

# RENDIMENTO INDUSTRIAL E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE MILHO DE ALTA QUALIDADE PROTÉICA EM RELAÇÃO A HÍBRIDOS COMERCIAIS<sup>1</sup>

Maiza Vieira Leão de Castro<sup>2</sup>, Maria Margareth Veloso Naves<sup>3</sup>,  
Jaison Pereira de Oliveira<sup>4</sup>, Luciana de Oliveira Froes<sup>3</sup>

## ABSTRACT

### INDUSTRIAL YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF HIGH QUALITY PROTEIN MAIZE AS COMPARED TO COMMERCIAL HYBRIDS

The hardness of corn endosperm is an essential attribute for farmers and industries that use this cereal as a raw material. However, Quality Protein Maize (QPM) presents alterations in the grain texture, which hinder its commercial use. This study evaluated the industrial yield in the kernel degerming and endosperm fractionation, and chemical composition of a QPM variety, regarding commercial common corn hybrids. QPM and common corn genotypes were processed using the dry degerming method, and the resulting yield was expressed as the ratio of the weight of fractions obtained to the initial weight of the whole corn. Compared to commercial corn hybrids, QPM presented lower endosperm yield, higher germ and fine fraction (< 0.425 mm) yield and the same hominy yield in endosperm fractionation. QPM showed similar protein, lipid, and ash levels and higher levels of dietary fiber and iron in the germ, when compared to common corn hybrids. QPM and its fractions have potential as a nutritious raw material for use by the food industry.

**KEY-WORDS:** QPM corn; corn germ; degermed corn yield; corn chemical composition; corn nutrients.

## INTRODUÇÃO

O milho é um dos três cereais mais cultivados no mundo e contribui, em muitos países da África, América Latina e Ásia, com, aproximadamente, 20% da energia e 15% da proteína e, em alguns casos, o cereal constitui a única fonte diária de proteína da dieta destas populações. Além de sua importância na alimentação humana, ocupa posição relevante na economia global, sendo o Brasil classificado como o terceiro maior produtor, com produção total estimada

## RESUMO

A dureza do endosperma do milho é atributo essencial para produtores e indústrias que utilizam este cereal como matéria-prima. Porém, os milhos de alta qualidade protéica (Quality Protein Maize – QPM) apresentam alterações na textura do grão, dificultando seu uso comercial. Este trabalho avaliou o rendimento industrial na degerminação do grão e fracionamento do endosperma, e a composição química de uma variedade de milho QPM, em relação a híbridos comerciais de milho comum. O milho QPM e os híbridos de milho comum foram processados, utilizando-se método de degerminação a seco, e o rendimento resultante foi dado pela relação entre o peso das frações obtidas e o peso inicial do milho inteiro. O milho QPM apresentou, em comparação aos milhos híbridos comerciais, menor rendimento de endosperma, maior rendimento de gérmen e de frações finas (< 0,425 mm) e mesmo rendimento de canjica, no fracionamento do endosperma. Foram constatados teores similares de proteínas, lipídios e cinzas e maiores teores de fibra alimentar e de ferro no gérmen do milho QPM, em relação aos híbridos de milho comum. O milho QPM e suas frações apresentam potencial de uso na indústria de alimentos, como matéria-prima que agrega valor nutricional aos produtos gerados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Milho QPM; gérmen de milho; rendimento de milho degerminado; composição química do milho; nutrientes do milho.

em 58 milhões de toneladas, para a safra 2007/2008, 15% superior à da safra 2006/2007. Apesar de o cereal constituir o segundo grão mais produzido no País, grande parte desta produção (80% a 85%) é destinada à alimentação animal (National Research Council 1988, Paes 2006, Conab 2008).

O milho comum apresenta qualidade protéica inferior à do arroz e do trigo, em decorrência de sua limitação em aminoácidos essenciais, especialmente em lisina e triptofano (Naves et al. 2004). Esta deficiência levou à realização, desde a década de 1970, de

1. Trabalho recebido em jun./2008 e aceito para publicação em jul./2009 (nº registro: PAT 4159).

2. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Setor de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Goiânia, GO, Brasil. *E-mail:* maizavlc@yahoo.com.br.

3. Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Nutrição, Laboratório de Nutrição Experimental, Goiânia, GO, Brasil. *E-mail:* mnaves@fanut.ufg.br, lurwen@gmail.com.

4. Embrapa Arroz e Feijão, Setor de Melhoramento de Plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil. *E-mail:* jaison@cnpaf.embrapa.br.

numerosos estudos, objetivando o desenvolvimento de genótipos de milho contendo maiores teores destes aminoácidos. Entretanto, a utilização comercial e industrial desses genótipos tem sido limitada por uma série de características agrônômicas indesejáveis, destacando-se, dentre elas, a menor densidade de grãos, maior susceptibilidade ao ataque de pragas e doenças e baixa produtividade (Vasal 2001, Pixley & Bjarnason 2002).

Foram empreendidos esforços, mediante melhoramento genético, na tentativa de solucionar esses problemas. Assim, por retrocruzamentos e seleção recorrente, desenvolveram-se genótipos com alta qualidade protéica e textura considerada favorável, denominados *Quality Protein Maize* (QPM). Embora já existam algumas variedades de milho QPM sendo usadas comercialmente, há, ainda, muitas características nesses genótipos que precisam ser melhoradas, como, por exemplo, a instabilidade fenotípica do grão (Vasal 2001).

Geralmente, as manipulações genéticas, objetivando alterações na síntese das proteínas de reserva do grão de milho, modificam a estrutura física do endosperma (National Research Council 1988). A dureza do endosperma do milho é fundamental para produtores e indústrias que utilizam este cereal como matéria-prima, pois é uma característica que está relacionada à densidade, suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças e à quebra do grão, durante os processos de industrialização e armazenamento (Duarte et al. 2005, Oliveira et al. 2007). Sendo assim, a obtenção de milho com alto valor nutricional e endosperma mais resistente constitui um dos focos de pesquisa na área, visando a obter milhos QPM mais atrativos para as indústrias de alimentos.

