

Benefício do investimento energético na redução do tamanho de partículas na alimentação animal

Marcos Fraiha (UNICAMP) marcos.fraiha@agr.unicamp.br
João Domingos Biagi (UNICAMP) biagi@agr.unicamp.br
Marlene Rita de Queiroz (UNICAMP) marlene@agr.unicamp.br
Benedito Carlos Benedetti (UNICAMP) benedeti@agr.unicamp.br

Resumo

A redução de partículas no preparo das rações animais visam a maior exposição do alimento para interação com o processo digestivo e melhor homogeneidade da mistura dos ingredientes. Há técnica específica para a mensuração do tamanho de partículas resultante do processo de moagem, e os nutricionistas animais podem correlacionar estes valores com o desempenho animal. No entanto, a eficiência da transformação da energia elétrica em energia cinética e redução de partículas nos moinhos é bastante baixa. Mesmo assim, a notável especialização dos animais para fins industriais justificam o investimento energético no processo de moagem, que rende benefício bioquímico-fisiológico e produção de tecidos para a indústria de proteínas animais.

Palavras-chave: Moagem; Nutrição Animal; Processamento;

1. Introdução

Processamento de materiais agrícolas para produção de ração é qualquer procedimento para modificar as características físicas da matéria-prima para melhorar sua habilidade de mistura ou sua disponibilidade em nutrientes. Grãos são os materiais mais comuns que requerem processamento na produção de alimentos para animais, e a moagem é o processamento mais antigo e amplamente empregado na preparação de alimentos.

O termo geral “redução de partícula” inclui corte, esmagamento e trituração, e moagem. A redução do tamanho de partícula é realizada por meios mecânicos, sem alteração das propriedades químicas do material (Henderson e Perry, 1982).

A maioria dos materiais utilizados na produção de rações está sujeita à redução de partículas, pelas seguintes razões (Pfof, 1970):

- a) exposição de maior área para interação com o processo digestivo e as enzimas digestivas;
- b) facilitar a manipulação de alguns ingredientes;
- c) melhorar a miscibilidade dos ingredientes;
- d) melhorar a eficiência e qualidade da conformação do produto acabado, no caso de peletes;

As razões mais importantes para a redução do tamanho de partículas são a melhoria da digestibilidade e homogeneidade da mistura dos ingredientes (Goodband et al., 1995).

Com a evolução da indústria processadora de carnes, e a sofisticação da produção de rações para sustentar os animais que abastecem os frigoríficos, os nutricionistas animais não mais se satisfazem em classificar a granulometria dos alimentos em “grosso, médio, e fino”. A eficiência com que os animais transformam fontes vegetais em proteínas animais justificam o estudo mais detalhado e objetivo de todos os aspectos do beneficiamento dos alimentos, começando pelo tamanho ótimo das partículas resultantes do processo de moagem dos ingredientes, de acordo com a espécie animal a que se destina.

Se apenas a fração de 1/100 da energia empregada na moagem de cereais gera redução de partículas e exposição de novas áreas (Mohsenin, 1986), justifica-se discutir o balanço energético entre o processo de redução do tamanho de partículas e o benefício da energia bioquímica apropriada pelos animais, e responder à questão: a redução do tamanho de partículas para alimentação animal é realmente vantajosa?

2. Cálculo do tamanho da partícula

Mensuração do tamanho de partícula é uma técnica útil para definir objetivamente os resultados do processo de moagem. Também é uma ferramenta útil para o estudo dos efeitos do processo sobre a qualidade da matéria-prima processada sobre o desempenho animal.

Já foi amplamente demonstrado que a separação de uma amostra de ingrediente moído através de um conjunto padrão de peneiras é uma metodologia para definir tamanho de partícula (ASAE, 2004; Zanotto e Bellaver, 1996; Baker e Herrman, 1995). As técnicas atuais possibilitam estimar, não somente o tamanho das partículas, mas estimativas da área superficial e o número de partículas (ASAE, 2004). Estas informações podem ser utilizadas para correlacionar o efeito da moagem sobre a digestibilidade do alimento ou a eficiência do aporte energético na ampliação da área de exposição do alimento moído.

