

Foto: Lucas Scherer Cardoso

COMUNICADO  
TÉCNICO

568

Concórdia, SC  
Dezembro, 2019

**Embrapa**

## Avaliação da granulometria do milho para suínos e frangos de corte analisada com amostra seca e com amostra natural

Jorge Vitor Ludke  
Dirceu Luís Zanotto  
Arlei Coldebella  
Anildo Cunha Júnior

# Avaliação da granulometria do milho para suínos e frangos de corte analisada com amostra seca e com amostra natural<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jorge Vítor Ludke, Engenheiro Agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. Dirceu Luís Zanotto, Biólogo, mestre em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. Arlei Coldebella, Médico Veterinário, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. Anildo Cunha Júnior, Químico, mestre em Química, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC.

## Introdução

O milho moído é o ingrediente utilizado em maior proporção na alimentação de suínos e frangos de corte, participando, em média, da composição das rações com 75% e 60%, respectivamente. Para proporcionar uma mistura uniforme, os ingredientes usados nas rações para aves e suínos devem apresentar granulometria adequada. No Brasil, os moinhos utilizados para moagem dos ingredientes que são incluídos nas rações têm configurações variadas. Assim, nas fábricas de rações cada modelo de moinho apresenta ajustes operacionais específicos necessários para maximizar o rendimento e gerar ingredientes triturados que atendam às especificações técnicas.

Para determinar se a moagem foi executada de forma adequada é realizada a análise granulométrica, que consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem cada amostra representativa dos ingredientes moídos. Um conjunto de peneiras sobrepostas

em ordem sequencial crescente, com a abertura dos furos, é utilizado e a massa de cada fração do material moído retido em cada uma dessas peneiras é registrada. Aos resultados obtidos é aplicado um tratamento estatístico e a granulometria dos ingredientes é representada pelo diâmetro geométrico médio das partículas (DGM,  $\mu\text{m}$ ). No caso do milho moído, o DGM pode variar de 400  $\mu\text{m}$  a 1.300  $\mu\text{m}$ . Além dos efeitos sobre a qualidade da mistura das rações, os efeitos do DGM também podem se expressar sobre o valor nutricional e sobre o valor de energia metabolizável do milho.

Alguns parâmetros de produtividade na suinocultura e na avicultura têm sido avaliados em função da variação do DGM do milho. No caso de suínos, a redução do DGM do milho melhora a digestibilidade de nutrientes das rações (Zanotto et al., 1992) e também o valor da energia metabolizável do ingrediente. Como consequência, melhora também o desempenho animal (Bertol et al., 2017). Já para frangos de corte, a variação do DGM do milho não influencia o

valor nutricional e a maioria dos relatos indica que o DGM do milho, em rações fareladas (Zanotto et al., 1999a) e pelletizadas (Zanotto et al., 1999b), não afeta o desempenho das aves (Zanotto et al., 2006). Contudo, no caso específico dos frangos de corte, o aumento do DGM do milho melhora o rendimento da moagem e reduz o consumo de energia elétrica deste processo. Isto evidencia a necessidade do uso de DGM adequado para cada espécie animal, sendo recomendado um DGM na faixa de 450  $\mu\text{m}$  a 600  $\mu\text{m}$  para ração de suínos (Zanotto et al., 1999c) e de 850  $\mu\text{m}$  a 1.050  $\mu\text{m}$  para ração de frangos de corte (Zanotto et al., 1998).

O monitoramento do DGM do milho é baseado no resultado da análise de granulometria realizada em laboratório. A metodologia padronizada (Zanotto; Bellaver, 1996) envolve as etapas preliminares de envio da amostra para o laboratório e a secagem em estufa durante uma noite. Essas etapas prejudicam a agilidade da análise, impossibilitando a disponibilização do resultado em tempo hábil para eventuais ajustes do processo de moagem para obtenção de DGM em conformidade para suínos e frangos. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a possibilidade de realizar a análise de granulometria do milho com “amostra natural” (sem secagem –  $\text{DGM}_{\text{mn}}$ ) e propor um modelo validado para estimar a faixa de DGM para suínos e frangos de corte, considerando à “amostra seca” ( $\text{DGM}_{\text{ms}}$ ).