A dureza do endosperma interfere, diretamente, no rendimento e no valor agregado de produtos derivados do milho. Para as indústrias nacionais, que processam milho por meio da moagem a seco, os produtos mais interessantes são aqueles gerados após o processo de retirada do gérmen, antes da moagem, como a canjica e o canjicão. No procedimento de separação por granulometria, após a moagem, os produtos mais finos, como o fubá, têm menor valor comercial, sendo utilizados, muitas vezes, em aplicações não-alimentícias.

A composição química e o rendimento no fracionamento do endosperma constituem informações importantes para as indústrias de moagem, que poderão gerar produtos com milho QPM de maior valor

agregado e melhor qualidade nutricional. Assim, este trabalho teve por finalidade avaliar o rendimento industrial na degerminação do grão e no fracionamento do endosperma, e a composição química de uma variedade de milho QPM, desenvolvida pela Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), comparando-a com híbridos de milho comum.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Seleção dos genótipos de milho comum e obtenção das amostras*

Foram utilizados uma variedade de milho QPM, desenvolvida pela EA/UFG, e três híbridos de milho comum comercializados em Goiás. Para a seleção dos híbridos de milho comum, foram analisadas 31 amostras de híbridos comerciais, em relação às seguintes características físicas dos grãos: peso hectolitro (densidade aparente), tamanho e cor.

Para as determinações de peso hectolitro, os grãos foram colocados em recipiente de volume conhecido, com o cuidado de não compactar a amostra. Em seguida, as amostras foram pesadas, em balança analítica (GEHAKA, BG 8000), e o peso foi dividido pelo volume (Abimilho 2003). Para mensurar o tamanho dos grãos, as amostras foram tamisadas em peneira, com abertura de malha de 8 mm. Foram selecionados os híbridos que obtiveram peso hectolitro superior a  $0,750 \text{ g mL}^{-1}$  e que apresentaram granulometria com retenção mínima de 70%, na peneira de 8 mm de abertura de malha, de acordo com a Associação Brasileira de Indústrias Moageiras de Milho (Abimilho 2003).

Para a seleção pela coloração dos grãos, foi utilizada uma escala de cores de quinze pontos, com variação de 1 (amarelo claro) a 15 (alaranjado escuro), proposta pela Roche (1987) e adaptada por Oliveira et al. (2007). Foram realizadas três repetições para cada amostra avaliada, sendo selecionados os híbridos cujos grãos apresentaram colorações mais próximas do valor 15.

As amostras de dois genótipos de milho comum selecionados (híbrido 30F80 – Pionner® e híbrido AG7000 – Agrocere®), procedentes dos municípios goianos de Paraúna e Itaguarú, respectivamente, foram cedidas pela Empresa Milhão Alimentos Ltda., localizada em Inhumas, Goiás. O terceiro genótipo de milho selecionado (híbrido Alfa 090) foi doado pela empresa Sementes ALFA® Ltda., situada em Hidrolân-

dia, Goiás. O milho QPM utilizado foi produzido pela Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. Todos os genótipos de milho estudados foram produzidos na safra de verão 2006/2007, sendo oriundos de cultura de sequeiro, e foram colhidos após secagem natural. Este critério foi utilizado para que os grãos tivessem o menor dano mecânico possível, pois o objetivo era avaliar o rendimento de frações com maior valor agregado, ou seja, com tamanho maior que 4 mm.

#### Processamento do milho e análise de rendimento

O processamento das amostras de milho foi realizado na indústria Milhão Alimentos Ltda. Para cada amostra estudada, foram processados, por via seca, três lotes de grãos de, aproximadamente, 500 kg cada um. Na Figura 1, está apresentado o fluxograma do processamento dos grãos de milho. Inicialmente, na etapa de pré-limpeza, os grãos passaram por mesa gravimétrica, para separação de impurezas, e, depois, por canal de aspiração, para a limpeza dos grãos e retirada de impurezas mais finas. A seguir, as amostras foram umidificadas, para obtenção de umidade em torno de 16%, em sistema de condicionamento contínuo (Umificador Zaccaria SCCZ-2). Esta umidificação facilita a separação do endosperma, gérmen e pericarpo. No processo de degerminação, os grãos umidificados passaram pela câmara de

pressão do multiprocessador industrial para milho (degerminadora Zaccaria MPZ/AE), sofrendo atrito, ocasionado por um rotor, com geometria desenvolvida para esta finalidade. Este mecanismo promove a retirada do pericarpo e do gérmen, que são expelidos através de uma tela e sugados para o exterior, por meio de um sistema pneumático. Obteve-se, a partir deste procedimento, o endosperma livre de película e a fração gérmen com pericarpo. Durante o processo de degerminação, a carga de abastecimento da degerminadora foi controlada pela amperagem do motor (60 a 70 amperes), sendo mantido o mesmo padrão para todos os milhos testados. Foi retirada a umidade da fração gérmen de milho com pericarpo, em secadores tipo tambor com injeção de calor indireto, em temperatura variando de 150°C a 180°C, por 5 minutos. Após degerminação e secagem, foi mensurada a proporção de gérmen com pericarpo, por meio da pesagem do produto obtido. Os grãos degerminados foram submetidos à tamisação em plansifter, com quadros de peneiras de 7,5 mm a 4,0 mm de abertura de malha, onde foram separadas as frações com tamanho superior a 4,0 mm (canjição e canjica). Em sequência ao processo, as partículas menores que 4,0 mm foram trituradas em um moinho de martelo (Moinho Incomagri TIM 2), com peneira de 2,0 mm de abertura de malha. O material moído foi tamisado novamente em plansifter, onde foram separadas e caracterizadas as frações entre 1,400 mm