3. Redução do tamanho da partícula e benefícios fisiológicos nos animais

Tamanho de partícula em rações refere-se ao diâmetro médio das partículas individuais, ou simplesmente a “finura” da moagem. Grãos de cereais fornecem a maior parte da energia para rações animais. Desta forma, não apenas sua composição química é importante, mas a maneira como ela é processada.

O processo de redução do tamanho das partículas ingeridas já é previsto na função digestiva dos animais. Mesmo aqueles que não possuem dentição para mastigação dos alimentos, contam com peças anatômicas no seu trato digestivo próprios para a redução do alimento, como é o caso do estômago muscular das aves.

Moagem é o primeiro processamento pelo qual passam as matérias-primas na fábrica de ração, e responde por grande parte do custo de processamento. Zanotto et al. (1999), utilizando moinho a martelo para moagem de milho, demonstrou que o consumo de energia para reduzir a partícula de 900 para 500 μm aumentou em 166%. Desta forma, o conhecimento dos benefícios da redução da partícula na produção de rações devem ser bem fundamentados, de forma a otimizar a eficiência econômica do processo.

Além dos aspectos nutricionais envolvidos na determinação do tamanho ótimo da partícula, outras variáveis devem ser levadas em conta. Nas aves, por exemplo, os sentidos de olfato e gustação são pouco desenvolvidos, mas a existência de mecano-receptores no bico possibilitam que elas regulem o seu comportamento alimentar, selecionando as partículas pelo tamanho (Pupa e Hannas, 2003). Desta forma, a uniformidade do tamanho das partículas dos alimentos é bastante importante.

Aves apresentam menor exigência quanto ao grau de redução das partículas. Leandro et al. (2001) demonstraram que rações preparadas com milho moído com diâmetro geométrico médio (DGM) de 1420, 1161 e 1047 e soja moída com DGM de 1811 e 700 μm , não influenciaram a produção de ovos, o consumo de ração e a conversão alimentar de codornas. Em outro experimento, os autores demonstraram que frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, arraçoados com dieta contendo milho inteiro (DGM 2282 μm) e moído (DGM 860 e 517 μm) não apresentaram diferenças no seu desempenho zootécnico (Freitas et al. 2002).

Suínos, diferente das aves, demonstram a necessidade de partículas menores em sua dieta, para um bom desempenho zootécnico. Observa-se melhora de até 10% da eficiência alimentar em animais arraçoados com milho mais finamente moído (DGM 460 μm) quando comparado ao milho mais grosso (DGM 1107 μm) (Crenshaw, 2002). Vários autores demonstram resultados semelhantes, que indicam que suínos se beneficiam mais da redução de partículas dos alimentos, quando comparados às aves (Lawrence, 2003; Fastinger, 2003; Zanotto et al., 1995; Wondra et al., 1995; Goodband, 1995).

Este benefício é mais claro para suínos alimentados com milho. A redução do DGM de sorgo e trigo também traz benefício, mas o excesso de finos gerados na moagem destes grãos pode ser contraproducente. Em suínos, a característica anatômica do focinho, faz com que, ao comer, o excesso de finos da dieta seja aspirado, o que pode predispor a problemas respiratórios.

Outro fator a ser considerado na determinação do tamanho ótimo das partículas na dieta de suínos é a predisposição para úlceras gástricas em animais alimentados com granulometria muito fina.

Em ruminantes, o tamanho das partículas alimentares está relacionado à velocidade de passagem dos alimentos pelo rúmen, o que influencia o processo fermentativo da microbiota ruminal, repercutindo na produção de energia digestiva. Fibras mais “grossas” estimulam a atividade mastigatória dos bovídeos, o que favorece a produção de saliva, mantendo o pH ruminal em limites fisiológicos para o bom funcionamento da simbiose ruminal.

Para peixes, o grau mais “fino” de moagem, além da maior exposição ao processo digestivo, é pré-requisito para a estabilidade dos peletes na água. Trabalhando com Tilápias do Nilo, Soares et al. (2003) chegaram a conclusão de que a moagem da dieta para esta espécie deve ser feita com peneiras de 0,79 mm em moinhos a martelo. Infelizmente os autores não mediram o DGM resultante do processo.

