovar os critérios complementares em anexo para a classificação do Milho.

Art. 3º - Estabelecer que para efeito de classificação oficial somente deverão ser considerados os parâmetros e critérios previstos na Norma de Identidade e Qualidade do produto, bem como aqueles estabelecidos nesta e demais Portarias complementares vigentes.

Parágrafo único - Os critérios estabelecidos nesta Portaria são de natureza complementar, devendo ser utilizados, em caráter temporário até a conclusão dos trabalhos de reformulação do padrão vigente.

Art. 4º - Os casos omissos serão resolvidos pelo Secretário de Desenvolvimento Rural.

Art. 5º - Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

### **CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE MILHO**

1 - **Grupo:** Considerar para enquadramento os critérios estabelecidos na PMA 845; em caso de dúvida utilizar o desenho elucidativo resultante dos trabalhos de uniformização.

2 - **Ardido:** Considerar como ardido o grão fermentado em mais de  $\frac{1}{4}$ (um quarto) de sua área total, observando-se ainda os seguintes critérios:

2.1 - Para mensuração visual da área atingida considerar como mais de  $\frac{1}{4}$ (um quarto) de grão fermentado ou ardido, o grão alterado em sua cor ou visivelmente fermentado em toda a área do germe e mais qualquer parte do endosperma.

2.2 - Serão considerados como ardidos devido a semelhança de aspecto, os grão “queimados” ou seja, aqueles que apresentam alteração na coloração normal por ação de altas temperaturas dos secadores.

3 - **Fermentado até  $\frac{1}{4}$  (um quarto):** Considerar como fermentado até  $\frac{1}{4}$  o grão que apresentar pontos de coloração escura, de qualquer tamanho, desde que sejam visíveis a olho nú, em até  $\frac{1}{4}$ da área do grão.

**Observação:**  $\frac{1}{4}$  (um quarto) da área do grão de milho corresponde aproximadamente à área do germe;

3.1 - **Procedimento:** Acrescentar no laudo a expressão “fermentado até  $\frac{1}{4}$  no campo destinado aos defeitos leves; proceder a separação dos grãos defeituosos, pesar, determinar o percentual em seguida, antes do uso da tabela de tolerância, juntá-lo ao total de avariados, para enquadramento e tipificação.

4 - **Mofados:** Considerar como mofado o grão inteiro ou quebrado que apresentar no todo ou parte, fungo (bolor), visível a olho nú.

4.1 - **Procedimento:** Acrescentar no laudo a expressão "mofado" no campo destinado aos defeitos graves; Proceder a separação dos grãos mofados, pesar, determinar o percentual e anotá-lo no laudo; em seguida, juntar o percentual encontrado ao total de ardidos e brotados para efeito de enquadramento e tipificação.

5 - **Chocho ou Imaturo:** Considerar como chocho ou imaturo, o grão desprovido de massa interna, enrijecido e que se apresenta enrugado por desenvolvimento fisiológico incompleto.

5.1 - **Observação:** excluir do defeito os grãos pequenos e os de endosperma córneo (pontas de espiga).

6 - **Quebrado:** Considerar como quebrado os pedaços de grãos sadios que ficaram retidos na peneira de crivos circulares de 5 mm de diâmetro ou 12/64 polegada, bem como, o grão sadio no qual faltam pequenas partes ou contém pequenas lascas.

7 - **Fragmento:** Considerar como fragmento, os pedaços de grãos sadios que vazaram na peneira de crivos circulares de 5 mm de diâmetro ou 12/64 polegadas.

7.1 - **Procedimentos:** Acrescentar no laudo a expressão “fragmento”; separar o defeito, isolando-o da matéria estranha e impureza: pesar, determinar o percentual a anotar no laudo, em seguida, juntá-lo ao percentual de matérias estranhas e impurezas e somar para efeito de enquadramento e tipificação.

8 - **Prejudicado por diferentes causas:** considerar como defeituoso o grão inteiro ou quebrado que apresentar alteração no tegumento ou massa do grão em função de causas mecânicas, físicas ou biológicas.

8.1 - **Observação:** Considerar como prejudicado por diferentes causas os grãos danificados por roedores a parasitas, entre outros; os grãos “trincados” e os que apresentam “risca branca” (ataque de *Fusarium*) não serão considerados como defeito.

9 - **Insetos vivos/sementes tóxicas:** proceder a desclassificação temporária, até o benefício ou expurgo, de todo o milho que for encontrado com insetos vivos ou presença de bagas de mamona ou outras sementes tóxicas.

