

Efeito do óleo, extraído da soja ou presente no grão de milho, sobre a peletização

Alessandra Schmidt¹
Adson A. dos Passos²
Regis Regina³
Simone Sangoi⁴
Leonardo A. F. Pascoal⁵
Gustavo J. M. M. de Lima⁶

¹ Engenheiro, Agrônomo., M.Sc., Consultora independente, E-mail: ale_agro@yahoo.com.br

² Médico Veterinário, Ph.D., DSM.

³ Médico Veterinário., "In Memoriam".

⁴ Química, Bolsista CNPq.

⁵ Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Bananeiras - PB.

⁶ Engenheiro Agrônomo., Ph. D., Embrapa Suínos e Aves.

RESUMO

Seis dietas foram estudadas para avaliar o processo de fabricação e a qualidade física dos peletes, utilizando milho comum e milho alto óleo - AO (3,92% e 6,73% de extrato etéreo, na base natural, respectivamente) com a inclusão de três níveis de óleo de soja. Todas as misturas eram compostas de 22% de farelo de soja e 3% de minerais e vitaminas, diferenciando-se nas quantidades de milho comum, milhoAO e óleo de soja. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 3, com dois tipos de milho (comum e AO) e três níveis de óleo de soja (0, 2 e 4%) com três repetições por combinação dos efeitos principais. Para estudar as comparações de interesse optou-se pelo uso de contrastes. O aumento do nível de óleo de soja promoveu um efeito linear negativo sobre a qualidade física do pelete. Entretanto, o tempo de peletização e o consumo de energia elétrica foram menores quando se aumentou o nível de óleo. Não houve diferença significativa para consumo de energia elétrica entre os dois tipos de milho. O milho AO proporcionou uma melhor qualidade física dos peletes. O óleo presente na estrutura do grão de milho cumpre a finalidade de fornecer energia aos animais com vantagens no processo de peletização e qualidade física do pelete, em comparação ao óleo de soja.

Palavras-chave: consumo de energia elétrica, índice de durabilidade do pelete, milho alto óleo, qualidade física do pelete

Effect of oil, extracted from soybean or present in corn grain, on pelleting process

ABSTRACT

An experiment was carried out to study the effects of Common corn or high oil corn (AO, 3.92% and 6.73% oil content in natural basis, respectively) with the inclusion of three levels of soybean oil on pelleting parameters and physical quality of pellets. All treatments were composed of 22% soybean meal, 3% of minerals and vitamins, differing in the amounts of soybean oil, Common and AO corn. The experimental design was in random blocks with a 2 X 3 factorial arrangement of treatments: two types of corn, Common and AO, and three inclusion levels of soybean oil (0, 2 and 4%). Each combination of main studied factors had three replicates. Contrasts were used to study desired comparisons. Increased levels of oil promoted a negative linear effect on physical quality of pellets. However, increasing oil reduced electricity consumption and pelleting time. There were not significant differences for electric energy consumption between corn types, but AO corn provided best physical quality of pellets. The oil present in the corn grain structure serves the purpose of providing energy to the animals with advantages in pelletizing process and physical quality of the pellet, compared to soybean oil.

Key words: physical quality of pellet, electricity demand, pellet durability index, high oil corn

INTRODUÇÃO

A peletização é um processo mecânico em que ocorre a aglomeração de pequenas partículas da dieta através do calor úmido e da pressão utilizando-se de um sistema de prensa mecânica, composta por uma matriz com furos e rolos, que pressionam a dieta através dos furos da matriz (Abdollahi et al., 2013). A peletização melhora a digestibilidade da matéria orgânica, energia e minerais da dieta (Moran, 1987; Wondra et al., 1995; O'doherty et al., 2000; Magowan et al., 2010; Abdollahi et al., 2013; Abdollahi et al., 2018; Roza et al., 2018) além de reduzir micotoxinas (Frobose et al., 2015) e microrganismos, como a salmonela,