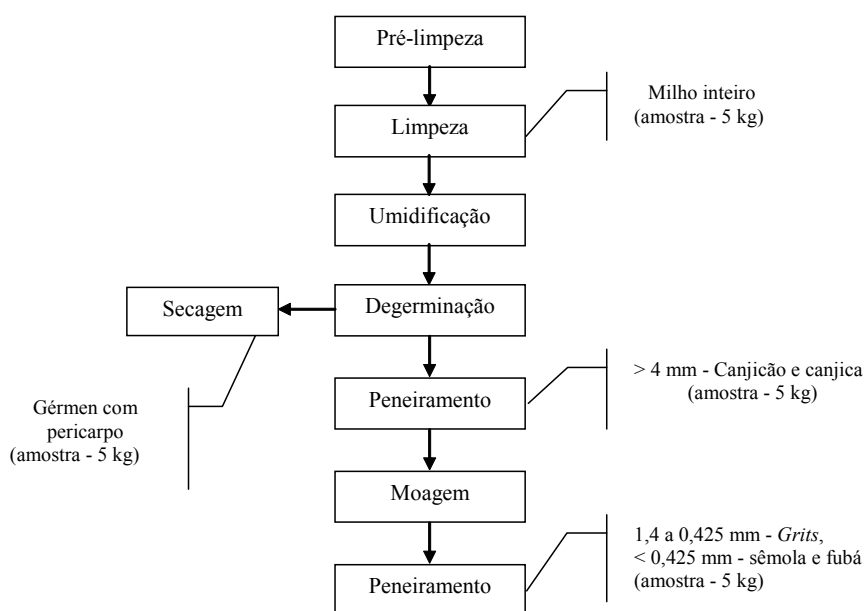


Figura 1. Fluxograma simplificado do processamento empregado para análise de rendimento de grãos de milho e coleta de amostras.

e 0,425 mm (*grits*) e partículas abaixo de 0,425 mm (sêmola/fubá). Após cada etapa do processamento, foram coletadas amostras de 5 kg do grão, da fração gérmen com pericarpo e do endosperma dos milhos QPM e comuns, para análises posteriores.

Os rendimentos do fracionamento do milho (1) e do endosperma (2) foram avaliados por meio do índice de rendimento, conforme procedimento utilizado por Gonçalves et al. (2003), e calculados pelas seguintes fórmulas: Rendimento (1) = (Peso total da fração/Peso total da amostra de milho) x 100, e Rendimento (2) = (Peso total da fração/Peso total do endosperma do milho) x 100, onde (1) representa a fração gérmen com pericarpo ou endosperma e (2) a fração canjica, canjicão, *grits* ou sêmola/fubá.

Os resultados foram expressos em porcentagem, para cada fração obtida, em três repetições. Para efeito de comparação do rendimento das amostras testadas, foram coletados dados indicadores de produção da Indústria Milhão Alimentos Ltda., no período de seis meses, sendo que os valores médios de cada dois meses foram considerados uma repetição e a média geral foi usada como média populacional (controle), para comparação dos dados de rendimento obtidos neste estudo.

#### *Análises químicas*

Foram realizadas análises químicas dos três híbridos de milho comum selecionados para o estudo e do milho QPM. Os valores de composição química dos milhos comuns apresentados no presente estudo constituem médias das três variedades estudadas, exceto os teores de minerais, que foram analisados em uma das variedades (AG7000). Essa variedade foi escolhida por apresentar menor rendimento de fubá, característica desejável para a indústria.

O teor protéico dos milhos, das frações gérmen com pericarpo de milho e do endosperma e dos produtos fracionados foi obtido por meio da análise de nitrogênio, segundo o método semimicro de Kjeldahl, sendo utilizado o fator 6,25 para a conversão do nitrogênio em proteína bruta (AOAC 1990). A umidade e o resíduo mineral fixo (cinzas) foram analisados, conforme técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2005), e os lipídios totais foram extraídos, por meio da técnica de Bligh & Dyer (1959), e, posteriormente, determinados por gravimetria. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Análise de Alimentos da Faculdade de Nutrição

da Universidade Federal de Goiás (UFG). A análise de fibra alimentar total foi realizada no Laboratório de Análise, Pesquisa e Consultoria em Alimentos – LABM (Belo Horizonte, MG), pelo método gravimétrico-enzimático (AOAC 1990). Os carboidratos foram estimados por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos de umidade, proteína, lipídios, cinzas e fibra alimentar total.

Os minerais (cálcio, ferro e zinco) foram caracterizados e quantificados nas amostras, por meio de espectrofotometria de absorção atômica (Varian, SpectrAA 200), utilizando-se os parâmetros instrumentais (Corrente – mA, comprimento de onda – nm, fenda – nm e faixa de padrões – ppm) específicos para cada nutriente (AOAC 1990). As análises de minerais foram realizadas no Laboratório Nacional Agropecuário de Goiás (Lanagro-GO/MAPA).

#### *Análises estatísticas*

Os resultados da avaliação de rendimento e das análises químicas foram expressos na forma de média e foi calculado o desvio-padrão de três repetições. Os dados foram analisados por comparação de médias entre os tratamentos. Para isso, foi aplicado o teste Tukey, após os dados terem sido submetidos à análise de variância. As diferenças foram consideradas significativas para  $p < 0,05$ . As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se planilha Excel, versão 2002 (10.6841.2625), Microsoft Office® (Microsoft Corporation, Redmond, EUA). Para análise dos teores de minerais entre o milho QPM e o milho comum, as médias foram comparadas entre si, pelo teste *t* de Student, sendo os cálculos efetuados por meio do programa estatístico Instat (versão 2.01, 1990-1993).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### *Características físicas*

Na análise dos 31 genótipos de milho, para a seleção dos híbridos de milho comum, foram observados os seguintes valores: peso hectolitro médio de  $0,755 \pm 0,231$  g mL<sup>-1</sup> ( $0,699$  g mL<sup>-1</sup> a  $0,792$  g mL<sup>-1</sup>), granulometria de  $79,48 \pm 14,09$  % (19,27% a 95,48%) e coloração dos grãos entre 4 e 14 ( $\bar{x} = 9,0 \pm 2,3$ ). Os resultados da avaliação física dos grãos dos híbridos selecionados estão apresentados na Tabela 1. Em relação ao peso hectolitro, notaram-se



Tabela 1. Características físicas do milho QPM e dos híbridos de milho comum estudados<sup>1</sup>.