## **RESOLUÇÃO Nº 173**

O Conselho Nacional do Comércio Exterior (CONCEX), na forma do deliberado em sessão de 27 de junho de 1989, e tendo em vista o disposto nos artigos 19, 20, alínea "a", §§ 1º, 2º a 3º de Lei nº 5.025, de 10 de junho de 1966: nos artigos 3º, inciso III, e 43 do Decreto nº 59.607, de 28 de novembro de 1966, e na Resolução CONCEX nº 160, de 28 de junho de 1988.

Considerando a necessidade de ajustar a padronização do milho brasileiro destinado à exportação às normas e exigências do mercado internacional, resolve:

Ficam aprovadas as novas especificações de padronização do milho em grãos (*Zea mays* L.) visando a sua classificação e fiscalização na exportação, anexas à presente Resolução, ficando revogada a Resolução nº 103, de 21 de outubro de 1976, deste Conselho.

Em 27 de junho de 1989.

D.O.U. de 21/07/89.

### **ESPECIFICAÇÕES DA PADRONIZAÇÃO DO MILHO VISANDO À SUA CLASSIFICAÇÃO E FISCALIZAÇÃO PARA EXPORTAÇÃO**

#### **1. Milho**

1.1. O milho (*Zea Mays* L.) sob a forma de grãos, destinado à exportação, será classificado em grupos, classes e tipos, segundo sua consistência, coloração e qualidade.

## 2. Especificações da Padronização

2.1. **Grupos** - O milho, segundo a sua consistência, será classificado em quatro grupos:

2.1.1. **Duro**: quando apresentar o mínimo de 95% (noventa e cinco por cento), em peso, com as características de duro.

2.1.2. **Mole**: quando apresentar o mínimo de 90% (noventa por cento), em peso, com as características de mole.

2.1.3. **Semiduro**: quando apresentar o mínimo de 75% (setenta e cinco por cento), em peso, de consistência semidura, intermediária entre duro e mole.

2.1.4. **Misturado**: quando não estiver compreendido nos grupos anteriores, especificando-se no certificado de classificação as percentagens da mistura de outros grupos.

2.2. **Classes** - O milho, segundo a sua coloração, será ordenado em três classes:

2.2.1. **Amarelo**: constituído de milho que contenha no mínimo 95% (noventa e cinco por cento), em peso, de grãos amarelos e/ou amarelo-alaranjados. Os grãos de milho amarelos com ligeira coloração vermelha no pericarpo serão considerados amarelo, não afetando a classificação.

2.2.2. **Branco**: constituído de milho que contenha no mínimo 95% (noventa e cinco por cento), em peso, de grãos brancos. Os grãos de milho brancos com ligeira coloração rósea, marfim e/ou palha serão considerados como milho branco, não afetando a classificação.

2.2.3. **Mesclado**: constituído de milho que não se enquadre nas exigências das classes de milho branco ou amarelo, mencionando-se, no certificado de classificação, a percentagem de outras classes.

2.3. O milho, segundo a sua qualidade, será classificado em 3 (três) tipos:

2.3.1. **Tipo I** São os grãos que apresentam teor máximo de umidade de 14,5% (quatorze e meio por cento, com a tolerância de, no máximo, 1,5% (um e meio por cento) de matérias estranhas, impurezas e fragmentos, e no máximo de 11% onze por cento de avariados, limitado a 3% (três por cento) de ardidos e/ou brotados.

2.3.2. **Tipo II:** São os grãos que apresentam teor máximo de umidade de 14,5% (quatorze e meio por cento), com a tolerância de, no máximo, 2% (dois por cento) de matérias estranhas, impurezas e fragmentos, e no máximo de 18% (dezoito por cento) de avariados, limitado a 6% (seis por cento) de ardidos e/ou brotados.

2.3.3. **Tipo III:** São os grãos que apresentam teor máximo de umidade de 14,5% (quatorze e meio por cento, com a tolerância de no máximo 3% (três por cento) de matérias estranhas, impurezas e fragmentos, e no máximo de 27% (vinte e sete por cento) de avariados, limitado a 10% (dez por cento) de ardidos e/ou brotados.

2.4. **Abaixo do Padrão:** O milho que, pelas suas características, não se enquadrar em nenhum dos tipos descritos no sub-item 2.3, desde que se apresenta em bom estado de conservação, será classificado como Abaixo do Padrão.