4. Teoria da moagem

Na produção de alimentos para animais, o moinho de martelos é o equipamento mais utilizado nas fábricas de rações, devido a sua versatilidade na moagem de diferentes materiais e facilidade

de manutenção (Koch, 1996). Desta forma, discutiremos a teoria da moagem enfocando este equipamento. Descrições e figuras destes equipamentos estão amplamente difundidos na literatura (Baker & Herrman, 1995; Rexroat, 1985; Henderson e Perry, 1982; Pfost, 1970). O moinho de martelos consiste basicamente de um conjunto de facas rombas, denominadas “martelos”, com alguns milímetros de espessura, perfiladas paralelamente umas às outras, fixadas a um eixo em alta rotação. Abaixo deste sistema está fixada uma peneira cujos forames apresentam dimensões variadas, de acordo com o grau de moagem desejado. O sistema de martelos e peneira está contido na câmara de moagem, que restringe o produto a ser reduzido.

O produto entra na câmara de moagem por ação da gravidade, sendo despejado à razão de queda de 10 a 20 m .min⁻¹. O produto entra imediatamente em contato com a extremidade funcional dos martelos em alta rotação. Quando tal contato ocorre, grande parte da redução do material ocorre devido ao tremendo diferencial de velocidade entre os martelos e o produto entrante. Por isso é importante o ponto de alimentação do material sobre os martelos.

A ação dos martelos neste ponto reduz grande parte do material ao estado semi-moído ou totalmente moído, e é dependente das características do material sob processamento. Este também é o único ponto onde o material entrante é propelido diretamente contra os forames da peneira perfurada. A energia para ruptura é de origem essencialmente cinética.

Após esta primeira ação, os martelos puxam o material para a zona de aceleração, onde as partículas igualam a velocidade do martelo em rotação. Isto ocorre durante pequeno percurso da rotação, ao mesmo tempo em que os martelos continuam o trabalho de redução das partículas, pelo atrito da massa tangenciando a peneira perfurada. A medida em que o tamanho da partícula é reduzida, ela se distancia da ação dos martelos, aproximando-se da peneira perfurada, reduzindo sua velocidade pelo atrito. Em dado momento, a velocidade reduzida da partícula permite que ela seja expulsa pelos forames da peneira por ação da força centrífuga e pressão.

Altas velocidades dos martelos reduzirão a energia de deformação, a qual deve ser mantida no menor nível para obter a maior eficiência do processo.

Estima-se que grande parte da energia utilizada no processo de redução de partículas é perdida na forma de calor, não gerando quebra e novas áreas no material. Mohsenin (1986) cita que apenas 0,06 a 1% da energia empregada é aproveitada.

Assumir que partículas ao quebrarem-se geram novas áreas superficiais no material, permite a descrição da seguinte relação entre a área inicial da partícula (S_1) e área final (S_2) e a constante k para estimativa do consumo energético na moagem:

$$E = k(S_2 - S_1) \quad (1)$$

Como a área de superfície por unidade de massa é proporcional ao recíproco do diâmetro (D) da partícula, a equação da energia pode ser descrita em termos do diâmetro da partícula:

$$E = k(1/D_2 - 1/D_1) \quad (2)$$

Assim, se a energia requerida para determinada redução é conhecida, a constante pode ser calculada e utilizada para calcular a energia para qualquer outra redução (Mohsenin, 1986; Henderson e Perry, 1982; Pfost, 1970).

Aplicando a equação (2) acima nos dados experimentais de Zanotto et al. (1999), calculou-se resultados bastante próximos aos valores observados, a partir de $k = 6,207$ (Tabela 1). Estes autores, utilizando moinho de martelo com 60 martelos tipo “faca”, motor de 150 CV, girando a 1800 rpm, com fluxo ajustado para 200 ampères, mediram o consumo energético para reduzir milho inteiro para 905, 655 e 515 μm (Tabela 1). Para o cálculo do diâmetro inicial (D_1), na equação acima, utilizou-se o valor de 2282 μm para o DGM do grão de milho inteiro (Freitas et al., 2002).

Variáveis	DGM das partículas do milho (μm)		
	515	655	905
Consumo energia observado kWh.t^{-1}	11,01	6,45	4,14
Consumo energia calculado kWh.t^{-1}	9,33	6,76	4,14

Tabela 1. Consumo de energia para moagem de milho (Adaptado Zanotto et al. 1999)

k é uma constante dependente de muitas variáveis, e cada moinho terá um determinado k em função do grau de desgaste sofrido pelos martelos e peneira, tipo de grão sendo moído, teor de umidade, proteína, gordura e fibras do grão moído e fluxo de alimentação do moinho. É útil para estimar o aumento ou redução da necessidade energética para diferentes granulometrias a partir de dados conhecidos de um processo específico, mas não como predição do efeito das características de desenho dos moinhos sobre o consumo de energia no processo.