## Material e métodos

Foram adquiridos oito lotes de 1.000 kg milho produzido na região Sul do Brasil. Cada lote foi dividido em cinco partes de 200 kg, constituindo 40 sub-lotes, que foram submetidos a processamento de moagem através de moinho a martelos. Cada sub-lote de um mesmo lote foi moído utilizando uma peneira com diferente abertura dos furos: 1,5 mm; 1,8 mm; 3,0 mm; 4,5 mm; 8,0 mm. Para análise de granulometria, 114 amostras de milho moído foram coletadas: 34 sub-lotes com três repetições = 102 amostras e, 6 sub-lotes com 2 repetições = 12 amostras. A análise de granulometria foi realizada no Laboratório de Análises Físico Químicas (LAFQ) da Embrapa Suínos e Aves, utilizando metodologia padrão convencional (Zanotto; Bellaver, 1996; Embrapa Suínos e Aves, 2013) com secagem da amostra em estufa 105°C por uma noite (“Amostra Seca”) e, paralelamente, foi omitida a etapa de secagem da amostra (“Amostra Natural”).

Para comparar os resultados de DGM entre os procedimentos com “Amostra Seca” e “Amostra Natural” foi realizada uma análise de regressão linear, considerando como variável independente o DGM analisado com “Amostra Natural” ( $\text{DGM}_{\text{mn}}$ ) e como variável dependente o DGM analisado com “Amostra Seca” ( $\text{DGM}_{\text{ms}}$ ). Para a validação da equação foram usadas dez amostras aleatórias de milho moído que foram retiradas da modelagem inicial, sendo duas de cada

uma das cinco peneiras utilizadas na moagem. Foram calculados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a exatidão e o erro de predição. As análises foram realizadas usando o software SAS (SAS Institute Inc., 2012).

## Resultados

Os lotes de milho apresentaram valores de matéria seca na faixa de 86,22% a 87,60%, sendo esses considerados dentro do normal para milho destinado à produção de rações para suínos e aves. Os valores de DGM determinados através da análise de granulometria situaram-se na faixa de 319  $\mu\text{m}$  a 1.109  $\mu\text{m}$  quando analisado com “Amostra Seca”, e de 421  $\mu\text{m}$  a 1.235  $\mu\text{m}$ , quando analisado com “Amostra Natural”. Para ambas as faixas de DGM os valores extremos, inferior e superior, corresponderam às amostras de milho moído com peneiras de 1,5 mm e 8,0 mm de abertura dos furos, respectivamente. Pode-se observar que o DGM do milho determinado com “Amostra Natural” foi maior que o DGM determinado com “Amostra Seca”. A análise de regressão mostrou que existe associação forte ( $R^2=0,980$ ), positiva e significativa ( $p<0,0001$ ) entre os dois processos avaliados e que é possível utilizar o valor do DGM a partir da “Amostra Natural” para estimar o DGM na “Amostra Seca” utilizando a equação.

A validação da equação realizada com as dez amostras demonstra que o modelo é robusto, com altíssimo coeficiente de determinação ( $R^2=0,997$ ) e alta precisão, indicados pela exatidão alcançada de 3,04  $\mu\text{m}$  e erro de predição de 2,52% (Figura 2).

## Discussão

Considerando que a recomendação de DGM do milho na “Amostra Seca” é de 450  $\mu\text{m}$  a 600  $\mu\text{m}$  para suínos (Zanotto et al., 1999c) e de 850  $\mu\text{m}$  a 1.050  $\mu\text{m}$  para frangos de corte (Zanotto et al., 1998), pode-se inferir valores equivalentes de DGM na “Amostra Natural” de 509  $\mu\text{m}$  a 660  $\mu\text{m}$  para suínos e de 913  $\mu\text{m}$  a 1.115  $\mu\text{m}$  para frangos de corte (Tabela 1), com base nas estimativas dos parâmetros da reta ajustada (Figura 1). O fato do DGM do milho determinado com “Amostra Natural” ser maior que o DGM determinado com “Amostra Seca” ocorre devido às partículas de milho com maior umidade (“Amostra Natural”) apresentar maior aderência às malhas das peneiras, prejudicando a livre passagem dessas partículas no processo de peneiramento, comparado com o milho de menor umidade (“Amostra Seca”).