2.4.1. Deverão constar do certificado de classificação os motivos que deram lugar à denominação Abaixo do Padrão.

2.4.2. O milho classificado como Abaixo do Padrão somente poderá ser exportado quando objeto de encomenda por parte de mercados importadores, assim especificado em cláusulas contratuais, e com prévia autorização de Carteira de Comércio Exterior (CACEX) do Banco do Brasil S/A.

2.5. **Desclassificado** - Será desclassificado todo o milho que apresente:



- mau estado de conservação;
- aspectos generalizados de mofo ou fermentação;
- sementes de mamona ou outras em percentual que possa ser prejudicial à utilização normal do produto; e
- acentuado odor estranho, de qualquer natureza, impróprio ao produto, prejudicial a sua utilização normal.

2.5.1. Serão declarados nos laudos de análise os motivos que deram lugar à desclassificação.

2.5.2. Não será permitida, sob qualquer fundamento, a exportação de milho desclassificado.

### 3. Definições

As características e os defeitos, bem como os termos usados nas presentes especificações serão definidos como segue:

- **Grãos ardidos:** são os grãos ou pedaços de grãos que perderam a coloração ou cor característica por ação do calor, umidade ou fermentação, em mais de  $\frac{1}{4}$  (um quarto) do tamanho do grão.

- **Grãos avariados:** são os grãos chochos, imaturos, carunchados, quebrados, ardidos e/ou brotados, ou prejudicados por diferentes causas.

- **Grãos brotados:** são os grãos ou pedaços de grãos que se apresentarem germinados.

- **Grãos carunchados:** são os grãos ou pedaços de grãos furados ou intestados por insetos vivos ou mortos.

- **Grãos chochos:** são os grãos enrugados, por deficiência de desenvolvimento.

- **Grãos quebrados:** são os pedaços de grãos que não passarem por peneira de crivos circulares de 5 (cinco) milímetros ou 12/64.

- **Impurezas e fragmentos:** são consideradas as do próprio produto, bem como grãos ou fragmentos de grãos que vazarem numa peneira de crivos circulares de 5 (cinco) milímetros de diâmetro ou 12/64.

- **Matérias estranhas:** são grãos ou sementes de outras espécies, detritos vegetais, sujidades e corpos estranhos de qualquer natureza, não oriundos do produto.

- **Milho duro:** é o que apresenta, quanto à sua constituição, uma quantidade de endosperma córneo maior que o amiláceo, oferecendo forte resistência ao corte e exibindo, ao ser cortado, aspecto vítreo. Quanto à forma, é o que se apresenta predominantemente ovalado e com a coroa convexa e lisa, característica do *Zea mays indurata* Sturt.

- **Milho mole:** é o que apresenta, quanto à sua constituição, uma quantidade de endosperma amiláceo maior que a do córneo, tornando a coroa acentuadamente clara e oferecendo pequena resistência ao corte. Quanto à forma, é predominantemente dentado e com a coroa apresentando uma contração ou depressão característica do *Zea mays indentata* Sturt.

- **Milho Semiduro:** é o que possui as características intermediárias entre o mole e o duro, ou seja, de grãos que quanto à conformação apresentem-se levemente dentados.

- **Percentagem:** é determinada com relação ao peso da amostra original.

- **Qualidade:** será apurada mediante a verificação do teor de umidade, da percentagem de grãos defeituosos, matérias estranhas e impurezas, da uniformidade quanto ao grupo e à classe, respeitadas as tolerâncias admitidas na classificação para a determinação dos tipos. As determinações de grupo, classe, grãos avariados, grãos ardidos e/ou brotados serão feitas depois de terem sido separadas da amostra original, toda a matéria estranha e impurezas.

- **Umidade:** Será apurada - a partir de amostras no estado original - através de secagem, conforme técnicas oficiais da ABNT, e outras

internacionalmente aceitas, podendo-se utilizar aparelhos que forneçam o mesmo resultado.

- **Variedade:** a denominação das variedades será aquela dada pelos institutos oficiais e, na sua falta, pela designação comercial ou popular. Essas variedades serão identificadas de acordo com suas características próprias determinadas através do tamanho, de conformação e coloração dos grãos.

- se tratando de milho ensacado far-se-á a retirada da amostra por furação ou calagem, em 10% (dez por cento) do lote, sendo os sacos escolhidos ao acaso, sempre representando a expressão média do lote, e numa proporção mínima de 30 (trinta) gramas de cada saco.

4.2. Quando se tratar do milho a granel, e retirada de amostras será realizada no porto e no momento do embarque, nas seguintes bases, sempre representando a expressão média do carregamento:

- se a quantidade for inferior a 500 (quinhentas) toneladas, uma retirada de 40 (quarenta) quilogramas;

- caso a quantidade seja superior a 500 (quinhentas) toneladas, uma retirada de 40 (quarenta) quilogramas para cada série de 500 (quinhentas) toneladas ou tração.