Grande parte dos motores elétricos nas indústrias brasileiras operam com índice de carregamento sub-utilizado, indicando super-dimensionamento dos motores e dispêndio desnecessário de energia elétrica (Oliveira Filho et al., 2004). As condições nas fábricas de ração não devem ser diferentes desta realidade, e há espaço para bastante melhoria na eficiência da transformação da energia elétrica em mecânica para o processo de moagem.

Pozza et al. (2005), em granjas produtoras de suínos do Paraná, mensuraram o consumo energético de 10 processos de moagem de alimentos para esta espécie e observaram números variando de 6,13 a 20,03 kWh.t^{-1} , indicando que o conhecimento técnico da nutrição animal ainda não se traduz em melhor otimização dos processos industriais no dia-a-dia da produção. Os levantamentos foram feitos em unidades produtoras de suínos, que caracterizam-se por terem fábricas de ração bastante pequenas, que ficam ociosas grande parte do tempo. Apesar de o produtor saber o que seu animal necessita, isto não significa que o processamento de alimentos esteja bem dimensionado e seja eficiente.

É possível ajustar um modelo que faça a predição do consumo energético a partir das características de engenharia do equipamento e estimar o peso relativo de cada característica, como área perfurada da peneira, número de martelos, espaço entre martelos, efeito do desgaste e fluxo de alimentação, por exemplo.

5. Balanço energético da moagem e benefício bioquímico-fisiológico dos animais

A necessidade energética para manutenção e criação de tecidos nos animais é bastante conhecida e constantemente atualizada, em função da evolução fenotípica dos animais, a partir do melhoramento genético constante. Os valores de energia diária são disponibilizadas em tabelas, bem como a estimativa do ganho em peso vivo diário dos animais (Rostagno et al. 2005), tendo como premissa as condições ótimas para expressão fenotípica dos animais.

A partir destes números é possível a estimativa da eficiência energética dos animais para a produção da proteína animal alvo. Assim, por exemplo, frangos machos necessitam de 5,2 kcal para produzir 1 grama de peso vivo, de 43 a 2285 g de peso vivo. Suínos machos castrados de alto potencial genético necessitam de 8,6 kcal por grama de peso vivo produzido entre os 20 e 120 kg de peso. As galinhas poedeiras necessitam 6,5 kcal por grama de ovo produzido entre as 20 e 80 semanas de idade. A informação sobre a idade fisiológica ou peso vivo é importante pois a eficiência de transformação da energia bioquímica em tecido altera-se dramaticamente a medida em que o animal se desenvolve, sendo que ele é mais eficiente nas idades mais jovens.

Pelos números acima, podemos calcular que um frango necessitará de 11.658 kcal (13,6 kWh) para estar pronto para o abate, enquanto um suíno necessitará de 860 Mcal (1000kWh) para ir ao frigorífico, e um ovo de 50 gramas necessita de 320 kcal (0,4kWh) para ser produzido. Estes dados não se referem à energia contida em cada grama destes tecidos citados, mas a energia bioquímica total requerida para a manutenção do animal além do seu crescimento ou produção de tecido. Há metodologias específicas para determinação da energia contida em cada tecido, o que não é o objeto desta discussão.

Se observarmos os dados de energia metabolizável do milho para frangos em função da granulometria, observa-se que há ganho significativo a medida em que esta vai decrescendo, exceto para níveis granulométricos muito baixos (Tabela 2). Neste experimento (Ribeiro et al., 2002), a ração foi oferecida aos animais na forma farelada, e apenas a granulometria do milho variou. Para aves, que não tem lábios e língua para apreensão, níveis muito baixos de granulometria prejudica a apreensão do alimento, fazendo com que haja separação dos ingredientes, o que pode explicar o menor valor energético quando a granulometria de um dos ingredientes é muito menor do que os demais ingredientes na ração.