Genótipo	Peso hectolitro g mL <sup>-1</sup>	Tamanho do grão peneira 8 mm	Coloração <sup>2</sup>
30F80	0,784 ± 0,10 <sup>b</sup>	88,10 ± 0,11 <sup>b</sup>	14,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
AG7000	0,792 ± 0,03 <sup>a</sup>	91,01 ± 0,01 <sup>a</sup>	12,33 ± 0,58 <sup>b</sup>
Alfa -090	0,765 ± 0,07 <sup>c</sup>	88,10 ± 0,11 <sup>b</sup>	11,67 ± 0,50 <sup>b</sup>
QPM	0,701 ± 0,17 <sup>d</sup>	68,28 ± 0,06 <sup>c</sup>	11,00 ± 1,00 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Dados apresentados como média ± desvio-padrão de três replicatas. Em uma mesma coluna, médias com letras em comum não apresentam diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

<sup>2</sup> Escala de pontos variando de 1 a 15, sendo, 1- amarelo claro e 15- alaranjado escuro.

diferenças significativas entre todos os genótipos estudados ( $p < 0,05$ ), sendo que o híbrido AG7000 apresentou maior peso, enquanto a variedade QPM obteve o menor peso, confirmando a menor densidade de milhos QPM relatada na literatura (Vasal 2001). A dureza do grão está, comumente, relacionada com a densidade. Assim, quanto maior a densidade, mais duro o grão será. A textura do grão, por sua vez, está relacionada com o conteúdo de  $\alpha$ -zeínas. Embora seja possível relacionar a dureza do grão com o conteúdo de  $\alpha$ -zeínas, a quantificação desta relação não é tão simples, em função do número de corpos protéicos presentes no endosperma e da distribuição desses corpos no grão. Geralmente, manipulações genéticas para melhoria da qualidade protéica de grãos comuns promovem uma redução da fração zeína no endosperma (Moro et al. 1995, Vasal 2001, Oliveira et al. 2007). Os resultados do peso hectolitro, obtidos neste trabalho, estão próximos aos relatados por Lee et al. (2007), porém, inferiores aos constatados por Duarte et al. (2005), que avaliaram a retenção de nitrogênio no grão de milho, em diferentes níveis de adubação nitrogenada.

Quanto ao tamanho, verificou-se que os grãos do híbrido AG7000 foram maiores, e os da variedade QPM, menores, ficando retidos na peneira de 8 mm cerca de 90% e 70% dos respectivos grãos. Todos os genótipos observados neste estudo, exceto o QPM, revelaram tamanhos semelhantes aos relatados por Lee et al. (2007), que avaliaram 11 híbridos e encontraram valores de retenção (peneira de 7,94 mm) entre 74,2% e 99,3%, em variedades de milho comum.

As agroindústrias que fabricam derivados do milho consideram relevante a cor do grão, porque este atributo interfere, diretamente, na coloração de seus produtos finais. Uma coloração mais intensa (alaranjada) é preferida pelos consumidores desses produtos (Oliveira et al. 2007). Neste estudo, os milhos avaliados apresentaram coloração variando de 11 a 14, na escala Roche (Tabela 1). O milho QPM apresentou coloração semelhante às dos grãos de milho comum e o híbrido 30F80 revelou coloração mais intensa, sendo essas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). O valor atribuído à cor do milho QPM, neste ensaio, foi similar ao relatado por Oliveira et al. (2007), que avaliaram a qualidade física de genótipos de milho QPM e seus cruzamentos, os quais originaram a variedade usada no presente estudo. Isso indica que a cor do grão do milho dos genitores não foi afetada pelos cruzamentos realizados.

#### Rendimentos na degerminação dos grãos

Foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no rendimento do endosperma e do gérmen com pericarpo, entre os grãos avaliados (Tabela 2). Constatou-se que os genótipos Alfa 090, 30F80 e AG7000 apresentaram menor rendimento da fração gérmen com pericarpo (diferenças significativas,

Tabela 2. Rendimento de frações do grão e do endosperma das variedades de milho estudadas<sup>1</sup>.

Genótipo	Frações do grão		Frações do endosperma		
	gérmen com pericarpo	endosperma	canjica	grits	sêmola/fubá
AG 7000	19,70 ± 1,07 <sup>b</sup>	80,26 ± 3,35 <sup>a</sup>	86,56 ± 5,10 <sup>a</sup>	10,40 ± 0,77 <sup>a,b</sup>	3,05 ± 0,31 <sup>c</sup>
30F80	21,97 ± 1,61 <sup>b</sup>	77,22 ± 5,42 <sup>a,b</sup>	86,84 ± 5,87 <sup>a</sup>	9,69 ± 0,31 <sup>b</sup>	3,71 ± 0,10 <sup>c</sup>
Alfa 090	22,77 ± 0,42 <sup>b</sup>	77,18 ± 1,75 <sup>a,b</sup>	87,33 ± 2,25 <sup>a</sup>	8,03 ± 0,13 <sup>b</sup>	4,12 ± 0,20 <sup>b,c</sup>
QPM	27,23 ± 3,15 <sup>a</sup>	73,34 ± 0,75 <sup>b,c</sup>	84,87 ± 4,53 <sup>a</sup>	8,10 ± 0,25 <sup>b</sup>	6,59 ± 0,65 <sup>a</sup>
Controle	30,17 ± 2,30 <sup>a</sup>	70,33 ± 1,57 <sup>c</sup>	81,92 ± 3,86 <sup>a</sup>	12,81 ± 2,76 <sup>a</sup>	5,29 ± 1,14 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Dados apresentados como média ± desvio-padrão de três replicatas. Em uma mesma coluna, médias com letras em comum não apresentam diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

