

# Suinoicultura

INDUSTRIAL.COM.BR

ISSN 2177-8930

Nº 05|2016 | Ano 39 | Edição 272 | R\$ 45,00

**Gessulli**  
AGRIBUSINESS  
REFERÊNCIA E INOVAÇÃO

## GRANULOMETRIA DE MILHO PARA SUÍNOS

De extrema importância, a granulometria tem impacto direto sobre o rendimento da moagem, afetando a produtividade das fábricas de ração e o consumo de energia. Também, tem efeito sobre a digestibilidade dos suínos em crescimento e terminação.

### ENTREVISTA

Augusto Togni, gerente Adjunto da Unidade de Agronegócio do Sebrae Nacional, fala sobre a atuação da entidade no setor agropecuário e destaca o trabalho desenvolvido em cadeias produtivas como a da carne suína.

# GRANULOMETRIA DO MILHO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

A granulometria do milho também tem efeito direto sobre o rendimento da moagem dos moinhos afetando a produtividade das fábricas de ração. E, em decorrência, tem efeito sobre o consumo de energia elétrica. Uma granulometria menor reduz a produtividade na fábrica e aumenta o consumo de energia.

Por Jorge Vitor Ludke<sup>1</sup>, Dirceu Luis Zanotto<sup>1</sup>, Arlei Coldebella<sup>1</sup>, Anildo Cunha Júnior<sup>2</sup>, Teresinha Marisa Bertol<sup>1</sup>



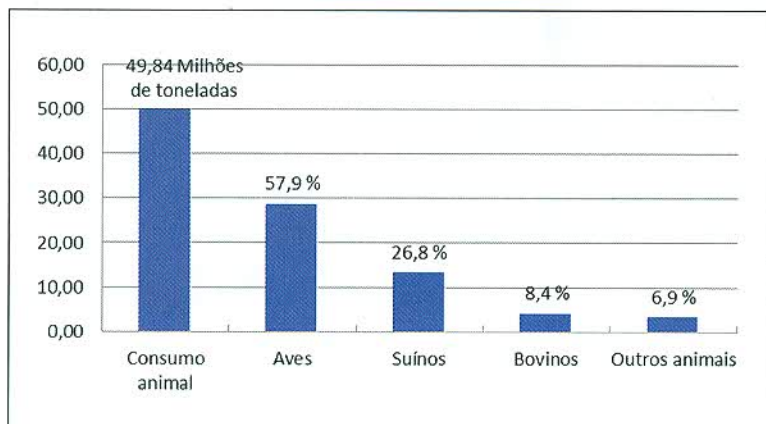
Crédito: Marcos V. N. de Souza

O milho é o principal ingrediente usado na alimentação de suínos participando em média com 75% na formulação das rações e, tradicionalmente, de forma isolada, o cereal representa em torno de 40% do custo de produção na suinocultura brasileira. Em 2015, cerca de 13,5 milhões de toneladas de milho foram destinados para a alimentação de suínos no Brasil (Figura 01). Desde 2005 o preço do milho tem forte correlação com aquele praticado no mercado internacional (exceto nos períodos de adversidade climática interna ou externa)

e os altos preços alcançados pelo cereal atualmente, no Brasil, merecem muita atenção para maximizar a eficiência do milho na alimentação dos suínos.

É bem conhecido que a utilização de híbridos de milho com diferente composição físico-química em dietas para suínos em crescimento e terminação afeta o desempenho e as características de carcaça (Moore *et al.*, 2008). Porém, a granulometria traduzida pelo diâmetro geométrico médio de partícula (DGM, expresso em micra) também influencia a eficiência na utilização do milho moído pelos suínos em terminação (Goodband

**FIGURA 01. PRODUÇÃO TOTAL DE MILHO EM 2015 (84 MILHÕES DE TONELADAS) SENDO 60% DESTINADA A ALIMENTAÇÃO ANIMAL (49,8 MILHÕES DE TONELADAS) E DESTA TOTAL, 84,7% (42 MILHÕES DE TONELADAS) FOI PARA A ALIMENTAÇÃO DE AVES E SUÍNOS**



Fonte: Adaptado da ABIMILHO (2015)

et al., 2002). A granulometria do milho pode apresentar variação do DGM das partículas entre 400 e 1.200 micra e a resposta observada neste intervalo usando rações fareladas está apresentada na Figura 02.