4.3. As amostras assim extraídas serão homogeneizadas, reduzidas e acondicionadas em três outras amostras, com o peso de um quilograma cada, devidamente identificadas, lacradas e autenticadas, destinando-se duas ao classificador e outra ao exportador.

4.4. Da amostra de classificação serão retiradas 250 (duzentos e cinquenta) gramas para coleta de dados e determinação da qualidade do produto.

4.5. Feita a classificação, a amostra de arquivo será guardada pelo classificador por prazo não inferior a 90 (noventa) dias em condições ambientais adequadas.

4.5.1. A qualquer momento, dentro do prazo acima, os órgãos oficiais encarregados da fiscalização das exportações poderão requisitar tais amostras.

4.6. As sobras das amostras coletadas serão devolvidas ao exportador.

## **5. Certificado de classificação**

5.1. O certificado de classificação será emitido de acordo com o previsto no item 7 da Resolução CONCEX nº 160, de 28.06.88.

5.2. O prazo de validade do certificado de classificação do milho será de 90 (noventa) dias a contar da data de sua emissão.

5.3. Os certificados de classificação serão emitidos em 5 (cinco) vias, com a seguinte destinação:

- 1ª via - importador;
- 2ª via - exportador;
- 3ª via - Secretaria da Receita Federal;
- 4ª via - CACEXSAEXP do porto de embarque;
- 5ª via - classificador.

5.4. O certificado de classificação somente será considerado válido se assinado por classificador, pessoa física ou jurídica, habilitado pelo Ministério da Agricultura e credenciado pela CACEX.

5.4.1. Os dois órgãos divulgarão, dentro de 90 (noventa) dias, os requisitos para habilitação e credenciamento de classificadores.

5.5. O certificado de classificação será obrigatório nas exportações do milho em grão, podendo ser apresentado à repartição aduaneira e a CACEX até 2 (dois) dias após o embarque.

## **6. Embalagem e armazenamento**

6.1. O milho destinado a exportação, quando não transportado a granel, deverá ser acondicionado em sacos de aniagem ou similar, devidamente marcados, limpos, novos e resistentes, com peso uniforme.

6.2. O milho ensacado, quando destinado a amarração de carga nos porões dos navios, numa proporção máxima de 15% (quinze por cento) do total da carga, poderá estar acondicionado em sacaria usada, desde que esteja convenientemente limpa, resistente e em boas condições de sanidade.

6.3. Os depósitos para armazenamento do milho em grão e os meios do transporte devem oferecer plena segurança e condições técnicas imprescindíveis à sua perfeita conservação.

## **7. Inspeção sanitária**

7.1. O Ministério da Agricultura tomará público num prazo de 90 (noventa) dias, através de Portaria, os critérios e procedimentos relativos à fiscalização fitossanitária e higiênico-sanitária, de acordo com o item 8.2 da Resolução CONCEX nº 160, de 28.06.88.

## **8. Fiscalização dos serviços de classificação**

8.1. Compete ao Ministério da Agricultura e à Carteira de Comércio Exterior (CACEX) do Banco do Brasil S/A fiscalizar os serviços relativos à

amostragem e classificação efetuados por classificador, pessoa física ou jurídica, credenciado para atuar na exportação.

## **9. Fiscalização aduaneira**

9.1. A fiscalização aduaneira será exercida pela Secretaria da Receita Federal (SRF), nos termos do item 9 da Resolução CONCEX nº 160, de 28.06.88 e compreenderá, sem prejuízo das demais atribuições, conferência documental e verificação de produto qualitativa e quantitativamente.

9.2. A SRF baixará normas que disciplinarão a fiscalização aduaneira do produto, adequando-se às peculiaridades operacionais de cada porto ou ponto de saída do território nacional.

## **10. Disposições gerais**

10.1. Será considerado fraude à exportação o embarque de milho em grãos em desacordo com o estabelecido nesta Resolução.

10.2. Sempre que solicitado pelos órgãos oficiais encarregados de fiscalização das exportações, as administrações dos armazéns terminais coletivos em operação nos diferentes portos, fornecerão informações acerca das características, em termos de qualidade, das mercadorias que transitarem pelo armazém terminal coletivo.

10.3. Os casos omissos serão resolvidos pela Secretaria-Executiva do Conselho Nacional do Comércio Exterior (CONCEX), ouvidos os demais órgãos competentes.