$p < 0,05$ ) e, conseqüentemente, maior rendimento do endosperma, em comparação à variedade QPM e ao controle (média populacional dos indicadores da indústria). A variedade QPM apresentou maior rendimento da fração gérmen com pericarpo, em relação aos demais genótipos ( $p < 0,05$ ), sendo semelhante ao controle. Além disso, o rendimento do endosperma do milho QPM foi igual ao rendimento do controle e de dois híbridos comuns, Alfa 090 e 30F80, demonstrando-se, assim, que o menor peso hectolitro e o tamanho dos grãos QPM não afetaram o rendimento de seu endosperma. Em razão da eficácia no processo de degerminação, os resultados desta pesquisa são interessantes para as indústrias que realizam o processamento a seco. Neste caso, há maior interesse nos genótipos que apresentam melhor rendimento de endosperma, para posterior fracionamento na fabricação de várias opções de *grits*, que constituem produtos de maior valor agregado da indústria moageira de milho (Watson & Ramsted 1999, Gonçalves et al. 2003).

O rendimento do endosperma e da fração gérmen com pericarpo de milho dos genótipos estudados foi semelhante ao apresentado na literatura, cujos valores relatados são de 78% a 80%, para o endosperma, e 21,7% a 34,7%, para o gérmen (Mestres et al. 2003). Todavia, outros estudos constataram valores de rendimento para o gérmen entre 19% e 24%, próximos aos observados para os genótipos AG7000, 30F80 e Alfa 090 (Wu & Bergquist 1991, Pan et al. 1996).

Observou-se, em pesquisa realizada em dois laboratórios que usaram diferentes processos no condicionamento do grão, que, no processo em que a umidificação do grão foi de 23,5%, o rendimento da fração gérmen com pericarpo foi de 18,4%. No processo de umidificação realizado em duas etapas, sendo a primeira para 16% e a seguinte para 18%, o rendimento da fração gérmen com pericarpo foi de 27,8%. Dessa maneira, foi constatado que o condicionamento e os diferentes processos de umidificação podem afetar, significativamente, o rendimento dessa fração (Lee et al. 2007).

No presente estudo, as condições de degerminação foram padronizadas em escala industrial, em vista do volume de matéria-prima processado (500 kg). Nesse caso, observou-se um aumento de 27% no rendimento do gérmen com pericarpo do milho QPM, sendo, significativamente, superior ( $p < 0,05$ ) aos genótipos de milho comum. Por outro lado, o

resultado do rendimento de gérmen com pericarpo do milho QPM foi semelhante ao controle ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

A eficácia do processo de degerminação é determinada pelo rendimento das frações de gérmen com pericarpo e do endosperma e pela completa separação destas frações. Este processo é, em geral, comprometido pela ausência de padronização nas características da matéria-prima. As frações obtidas pela divisão do endosperma contêm em torno de 7% a 8% de proteínas, menos de 1% de lipídios, fibras e cinzas, e de 88% a 90% de amido, em base seca. A degerminação objetiva a obtenção de endosperma limpo, com menor conteúdo de lipídios e, por conseguinte, gérmen com o máximo teor lipídico possível (Watson & Ramsted 1999, Serna-Saldivar et al. 2001).

O rendimento do endosperma, analisado pela classificação das partículas por tamanho, possibilitou avaliar a produção de canjicas, *grits* e frações finas, como as sêmolas e o fubá (Tabela 2). A canjica, também conhecida como *flaking grits*, por conter alto valor agregado, é destinada à produção de cereais matinais. Portanto, o maior rendimento dessa fração e um mínimo de produção de fubá são resultados desejados pelas indústrias (Serna-Saldivar et al. 2001). Todos os genótipos apresentaram eficácia similar na produção de canjica. O rendimento de canjica observado no presente estudo (85% a 87%) foi superior aos valores constatados por Pan et al. (1996), em pesquisa com diferentes variedades de milhos (53,0% a 69,3%). Esses dados sugerem que o QPM pode ser uma boa alternativa para produção de canjica.

O alto rendimento da canjica ocasionou, de forma geral, baixo rendimento de *grits* e fubá, fato já relatado pela literatura (Wu & Bergquist 1991, Pan et al. 1996). Entretanto, o genótipo AG7000 obteve rendimento de *grits* similar ao controle e o milho QPM apresentou rendimento de fubá superior ao controle (Tabela 2). Mestres et al. (2003) encontraram, em diferentes variedades processadas com umidade de 10% e 15%, uma grande variação no rendimento de *grits*, com valores entre 26,0% a 67,5% e 23,8% a 63,4%, respectivamente. Em estudo realizado por Lee et al. (2007), em diferentes variedades submetidas a diversos tipos de processamentos, a fração *grits* apresentou rendimento superior a 50%. Serna-Saldivar et al. (2001) relataram rendimento de 38% de *grits*, grosso e médio. Tais diferenças observadas

na produção de *grits* podem ser explicadas pelo tipo de equipamento e abertura da peneira usados no processo de moagem, metodologia utilizada na avaliação do rendimento e pelos objetivos específicos de cada pesquisa.