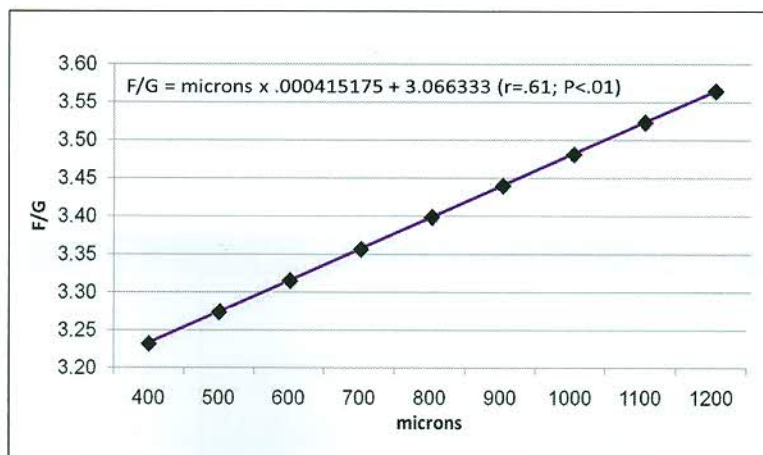
Pesquisas recentes têm confirmado que a redução da granulometria do milho melhora a digestibilidade de nutrientes e/ou da energia bruta das rações (Rojas e Stein, 2015) e o desempenho de suínos em crescimento e terminação (Bertol et al., 2016). Mas apesar de conhecidos os efeitos da variabilidade físico-química e da granulometria sobre o valor energético para suínos, na formulação de rações ainda se utiliza o mesmo valor médio de Energia Metabolizável (EM) para qualquer partida e granulometria de milho, baseado em tabelas de composição de alimentos (Tabela 01). Isto ocorre porque as equações de predição da EM disponíveis atualmente podem ser consideradas de uso limitado, uma vez que foram geradas para cereais e/ou alimentos em geral ou, quando elaboradas especificamente para o milho não levam em consideração a influência da granulometria. Particularmente por não serem considerados os efeitos da granu-

lometria sobre a EM, as equações de predição apresentam baixa exatidão a exemplo dos modelos propostos por Li et al. (2014). Em contrapartida, a avaliação do valor de EM específico para cada partida e granulometria, em tempo real à formulação de ração, contribui para maximizar a precisão no balanceamento das dietas e melhoria do desempenho animal, reduzindo os custos de produção de suínos.

## RESULTADOS DE PESQUISA NA EMBRAPA SUÍNOS E AVES

Na Embrapa Suínos e Aves, através de uma sequência de projetos nas duas últimas décadas, foram desenvolvidos conhecimentos, produtos e processos para uma melhor utilização do milho em função de diferentes granulometrias, por exemplo, disponibilização do Software Granucalc ([www.cnpqa.embrapa.br/softgran/softgran.php](http://www.cnpqa.embrapa.br/softgran/softgran.php)), onde se avalia e se interpreta a adequação do grau de moagem do milho para suínos e aves. Porém, para o desenvolvimento de uma nutrição energética de precisão, é necessário o estabelecimento de um método rápido e prático que associe a composição nutricional e a granulometria de cada partida de mi-

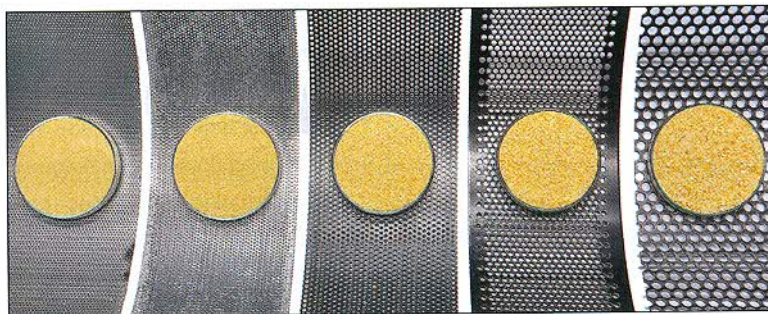
**FIGURA 02. EFEITO DA GRANULOMETRIA DO MILHO SOBRE A CONVERSÃO ALIMENTAR (F/G) DE SUÍNOS**