DGM μm	936	868	778	680	574	337
Energia metabolizável kWh.kg ⁻¹	3,41b	3,48 ^{ab}	3,43ab	3,47ab	3,52a	3,42b

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si ($P < 0,05$, Tukey) adaptado de Ribeiro et al., 2002

Tabela 2. Efeito da granulometria do milho sobre a energia metabolizável das dietas para frangos

Como exemplo, tomando os valores energéticos necessários para moagem do milho da Tabela 1, e calculando as necessidades energéticas para moagem do milho para os níveis de DGM da Tabela 2, utilizando a equação (2, $k = 6,207$), podemos estimar o balanço entre a energia

consumida para a redução de partícula e a energia bioquímica gerada pelo metabolismo animal (Tabela 3).

DGM μm	936	868	778	680	574	337
Consumo energético kWh.kg ⁻¹	0,004	0,0044	0,0053	0,0064	0,0081	0,0116
Δ consumo (base dgm 936) kWh.kg ⁻¹	-	0,0004	0,0013	0,0024	0,0041	0,0082
E.Mn dieta kWh.kg ⁻¹	3,41	3,48	3,43	3,47	3,52	3,42
Ganho metabólico (base 936) kWh.kg ⁻¹	-	0,07	0,02	0,06	0,11	0,01

Tabela 3. Consumo energético para redução do milho para diferentes granulometrias, energia metabolizável (E.Mn) da dieta para frangos contendo milho moído em diferentes dietas, e ganho energético metabólico em função da granulometria do milho nas dietas

Baseado na eficiência de moagem do equipamento mensurado por Zanotto et al. (1999), donde se retirou os dados da Tabela 1, os cálculos sugerem que a aplicação energética no processo mecânico de moagem é altamente vantajosa para o animal, visto que cada 1 kWh aplicado na redução do milho gera ganho metabólico maior que 10 kWh no animal.

A variação de consumo de energia por tonelada moída depende do dimensionamento e condições do equipamento, e do alimento (Pozza et al., 2005). Estas variáveis podem influenciar as vantagens do processo.

Estes números são mais favoráveis aos suínos e peixes, que apresentam maior ganho metabólico em termos de energia à medida em que a granulometria se reduz (Tabela 4)

Peixes (adaptado Soares et al., 2003)				
diâmetro da peneira para moagem (mm)	1,5	1	0,75	0,5
Energia digestível kWh. kg ⁻¹	2,38	3,17	3,30	3,42
Ganho metabólico kWh. kg ⁻¹	-	0,79	0,92	1,04
Suínos (adaptado Zanotto et al. 1995)				
DGM milho (μm)	1020	799	645	509
Energia Metabolizável kWh. kg ⁻¹	4,16	4,19	4,35	4,41
Ganho metabólico kWh. kg ⁻¹	-	0,03	0,19	0,25

Tabela 4. Energia digestível da dieta para peixes e energia metabolizável do milho para suínos em função da granulometria, e ganho da energia metabólica em relação ao nível granulométrico mais alto.

Nos exemplos acima, os processos empregados na preparação dos alimentos mostraram a tendência de poupar o gasto energético bioquímico que os animais deveriam lançar mão para disponibilizar nutrientes para o processo metabólico. A moagem, ao reduzir o tamanho de partículas, disponibiliza mais energia bioquímica pela interação nutriente – processo fisiológico, permitindo o uso mais nobre da energia animal para seu crescimento.

6. Conclusões

A energia ingerida pelos animais é direcionada para formação de tecidos e crescimento animal, o que é bem remunerado no mercado internacional de proteínas.

Do ponto de vista energético, os animais são péssimos “reduzores” de partícula. Os moinhos são mais eficientes e poupam energia metabólica, que pode ter destino mais nobre na formação de tecidos e manutenção da homeostase animal. Esta característica deve se acentuar com a seleção genética dos animais e evolução da sua atividade fim, que é a produção de proteína animal.

O estudo dos processamentos de alimentos para animais, como forma de otimizar atividades ineficientes do processo fisiológico-bioquímico dos animais é bastante pertinente. A proposta é analisar o metabolismo vivo e compará-lo a atividades que a tecnologia possa suprir de forma a otimizar a eficiência energética.

Vários exemplos similares fazem parte do dia-a-dia da produção animal, como a peletização, cozimento, aditivização enzimática e fermentação dos alimentos, que merecem o mesmo enfoque de estudos.

Esta estratégia só é viável se pudermos entender quais atividades os animais devem ceder aos processos industriais.