$$\text{DGM}_{\text{ms}} = -53,78 + 0,99 \times \text{DGM}_{\text{mn}}$$

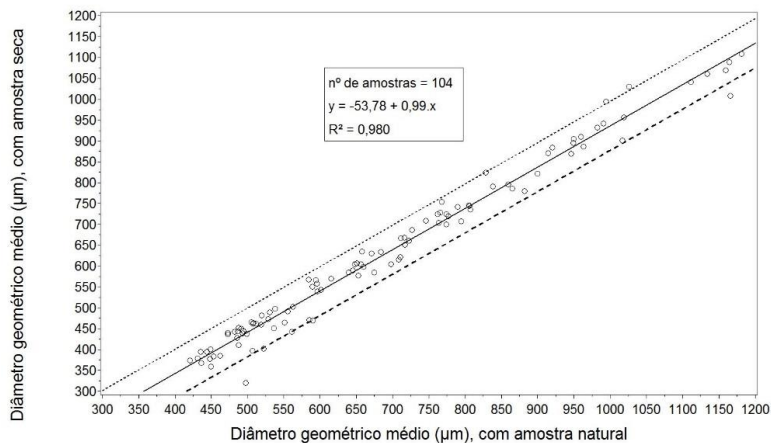
(Figura 1)

**Tabela 1.** Equivalência entre o valor de DGM determinado com “Amostra Natural” ( $DGM_{mn}$ ) e o DGM estimado para “Amostra Seca” ( $DGM_{ms}$ ) através da equação estabelecida, e limites inferior e superior, considerando intervalo de confiança de 95%.

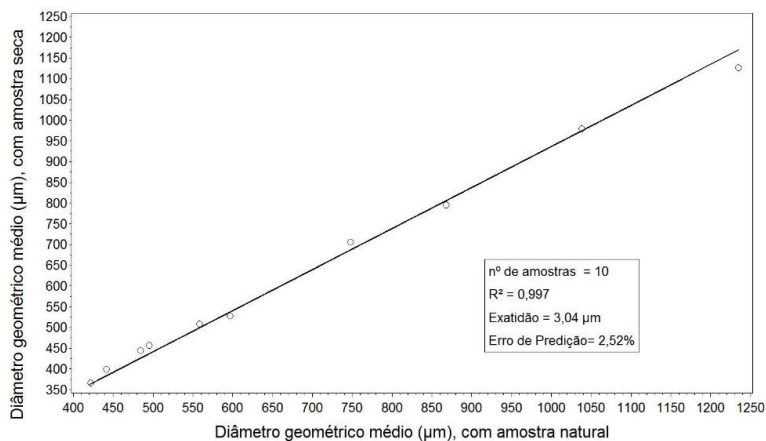
$DGM_{mn}$ determinado	$DGM_{ms}$ estimado		
	Valor central	Limite inferior	Limite superior
360	303	244	361
<b>410</b>	<b>352</b>	<b>294</b>	<b>410</b>
460	402	344	460
510	451	393	509
560	501	443	558
610	550	493	608
660	600	542	657
710	649	592	707
760	699	641	756
810	748	691	806
860	798	740	856
910	847	789	905
960	897	839	955
1.010	946	888	1.005
1.060	996	937	1.054
1.110	1.045	987	1.104
1.160	1.095	1.036	1.154
1.210	1.144	1.085	1.204
1.260	1.194	1.134	1.254
1.310	1.243	1.183	1.304

Na Tabela 1, quando se tem 95% de confiança de que o valor real do  $DGM_{ms}$  está neste intervalo, significa que 95% dos intervalos observados contêm o valor real do  $DGM_{ms}$ . Os destaques na

tabela indicam em verde o  $DGM_{ms}$  ideal para suínos e em amarelo o  $DGM_{ms}$  preferencial para frangos de corte.



**Figura 1.** Valores observados, reta ajustada e intervalo de predição (95%) para DGM com amostra seca em função do DGM com amostra natural.



**Figura 2.** Valores observados (o) e reta estimada do DGM com amostra seca em função do DGM com amostra natural, para as 10 amostras usadas na validação.