Fonte: Adaptado de Goodband et al. (2002)

**FIGURA 03.** PENEIRAS COM DIFERENTES ABERTURAS DE FUROS (1,5; 1,8; 3,0; 4,5 E 8,0 MM) USADAS PARA OBTIVER DIFERENTES GRANULOMETRIAS

Crédito: Lucas S. Cardoso/Embrapa



lho, sob forma de equações de predição, visando obter valores estimados de EM, os mais próximos possíveis dos valores reais. Uma pesquisa com o objetivo de estabelecer equações de predição da EM do milho para suínos, tendo como base a composição físico-química e granulometria de diferentes partidas de milho foi realizada. Foram moídas 14 partidas de milho em moinho de martelos, de modo a produzir cinco granulometrias por partida mediante a utilização de peneiras com diferentes aberturas de furos: 1,5; 1,8; 3,0; 4,5 e 8,0 mm (Figura 03). Desta forma, foram obtidos 70 lotes de milho moído (14 partidas x cinco DGMs). Determinou-se a composição físico-química para as 14 partidas de milho, considerando matéria seca, cinzas, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e fibra detergente ácido. Também foi avaliada a densidade e a energia bruta. Para os 70 lotes de milho foram avaliados o DGM e a EM para suínos. O DGM foi determinado através de análise de granulometria utilizando um conjunto de peneiras (Figura 04) conforme metodologia oficial sendo o DGM calculado pelo software GranuCalc® (EMBRAPA, 2013). A EM foi determinada através de experimentos de metabolismo

**TABELA 01.** VALORES DE ENERGIA METABOLIZAVEL (KCAL/KG) PARA SUINOS EM TABELAS DE COMPOSIÇÃO DOS ALIMENTOS E DETERMINADOS "IN VIVO" NA EMBRAPA SUINOS E AVES

EM (Kcal/kg)	Fonte	N	Média
"in vivo"	Embrapa, (2015)	14	3339*
Tabela	Embrapa (1991)	-	3293
Tabela	UFV (2011)	-	3340
Tabela	NRC (2012)	-	3395
Tabela	INRAPORC (2014)	-	3386

\* (variação de 3118 a 3573 Kcal/kg) em função do DGM e da composição química

"in vivo" com suínos, de acordo com a metodologia de coleta total de fezes e urina. Foram realizados 14 experimentos envolvendo 672 suínos, com peso médio inicial de aproximadamente 60 kg. Cada experimento foi conduzido com 48 suínos usando uma única partida de milho com os respectivos cinco DGMs. A análise descritiva das variáveis avaliadas é apresentada na Tabela

02. Os milhos apresentaram matéria seca variando de 86,22% até 87,60% e valores de DGM entre 421 e 1.235  $\mu\text{m}$  quando avaliados na matéria natural.

Com base nos níveis de exatidão e precisão, foram escolhidas quatro equações para estimar a EM do milho (Tabela 03). O DGM teve participação decisiva, apresentando correlação negativa com o valor de EM, similarmente aos resultados obtidos por Rojas e Stein (2015), que observaram aumentos do valor de EM do milho em função da redução do DGM das partículas. A densidade influenciou positivamente o valor da EM devido a sua relação proporcional com a vitreosidade do endosperma do milho (Li *et al.*, 1996). Isto porque, a propriedade vítrea se correlaciona de forma positiva com a fração do amido amilopectina que, por sua vez, apresenta valor energético superior ao da fração de amilose. O EE também demonstrou efeito positivo sobre o valor de EM do milho. Esta observação é perfeitamente justificável, uma vez que o valor calórico dos óleos em geral é 2,25 vezes maior do que o conteúdo energético dos carboidratos e proteínas.