7. Referências Bibliográficas

ASAE, Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. ANSI/ASAE S319.3. In: Agricultural Engineers Yearbook of Standard. St. Joseph : ASAE, 51 ed., 2004. p.578-81.

BAKER, S., HERRMAN, T., Evaluating particle size, Cooperative Extension Service, MF-2051, Manhattan, Kansas State University, 1995.

CRENSHAW, M., Particle size in swine diets: factors for consideration, Information Sheet 1633, Mississippi, 2002. Disponível em <http://msucares.com/pubs/infosheets/is1633.htm>. acesso em julho de 2005.

FASTINGER, N.D., Effect of soybean meal particle size on amino acid and energy digestibility in grower-finisher swine, J. Anim. Sci., 81:697-704, 2003.

FREITAS, H.J. et al., Grãos de milho inteiros e moídos na alimentação de frangos de corte, Lavras, Ciênc. agrotec., 26(6):1322-29, 2002.

GOODBAND, R.D., et al., The effects of diet particle size on animal performance. Cooperative Extension Service, MF-2050, Manhattan, Kansas State University, 1995.

HENDERSON, S. M., PERRY, R. L., Size reduction, In: HENDERSON, S. M., PERRY, R. L. Agricultural process engineering, Westport : AVI Publishing, 3 ed., 1982, p. 130-59.

KOCH, K., Hammermills and roller mills. Cooperative Extension Service, MF-2048, Manhattan, Kansas State University, 1996.

LAWRENCE, K.R., et al., Effects of soybean meal particle size on growth performance of nursery pigs, J. Anim. Sci., 81:2118-22, 2003.

LEANDRO, N.S.M. et al., Efeito da granulometria do milho e do farelo de soja sobre o desempenho de codornas japonesas. Viçosa, Rev. bras. zootec., 30(4):1266-71, 2001.

- MOHSENIN, N. N., Physical characteristics. In: MOHSENIN, N.N., Physical properties of plant and animal materials. Nova Iorque: Gordon & Breach Science Publishers, 2 ed., 1986. p. 79-127.
- OLIVERIA FILHO, D. et al., Metodologia para racionalização do uso de energia elétrica para obtenção de força motriz em fábrica de ração: Estudo de caso, Rev. bras. Eng. Agric. Amb., 8(1):144-52,2004
- PFOST, H. B., Grinding and Rolling. In: AFMA, Feed manufacturing technology. Chicago: American Feed Manufacturers Association, 1970. p.68-77.
- POZZA, P.C., et al., Avaliação da moagem e granulometria do milho e consumo de energia no processamento em moinhos de martelos, Santa Maria, Ciência Rural, 35(1):235-8, 2005.
- PUPA, J.M, HANNAS, M. I., Reduzindo o custo de produção animal através da adequação da granulometria das rações, Informativo AllNutri, Viçosa, n. 2, 2003. Disponível em www.allnutri.com.br, acesso em julho de 2005.
- REXROAT, D. W., Material processing cost center. In: Feed Manufacturing Technology III. Arlington : American Feed Industry Association, 1985 p. 137-150.
- RIBEIRO, M.L., et al., Granulometria do milho em rações de crescimento de frangos de corte e seu efeito no desempenho e metabolismo, Revista Brasileira de Ciência Avícola, v. 4, n. 1, 2002.
- ROSTAGNO, H.S., Tabelas Brasileiras para aves e suínos, composição de alimentos e exigências nutricionais, Viçosa : UFV, 2 ed., 2005.
- SOARES, C.M., et al., Diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas peletizadas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em fase de crescimento. Desempenho e digestibilidade aparente, Zootecnia Tropical, 11(3):275-87, 2003.
- WONDRA, K. J., et al., Effects of particle size and pelleting on growth performance nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs, J. Anim. Sci., 73:757-63, 1995.
- ZANOTTO , D.L. et al., Granulometria do milho na digestibilidade de dietas para suínos em crescimento e terminação. Rev. bras. zootec., 24(3):428-36, 1995.
- ZANOTTO, D.L., BELLAVER, C., Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. Concórdia, Comunicado Técnico 215, Embrapa-CNPSA, 1996.
- ZANOTTO, D.L. et al., Granulometria do milho em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação. Comunicado Técnico n.232 : Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, 1999.