O milho QPM gerou maior rendimento de sêmola e fubá (frações < 0,5 mm), sendo diferente dos demais híbridos e do controle ( $p < 0,05$ ), o que pode ser explicado pela sua maior quantidade de endosperma farináceo (Watson & Ramsted 1999, Vasal 2001). Em contraposição, os genótipos de milho comum produziram menos sêmola e fubá que o controle (Tabela 2). Os resultados do rendimento dessas frações foram semelhantes aos encontrados na literatura (Wu & Bergquist 1991, Pan et al. 1996).

### Características químicas

Os dados de composição química revelaram similaridade nos teores de proteínas e lipídios, entre os valores médios dos três genótipos de milho comum e o milho QPM (Tabela 3). O teor de proteína dos grãos se assemelhou ao relatado por alguns autores (Watson & Ramsted 1999, Vasal 2001, Gloria et al. 2002), porém, foi inferior aos valores encontrados em outros estudos para o milho QPM e genótipos de milho comum (Mestres et al. 1991, Moro et al. 1995, Séne et al. 2001, Gonçalves et al. 2003, Mestres et al. 2003, Velu et al. 2006). As diferenças no teor de

proteína dos grãos podem estar relacionadas, entre outras variáveis, às práticas agronômicas empregadas no cultivo do milho. É relatado, na literatura, que diferentes teores de adubação nitrogenada influenciam na produtividade e no teor de proteína do grão. Ferreira et al. (2001) verificaram que, para cada dose de nitrogênio aplicada (entre 0 kg ha<sup>-1</sup> e 210 kg ha<sup>-1</sup>), o teor de proteína no grão aumentava significativamente (39,1%), passando de 7,5 g 100 g<sup>-1</sup> para 10,5 g 100 g<sup>-1</sup>. Em outro estudo, em que foram usados 180 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, observou-se um incremento de 20% no teor de proteína dos grãos (Duarte et al. 2005).

O milho QPM e os genótipos de milho comum apresentaram teor considerável de lipídios ( $\bar{x} = 5,76\%$ ), sendo este valor ligeiramente maior que aqueles comumente relatados na literatura (Mestres et al. 1991, Séne et al. 2001, Gloria et al. 2002, Gonçalves et al. 2003, Mestres et al. 2003, Velu et al. 2006, Lee et al. 2007). Observou-se conteúdo mais elevado de fibra alimentar total no grão inteiro de milho QPM, em relação ao milho comum – 17% e 13%, respectivamente (Tabela 3). Não foi possível comparar os resultados de fibra alimentar com outros estudos, pois os valores encontrados na literatura se referem à fibra bruta, o que impossibilita a comparação dos dados pelas diferenças entre os procedimentos analíticos.

O milho QPM apresentou teor de cinzas superior ao do milho comum, o que sugere um maior

Tabela 3. Composição química do milho QPM e dos milhos comuns<sup>1</sup>.

Fração	Composição centesimal						Minerais		
	umidade	proteínas	lipídios	fibra alimentar	cinzas	carboidratos <sup>2</sup>	cálcio	ferro	zinco
	g 100 g <sup>-1</sup>						mg 100 g <sup>-1</sup>		
<i>Milho comum</i>									
Grão inteiro	9,23 ± 0,17	8,05 ± 0,07	5,69 ± 0,21	13,33 ± 1,51	1,15 ± 0,02	63,30	6,76 ± 0,55	3,37 ± 0,19	2,08 ± 0,23
Gérmen com pericarpo	8,32 ± 0,04	11,95 ± 0,32	17,48 ± 0,20	29,18 ± 1,20	3,65 ± 0,05	28,82	18,41 ± 1,54*	5,33 ± 1,00	5,07 ± 0,41
Canjica/ <i>grits</i>	11,31 ± 0,17	6,64 ± 0,27	0,37 ± 0,04	nd	0,25 ± 0,00	81,43	nd	nd	nd
Sêmola/fubá	11,64 ± 0,09	6,36 ± 0,10	1,37 ± 0,09	4,67 ± 12,97	0,19 ± 0,02	75,50	2,13 ± 0,142*	0,39 ± 0,02	0,24 ± 0,02
<i>QPM</i>									
Grão inteiro	11,84 ± 0,18	9,21 ± 0,10	5,84 ± 0,22	17,40 ± 0,10	1,35 ± 0,02	55,71	7,83 ± 0,80	3,92 ± 0,59	2,39 ± 0,05*
Gérmen com pericarpo	8,74 ± 0,08	13,80 ± 1,60	16,85 ± 0,19	34,31 ± 0,10	4,47 ± 0,14	18,79	14,28 ± 0,24	20,12 ± 1,15*	6,02 ± 0,42*
Canjica/ <i>grits</i>	10,96 ± 0,14	6,98 ± 0,30	0,47 ± 0,01	nd	0,27 ± 0,01	81,32	nd	nd	nd
Sêmola/fubá	12,18 ± 0,16	6,26 ± 0,03	1,44 ± 0,12	nd	0,24 ± 0,02	79,88	1,68 ± 0,14	1,01 ± 0,26*	0,30 ± 0,01*

<sup>1</sup> Dados apresentados como média ± desvio-padrão de três replicatas. Os valores para o milho comum constituem médias das três variedades estudadas, exceto os teores de minerais que foram analisados em uma das variedades (AG7000).

<sup>2</sup> Valores calculados por diferença, subtraindo-se de 100 os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios, fibra alimentar e cinzas. Nos casos em que a fibra alimentar não foi determinada (nd – não determinado), os valores correspondem a carboidratos totais.