As equações de predição são compostas por dois segmentos, sendo o primeiro aplicável a valores de DGM igual ou menor que 481  $\mu\text{m}$ . O segundo segmento agrupa os demais casos, ou seja, quando o DGM for maior do que 481  $\mu\text{m}$ . A redução do DGM do milho para valor igual ou inferior a 481  $\mu\text{m}$  deixa de contribuir para a melhoria da EM e este é o valor limite para a redução do DGM. Na equação 1, é possível verificar a

**FIGURA 04.** CONJUNTO DE PENEIRAS PADRÃO ABNT COM AS FRAÇÕES DE MILHO RETIDAS NA ANÁLISE DE GRANULOMETRIA (DGM)

Crédito: Lucas S. Cardoso/Embrapa



importância do DGM como variável preditora, uma vez que explica 72,7% de toda variação observada para os valores de EM do milho, com um erro de predição (EP) de apenas 43,3 kcal/kg. Nas equações 2, 3 e 4, são associadas ao DGM, as variáveis densidade, EE e ambas, respectivamente, observando-se melhorias gradativas na exatidão ( $R^2$ ) e precisão (EP) dos modelos. As equações elaboradas neste estudo apresentaram melhor exatidão ( $R^2$ ) e precisão (EP) em comparação com as equações de outros estudos desenvolvidas especificamente para milho (Li *et al.*, 2014), podendo ser utilizadas para estimar satisfatoriamente a EM para suínos (Zanotto *et al.*, 2016). Na Figura 04 estão apresentados os valores observados de Energia Metabolizável corrigida para nitrogênio (na base natural = 87,5% de matéria seca), curva ajustada e intervalo de predição (95%) em função do Diâmetro Ge-

ométrico Médio, considerando a equação 1 da Tabela 03, isto é, apresenta o ajuste do modelo apenas contemplando o DGM do milho moído, cujo  $R^2$  foi igual a 0,727 e os erros de predição iguais a 43,3 kcal/kg, representando 1,29% da energia metabolizável observada. Nota-se que a moagem do milho em DGMs inferiores a 481  $\mu\text{m}$  não aumenta a energia metabolizável do milho para suínos.

**TABELA 02.** ANÁLISES DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS PARA PARTIDAS DE MILHO (14) E DIÂMETRO GEOMÉTRICO MÉDIO (DGM) DE PARTÍCULAS E ENERGIA METABOLIZÁVEL (EM) PARA OS LOTES DE MILHO MOÍDO (70)

Variável <sup>1</sup> (%)	Partidas/lotes	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Matéria seca	14	86,89	0,47	86,22	87,60
Matéria mineral	14	1,04	0,08	0,95	1,20
Proteína bruta	14	7,54	0,58	6,66	9,03
Extrato etéreo	14	3,79	0,45	2,85	4,62
Fibra bruta	14	1,18	0,38	0,57	1,91
Fibra detergente ácido	14	1,98	0,54	1,24	2,78
Fibra detergente neutro	14	12,42	1,73	8,70	15,09
Densidade* (g/L)	14	729	17	686	757
Energia bruta (kcal/kg)	14	3917	27	3865	3962
DGM* ( $\mu\text{m}$ )	70	702	218	420	1235
EM suínos (kcal/kg)	70	3339	106	3118	3482

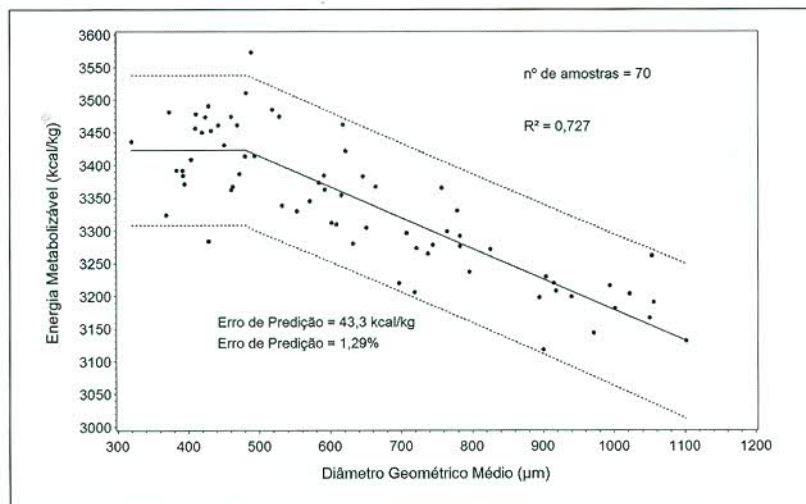
<sup>1</sup>Valores na base de 87,5% MS; \*Analisado na matéria natural