## Roteiro para validar a equação *in loco*

O objetivo de determinar o DGM do milho com “Amostra Natural” ( $DGM_{mn}$ ) é a possibilidade de estimar o seu valor equivalente na “Amostra Seca” ( $DGM_{ms}$ ), permitindo, assim, monitorar o processo de moagem em tempo real de modo a ajustar o DGM às faixas recomendadas. Adicionalmente, o  $DGM_{ms}$  estimado viabiliza o seu uso em equações de predição do valor de Energia Metabolizável (EM) do milho moído para suínos (Bertol et al., 2017). Isto permite realizar, de forma imediata, os ajustes necessários na formulação de ração devido à variação da EM do milho para suínos em função da variação do DGM (Zanotto et al., 2016). Neste sentido, as particularidades operacionais de cada fábrica de ração devem ser atendidas. O roteiro a seguir permite identificar se a equação proposta para estimar o  $DGM_{ms}$  se ajusta à realidade da fábrica, ou se é necessário construir uma nova equação.

- 1) Utilizar amostras de milho com umidade como rotineiramente recebido na fábrica.
- 2) Avaliar o DGM na matéria natural e na matéria seca de dez amostras de milho moído que abranja a amplitude utilizada na fábrica (no mínimo três peneiras no moinho).

- 3) Estimar o DGM na matéria seca a partir do DGM na matéria natural usando a equação  $DGM_{ms} = -53,78 + 0,99 \times DGM_{mn}$ .
- 4) Calcular a exatidão fazendo a diferença entre  $DGM_{ms}$  avaliado pelo método padrão e o  $DGM_{ms}$  estimado pela equação para cada amostra de milho moído.
- 5) Transformar a diferença obtida no item 4 em valor absoluto (ignorar sinal negativo), dividir pelo valor do  $DGM_{ms}$  avaliado pelo método padrão e multiplicar por 100 para obter o erro de predição (%).
- 6) Calcular a exatidão média, o erro de predição médio e o  $R^2$  e comparar com os valores preconizados de no máximo 20  $\mu m$  para exatidão e 5% para o erro de predição e mínimo de 0,97 para o  $R^2$ .
- 7) Caso a equação não atenda qualquer um dos critérios elencados no item 6, avaliar se houve algum problema na execução dos métodos e refazer a validação. Em último caso, aumentar a amostragem e estimar uma equação específica do laboratório para atender a especificidade da fábrica de ração.

A Figura 3 apresenta um exemplo de planilha do Excel com os cálculos para validação da equação de predição.

## Considerações finais

A análise de granulometria do milho pode ser realizada com a amostra natural e, para manter a conformidade com as recomendações de DGM para suínos e frangos de corte, os valores de DGM na amostra natural de 509  $\mu\text{m}$  a 660  $\mu\text{m}$  para suínos e de 913  $\mu\text{m}$  a 1.115  $\mu\text{m}$  para frangos de corte são recomendados.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Validação da Equação de predição do DGM do milho na matéria seca em função do DGM na matéria natural</b>					
2						
3	Amostra	DGM <sub>mn</sub>	DGM <sub>ms</sub> avaliado	DGM <sub>ms</sub> estimado	Exatidão	Erro de Predição
4	1	441	399	383	16	4,06
5	2	422	366	364	2	0,55
6	3	495	457	436	21	4,54
7	4	485	445	426	19	4,19
8	5	597	528	537	-9	1,75
9	6	559	509	500	9	1,84
10	7	748	706	687	19	2,73
11	8	868	796	806	-10	1,20
12	9	1038	979	974	5	0,53
13	10	1235	1127	1169	-42	3,72
14						
15	Exatidão média ( $\mu\text{m}$ ) =		3	Equação validada		
16	Erro de Predição médio (%) =		2,51	Equação validada		
17	R <sup>2</sup> =		0,997	Equação validada		