\* Diferença significativa pelo teste *t* de Student, entre os milhos QPM e comum.

conteúdo de minerais no milho QPM, sendo os resultados, em geral, compatíveis com os encontrados na literatura (Gonçalves et al. 2003, Mestres et al. 2003, Velu et al. 2006). Observou-se que os gérmen dos milhos QPM e comum contêm teores elevados de fibra alimentar total e, conforme legislação vigente no Brasil (Brasil 1998), estas frações podem ser consideradas matérias-primas com alto teor de fibras. O conteúdo de fibra alimentar do germen do milho QPM é um pouco mais elevado que aquele encontrado para o germen do milho comum. Em comparação com outras fontes alimentares, o germen QPM possui uma concentração de fibra alimentar semelhante à do farelo de centeio (34%), maior que a do farelo de aveia (18%) e menor que a do farelo de trigo (43%) (Gråsten et al. 2002). Quanto à concentração de proteína, os valores encontrados para os gérmen de milho QPM e comum (14% e 12%, respectivamente) foram superiores aos relatados por Brito et al. (2005a) e semelhantes aos constatados por Mestres et al. (2003), para germen integral, e por Hernández et al. (1999), para germen desengordurado.

Os gérmen dos milhos QPM e dos milhos comuns apresentaram conteúdo considerável de lipídios, similares entre si e superiores aos reportados na literatura (Mestres et al. 2003, Brito et al. 2005a). Verificou-se que o germen do milho QPM apresentou um teor de cinzas 22% maior, em relação ao germen de milho comum, corroborando o resultado de cinzas encontrado no grão inteiro e confirmando que os minerais estão concentrados nessa fração. O teor de cinzas constatado para estas frações foi semelhante ao relatado por Hernández et al. (1999).

As amostras do endosperma (canjica e *grits*) apresentaram menores teores de lipídios e cinzas, o que denota a eficácia da separação das frações endosperma e germen com pericarpo. Os teores de proteínas das frações canjica/*grits* e sêmola/fubá, dos milhos estudados, foram similares entre si e semelhantes aos relatados por Callegaro et al. (2005). Contudo, foram inferiores aos constatados em outros estudos (Mestres et al. 1991, Mestres et al. 2003). Os teores de lipídios da sêmola e fubá (Tabela 3) foram inferiores aos relatados por Callegaro et al. (2005), indicando boa separação do endosperma das demais partes do grão, e foram similares aos observados por Mestres et al. (1991) e Hernández et al. (1999).

Em estudo realizado por Callegaro et al. (2005), em produtos derivados do milho, foi observado que

o teor de fibra alimentar total das farinhas, média e fina (sêmola e fubá), foi maior (4%), em comparação ao arroz polido (menor que 2%) e à farinha de trigo especial (3%), sendo esse resultado compatível com os observados no presente estudo.

Os teores de cálcio, ferro e zinco dos milhos analisados são mostrados na Tabela 3. Observa-se que o teor de cálcio do milho QPM foi superior ao do milho comum (híbrido AG7000), porém, as diferenças não foram significativas ( $p > 0,05$ ). Ao contrário, foi constatado conteúdo menor de cálcio nas frações germen, sêmola e fubá do milho QPM, sendo essas diferenças significativas ( $p = 0,01$ ). Quanto ao teor de ferro, o milho QPM apresentou, no grão inteiro, um teor 17% maior que o do milho comum. Contudo, esta diferença não foi significativa ( $p > 0,05$ ). Em contrapartida, o milho QPM apresentou conteúdo de ferro superior nas frações sêmola e fubá e no germen ( $p = 0,01$ ), em comparação às mesmas frações do milho comum. Em relação ao teor de zinco, os valores também foram superiores para o milho QPM no grão inteiro ( $p = 0,08$ ), no germen ( $p = 0,05$ ) e nas frações sêmola e fubá ( $p = 0,01$ ). Tais resultados indicam que as manipulações genéticas elevaram o conteúdo de minerais nos grãos do milho QPM. Estes dados são similares aos relatados por Oliveira (2003), que constatou valores de ferro, em genótipo de milho duro, de 3,8 mg 100 g<sup>-1</sup> e, em genótipo de milho dentado, de 2,84 mg 100 g<sup>-1</sup>. No mesmo estudo, observaram-se teores de zinco de 3,02 mg 100 g<sup>-1</sup> e 2,88 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes valores estão acima daqueles relatados na literatura (3,0 mg 100 g<sup>-1</sup>, para o ferro, e 1,4 mg 100 g<sup>-1</sup>, para o zinco) (Watson & Ramsted 1999).

O germen de milho contém, aproximadamente, 78% da constituição mineral do grão, sendo considerado fração rica em minerais, provavelmente porque são essenciais ao desenvolvimento da plântula (Watson & Ramsted 1999). O conteúdo de cálcio do germen com pericarpo de milho comum, encontrado neste estudo, foi ligeiramente inferior ao verificado por Brito et al. (2005b), que foi de 20 mg 100 g<sup>-1</sup>.

O milho QPM estudado tem potencial de uso na indústria de alimentos, visto que obteve rendimento compatível com os resultados de produção da indústria. As pesquisas genéticas, visando à melhoria das características fenotípicas, devem continuar, pois ainda há alguns aspectos, como densidade e textura do grão, que podem ser aperfeiçoados. Além disso, esse genótipo contém teores consideráveis de pro-



teínas e lipídios e alto teor de fibra alimentar, além de bom conteúdo mineral, especialmente em ferro. Todavia, antes de recomendar o uso do milho QPM como matéria-prima na indústria de alimentos, para consumo humano, faz-se necessária a avaliação da disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e seu valor protéico. Ressalta-se que as características nutricionais e tecnológicas do milho QPM ampliam as opções de aplicação pelas indústrias moageiras, que podem agregar valor aos produtos obtidos a partir deste milho. Neste sentido, devem ser realizadas pesquisas utilizando-se o grão e suas frações em alimentos processados, além de estudos sobre a aplicabilidade e qualidade nutricional dos produtos gerados.