**TABELA 03.** EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ESTIMAR O VALOR DA EM DO MILHO PARA SUÍNOS, ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO ( $R^2$ ) E ERRO DE PREDIÇÃO (EP)

Modelo	$R^2$	EP (kcal/kg)
1. $\hat{y} = \begin{cases} 3422,7 & \text{DGM} \leq 481 \\ 3649,1 - 0,4705 \cdot \text{DGM} & \text{DGM} > 481 \end{cases}$	0,727	43,3
2. $\hat{y} = \begin{cases} 2587,0 + 1,15 \cdot d & \text{DGM} \leq 481 \\ 2814,2 - 0,4721 \cdot \text{DGM} + 1,15 \cdot d & \text{DGM} > 481 \end{cases}$	0,764	41,7
3. $\hat{y} = \begin{cases} 3188,4 + 62,4 \cdot \text{EE} & \text{DGM} \leq 481 \\ 3420,7 - 0,4826 \cdot \text{DGM} + 62,4 \cdot \text{EE} & \text{DGM} > 481 \end{cases}$	0,796	38,0
4. $\hat{y} = \begin{cases} 2411,6 + 1,06 \cdot d + 62,6 \cdot \text{EE} & \text{DGM} \leq 481 \\ 2645,2 - 0,4853 \cdot \text{DGM} + 1,06 \cdot d + 62,6 \cdot \text{EE} & \text{DGM} > 481 \end{cases}$	0,837	34,0

$\hat{y}$  = EM (kcal/kg), d = densidade do grão (g/L), EE = Extrato etéreo (%), DGM = Diâmetro geométrico médio ( $\mu\text{m}$ ).  
Valores na base de 87,5% MS

**FIGURA 05.** VALORES OBSERVADOS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL CORRIGIDA PARA NITROGÊNIO (NA BASE NATURAL = 87,5% DE MATÉRIA SECA), CURVA AJUSTADA E INTERVALO DE PREDIÇÃO (95%) EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO GEOMÉTRICO MÉDIO, COM AMOSTRA SECA



### A GRANULOMETRIA E A FÁBRICA DE RAÇÃO

A granulometria do milho também tem efeito direto sobre o rendimento da moagem dos moinhos afetando a produtividade das fábricas de ração. E, em decorrência, tem efeito sobre o consumo de energia elétrica. Uma granulometria menor (milho moído com menor DGM) reduz a produtividade na fábrica e aumenta o consumo de energia. O aumento do DGM do milho têm como resultado o aumento do rendimento de moagem e a diminuição do consumo de energia elétrica, contribuindo para redução

de moagem.

Nos Quadros 01 e 02, para moinho industrial e de médio porte, respectivamente, estão expressos os coeficientes técnicos para a moagem do milho e as estimativas de energia metabolizável (EM) do milho em função da granulometria (adotando a equação 1, somente com o efeito do DGM), além do cálculo dos custos de moagem por 1.000 Mcal de EM e o cálculo do custo em reais da energia metabolizável do milho para cada 1.000 Mcal. Verifica-se um aumento no preço da Energia Metabolizável do milho à medida que o DGM aumenta. Em compensação

o custo da moagem para cada 1.000 Mcal (considerando apenas o preço da energia elétrica) reduz com maior DGM. Nesta comparação simplificada verifica-se uma grande vantagem para adotar um menor DGM em detrimento a um menor gasto com energia elétrica no DGM maior. Acima de 481 µm o preço da EM no milho (adotando R\$ 0,90/kg de milho) é estimado em  $Y = 0,0389 \times \text{DGM} + 244,11$  Reais por 1.000 Mcal ( $R^2 = 0,9997$ ). Não existe vantagem econômica em adotar um DGM menor que 481 µm quando o milho moído vai integrar rações para suínos em crescimento e terminação.