**Figura 3.** Exemplo de planilha do Excel utilizada para validação da equação.



## Referências

- BERTOL, T. M.; ZANOTTO, D. L.; COLDEBELLA, A.; LUDKE, J. V. Development and validation of equations to predict the metabolizable energy value of corn for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 95, p. 291-301, 2017. doiDOI:10.2527/jas2016.0832.
- EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Núcleo de Tecnologia e Informação. **Granucalc**. Concórdia, 2013. Software on line. Aplicativo para o cálculo do Diâmetro Geométrico Médio (DGM) e do Desvio Padrão Geométrico (DPG) de partículas de ingredientes. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/softgran/softgran.php>>. Acesso em: 20 out. 2019.
- LUDKE, J. V.; ZANOTTO, D. L.; COLDEBELLA, A.; CUNHA Jr. JÚNIOR, A. Análise de granulometria do milho: Avaliação do tamanho das partículas determinado com amostra natural e com amostra seca. XIV CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 14., 28 a 30 de novembro de 2019, Recife, PE, Seção 6: Nutrição e Produção de Não Ruminante, 3 pp. **Anais...**, Artigo Resumido, Recife, 2019, 3 p.
- SAS INSTITUTE INC. **System for Microsoft Windows**, Release 9.4, Cary, NC, USA, 2002-2012. (CD-ROM).
- ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1996. 5 p. (EMBRAPA-CNPSA Comunicado Técnico, 215). Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/cot215.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/cot215.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2019.
- ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. de; GUIDONI, A. L. **Granulometria do milho em rações para frangos de corte**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. 2 p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 224).
- ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. de; GUIDONI, A. L. Granulometria do milho, peletização da dieta e metabolismo com frangos de corte. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1999, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: FACTA/WPSA-BR, 1999a., p. 33.
- ZANOTTO, D. L.; GUIDONI, A. L.; BRUM, P. A. R. de. Granulometria do milho em rações fareladas para frangos de corte. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36., 1999, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS. SBZ, 1999b. v. 1 CDRom.
- ZANOTTO, D. L.; GUIDONI, A. L.; MORES, N. **Granulometria do milho em dietas para suínos nas fases de crescimento e crescimento-terminação**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1999c. 3 p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 232).
- ZANOTTO, D. L.; LUDKE, J. V.; COLDEBELLA, A.; BERTOL, T. M.; CUNHA JÚNIOR, A. Equações de predição para estimar o valor de energia metabolizável do milho para suínos. In: SEMINÁRIO TÉCNICO CIENTÍFICO DE AVES E SUÍNOS, 17; FEIRA DA INDÚSTRIA LATINO-AMERICANA DE AVES E SUÍNOS – AVESUI 2016; Florianópolis. **Anais: trabalhos científicos nutrição suínos**. Florianópolis: Gessulli, 2016.
- ZANOTTO, D. L.; NICOLAIEWSKY, S.; FERREIRA, A. S.; GUIDONI, A. L.; LIMA, G. J. M. M. Granulometria do milho: Digestibilidade de rações para suínos em crescimento e terminação. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 29., 1992, Lavras, MG. **Anais...** Lavras, MG: SBZ, 1992. p. 373.
- ZANOTTO, D. L.; SCHMIDT, G. S.; GUIDONI, A. L.; BRUM, P. A. R. de; ROSA, P. S. Efeito do tamanho das partículas do milho e forma de ração sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa, PB, **Anais...**, 2006.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Suínos e Aves**  
Rodovia BR 153 - KM 110  
Caixa Postal 321  
89.715-899, Concórdia, SC  
Fone: (49) 3441 0400  
Fax: (49) 3441 0497  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**1ª edição**  
Versão eletrônica (2019)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



**PÁTRIA AMADA  
BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

Comitê Local de Publicações da Embrapa Suínos e Aves

Presidente  
*Marcelo Miele*  
Secretária-Executiva  
*Tânia Maria Biavatti Celant*  
Membros  
*Airton Kunz, Clarissa Silveira Luiz Vaz,  
Gerson Neudi Scheuermann,  
Jane de Oliveira Peixoto e  
Monalisa Leal Pereira*  
Supervisão editorial  
*Tânia Maria Biavatti Celant*  
Revisão técnica  
*Diego Surek*  
*Gerson Neudi Scheuermann*  
Revisão de texto  
*Monalisa Leal Pereira*  
Normalização bibliográfica  
*Claudia Antunez Arrieche*  
Tratamento das ilustrações  
*Vivian Fracasso*  
Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*  
Editoração eletrônica  
*Vivian Fracasso*  
Foto da capa  
*Lucas Scherer Cardoso*

CGPE 15788