### CONCLUSÕES

1. O milho QPM apresentou bom rendimento na degerminação do grão, sendo compatível com os indicadores de produção industrial de milho. Porém, a eficácia do fracionamento do endosperma foi inferior à dos grãos das três variedades de milho comum analisadas.
2. O milho QPM testado constitui alimento rico em fibra alimentar e ferro e é fonte de proteínas, lipídios e zinco. A fração gérmen do milho QPM constitui matéria-prima com alta densidade de nutrientes, sobretudo fibra alimentar, ferro e zinco, além de apresentar bom conteúdo de proteínas e lipídios, podendo ser uma alternativa interessante para as indústrias alimentícias que buscam produtos com melhor qualidade nutricional e maior valor agregado.

### AGRADECIMENTOS

À Milhão Alimentos Ltda. (Inhumas, GO), pelo apoio necessário à realização deste estudo; à Sementes ALFA Ltda., pela doação de material para a pesquisa; e à Fundação de Apoio à Pesquisa (Funape, Universidade Federal de Goiás) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro. Os autores agradecem, ainda, a Luiz Sávio Medeiros Teixeira, do Laboratório Nacional Agropecuário (Lanagro-GO), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pela realização das análises de minerais nos materiais pesquisados.

### REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS MOAGEIRAS DE MILHO (Abimilho). *Manual de amostragem, métodos físico-químicos e microbiológicos para análise de produtos derivados de milho*. Apucarana: Abimilho, 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis*. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry Physiology*, Toronto, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998. Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 jan. 1998. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 8 jun. 2006.
- BRITO, A. B. et al. Avaliação nutricional do gérmen integral de milho para aves. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 19-26, 2005a.
- BRITO, A. B. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais de 30 a 64 semanas de idade consumindo gérmen integral de milho. *Acta Scientiarum Animal Science*, Maringá, v. 27, n. 1, p. 29-34, 2005b.
- CALLEGARO, M. G. K. et al. Determinação de fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados do milho. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 2, p. 271-274, 2005.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). *Acompanhamento da safra brasileira - grãos: oitavo levantamento de avaliação da safra 2007/2008 - maio 2008*. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9levsafra.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2008.
- DUARTE, A. P. et al. Grain quality maize genotypes as influenced by nitrogen level. *Crop Science*, Madison, v. 45, n. 5, p. 1958-1964, 2005.
- FERREIRA, A. C. B. et al. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.
- GLORIA, E. M. et al. Influence of low levels of grain defects on maize wet milling. *Journal of Food Engineering*, Londres, v. 55, n. 4, p. 359-365, 2002.
- GONÇALVES, R. A. et al. Rendimento e composição química de cultivares de milho em moagem a seco e produção de *grits*. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, n. 3, p. 643-650, 2003.

- GRÅSTEN S. M. et al. Fibers with different solubility characteristics alter similarly the metabolic activity of intestinal microbiota in rats fed cereal brans and inulin. *Nutrition Research*, New York, v. 22, n. 12, p. 1435-1444, 2002.
- HERNÁNDEZ, B. D.; GUERRA, M. J.; RIVERO, F. Efecto del fraccionamiento sobre las características del germen de maíz desgrasado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 107-112, 1999.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed., Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2005.
- LEE, K. M. et al. Corroborative study on maize quality, dry-milling and wet-milling properties of selected maize hybrids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 55, n. 26, p. 10751-10763, 2007.
- MESTRES, C. et al. Dry-milling properties of maize. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 68, n. 1, p. 51-56, 1991.
- MESTRES, C.; MATENCIO, F.; DRAMÉ, D. Small-scale production and storage quality of dry-milled degermed maize products for tropical countries. *International Journal of Food Science and Technology*, Oxford, v. 38, n. 2, p. 201-207, 2003.
- MORO, G. L. et al. Phenotypic effects of opaque-2 modifier genes in normal maize endosperm. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 72, n. 1, p. 94-99, 1995.
- NAVES, M. M. V. et al. Avaliação química e biológica do grão em cultivares de milho de alta qualidade protéica. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 1-8, jan./abr. 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Quality-protein maize*. Washington: National Academy, 1988.
- OLIVEIRA, J. P. *Avaliação da qualidade nutricional no grão em populações de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos*. 2003. 179 f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.
- OLIVEIRA, J. P. et al. Qualidade física do grão em populações de alta qualidade protéica e seus cruzamentos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 37, n. 4, p. 233-241, out./dez. 2007.
- PAES, M. C. D. *Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular técnica, 75).
- PAN, Z. et al. Physical properties and dry-milling characteristics of six selected high-oil maize hybrids. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 73, n. 5, p. 517-520, 1996.
- PIXLEY, K. V.; BJARNASON, M. S. Stability of grain yield, endosperm modification, and protein quality of hybrid and open-pollinated quality protein maize (QPM) cultivars. *Crop Science*, Madison, v. 42, n. 6, p. 1882-1890, 2002.
- ROCHE. *The Roche yolk colour fan: directions for use*. Basel: F. Hoffman La Roche, 1987. (Folheto).
- SÉNE, M. et al. QTLs for grain dry milling properties, composition and vitreousness in maize recombinant inbred lines. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 102, n. 4, p. 591-599, 2001.
- SERNA-SALDIVAR, S. O.; GOMEZ, M. H.; ROONEY, L. W. Food uses of regular and specialty corns and their dry-milled fractions. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). *Specialty corns*. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2001. p. 303-337.
- VASAL, S. K. High quality protein corn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). *Specialty corns*. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2001. p. 85-129.
- VELU, V. et al. Dry milling characteristics of microwave dried maize grains. *Journal of Food Engineering*, Londres, v. 74, n. 1, p. 30-36, 2006.
- WATSON, S. A.; RAMSTED, P. E. (Eds.). *Corn: chemistry and technology*. 4. ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1999.
- WU, Y. V.; BERGQUIST, R. R. Relation of corn density to yields of dry-milling products. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 68, n. 5, p. 542-544, 1991.