**QUADRO 01.** RENDIMENTO DE MOAGEM DO MILHO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA MENSURADOS COM MOINHO TIPO INDUSTRIAL, MODELO CENTRIFUGO A MARTELOS

Variáveis	DGM das partículas do milho (µm)		
	515	655	905
Rendimento de moagem (Ton/h)	10,028	21,882	26,671
Consumo de energia (KWh/Ton)	11,01	6,453	4,139
Despesa com a energia elétrica (R\$/Ton)	5,433	3,185	2,043
Energia Metabolizável (Mcal/Ton) <sup>1</sup>	3407	3341	3223
Custo de moagem (R\$/1.000Mcal)	1,595	0,953	0,634
Preço Energia Metabolizável (EM) do milho (R\$/1.000Mcal)*	264,18	269,39	279,22

Fonte: Coeficientes técnicos para moagem de Zanotto et al. (1999). Valor por KWh em R\$ 0,4935.


<sup>1</sup>Aplicando a equação de predição N° 1, \*Preço do milho R\$ 54,00/60 kg

**QUADRO 02. RENDIMENTO DE MOAGEM DO MILHO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA MENSURADOS COM MOINHO DE MÉDIA CAPACIDADE, MODELO CENTRÍFUGO A MARTELOS**

Variáveis	DGM das partículas do milho ( $\mu\text{m}$ )			
	484	666	886	986
Rendimento de moagem (Ton/h)	0,569	1,269	1,650	2,063
Consumo de energia elétrica (KWh/Ton)	10,0	7,5	5,8	4,0
Despesa com a energia elétrica (R\$/Ton)	4,935	3,701	2,862	1,974
Energia Metabolizável (Mcal/Ton) <sup>1</sup>	3421	3336	3232	3185
Custo de moagem (R\$/1.000Mcal)	1,442	1,109	0,886	0,620
Preço Energia Metabolizável (EM) do milho (R\$/1.000Mcal)*	263,05	269,81	278,45	282,56

Fonte: Coeficientes técnicos para moagem de Zanotto et al. (2000). Valor por KWh em R\$ 0,4935.  
<sup>1</sup>Aplicando a equação de predição N° 1, \*Preço do milho R\$ 54,00/60 kg

Considerando apenas o gasto com energia elétrica e os benefícios em termos de Energia Metabolizável com base nas equações de predição existe vantagem econômica em usar granulometria mais fina (menor DGM) quando da moagem do milho.

O ajuste da granulometria do milho, mediante uso de peneiras adequadas no moinho, deve ser observado sempre que o milho for destinado para compor rações de suínos em crescimento e terminação. A mesma granulometria não deverá ser utilizada para o milho que vai compor as rações de frangos de corte, pois existe elevação do custo de moagem sem obter ganhos em Energia Metabolizável para os frangos de corte. 

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Atualmente as equações de predição com abordagem fundamentada apenas na variação da composição de nutrientes para estimar o valor energético do milho para suínos são gerais (inespecíficas para o milho) e de baixa precisão, não atendendo o requisito necessário para a formulação de ração de forma precisa, conforme as exigências nutricionais dos animais.

nhos em Energia Metabolizável para os frangos de corte. 

<sup>1</sup>Pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves

<sup>2</sup>Analista da Embrapa Suínos e Aves

A Bibliografia Citada neste artigo pode ser obtida no site da Suinocultura Industrial por meio do link:

[www.suinoculturaindustrial.com.br/granulometria272](http://www.suinoculturaindustrial.com.br/granulometria272)



Rentabilidade



Confiabilidade



Sustentabilidade

**A nova geração de enzimas que melhora a digestibilidade total da ração**

Rovabio® Advance melhora a digestibilidade total da ração, o que permite uma rentabilidade sem igual na produção animal. A eficácia de Rovabio® Advance está baseada em um perfil inovador de enzimas fibrolíticas que garantem um nível adequado de degradação dos polissacarídeos não amiláceos. Rovabio® Advance melhora a disponibilidade de todos os nutrientes da ração, como os aminoácidos e o fósforo, e aumenta a energia metabolizável.

**ROVABIO® ADVANCE: A ÚNICA FEEDASE**