desde que haja um processo eficiente de resfriamento dos peletes (Pellegrini e Lima, 2015). Segundo Falk (1985) e Moran (1987), a peletização melhora a eficiência alimentar devido à combinação da umidade, calor e pressão, que rompem a estrutura das partículas dos alimentos, melhorando assim a utilização dos nutrientes. Além disso, há uma melhor saúde intestinal nos animais alimentados com dietas peletizadas, observando-se vilosidades intestinais mais íntegras (Abdollahi et al., 2018). O controle da qualidade de peletização é de grande importância, principalmente, em relação ao consumo de energia elétrica e à qualidade física dos peletes. A temperatura à saída da peletizadora deve ser reduzida para cerca de 8°C acima da temperatura ambiente e a umidade para 100-120 g / kg. Uma corrente de ar ambiente é geralmente usada para remover calor e umidade dos peletes quentes (Abdollahi et al., 2013). A qualidade física dos peletes, medida através do PDI (índice de durabilidade dos peletes), é determinada pela proporção de peletes intactos remanescentes após o atrito e agitação mecânica ou pneumática impostos durante o teste, sendo importante para que os peletes produzidos mantenham o máximo de integridade, sem que ocorra a produção de finos, designação técnica para as partículas finas formadas durante o transporte e manuseio das dietas. Nilipour (1994) e Frobose et al. (2015) destacaram a importância da qualidade dos peletes para o desempenho dos animais e citaram que uma ração de má qualidade pode ser responsável pela piora em até 13% na conversão alimentar, quando comparada com rações peletizadas de boa qualidade.

Muitos são os fatores que podem afetar a qualidade física dos peletes (Fairfield et al., 2005; Abdollahi et al., 2013; Frobose et al., 2015). Em uma escala de 0 a 100%, cerca de 60% depende das características dos ingredientes e 40% refere-se aos processos de peletização, porém o principal fator é o conteúdo de óleo da dieta (Nilipour, 1994). Devido ao efeito lubrificante, a gordura pode reduzir a força de atrito gerada nos furos da matriz e resultar em menor qualidade dos peletes. Além disso, o alto nível de inclusão de gordura na dieta pode revestir parcialmente as partículas de alimento, tornando uma barreira à penetração de vapor das partículas de alimentação, impedindo a gelatinização do amido e diminuindo a capacidade de adesão do amido (Penz & Maiorka, 1997; Abdollahi et al., 2013). Xinget al. (2004) relatam que o óleo atua como lubrificante entre as partículas e entre a ração farelada e a parede da matriz, resultando em uma menor pressão de peletização, a qual pode prejudicar a qualidade do pelete. Verifica-se no Feed Milling Handbook (Fairfield et al., 2015) a recomendação de que o conteúdo de óleo ou gordura da dieta deve ficar em torno de 1 a 2% para que os peletes mantenham-se rígidos.

Em dietas para frangos de corte e suínos é necessária, em geral, a inclusão de óleo ou gordura para alcançar o valor de energia exigido para o melhor desempenho zootécnico dos animais, pois os ingredientes normalmente utilizados não contêm energia suficiente para atender a exigência, havendo, assim, necessidade de uso de ingredientes com alto teor de energia, característica dos ingredientes com alto teor de gordura (Ross, 2014; Frobose et al., 2018; Roza et al., 2018).

Os grãos de milho utilizados nas dietas contêm, em média, 3,5% de óleo. Entretanto, programas de melhoramento genético tem sido orientados para o incremento da qualidade do grão de milho, como o aumento do valor nutricional, sem alterar a sua produtividade (Valois et al., 1983), com o intuito aumentar o conteúdo de óleo, proteína e amino ácidos. Segundo Valois et al. (1983), cerca de 85% do total de óleo contido no grão de milho encontra-se no embrião, existindo uma correlação positiva entre tamanho do embrião e o teor de óleo. Através do aumento da fração do embrião tem-se conseguido híbridos de milho com teor de óleo acima de 6%, sendo denominados como milho alto óleo. Assim, o milho alto óleo constitui-se em opção economicamente viável para reduzir a adição de óleos e gorduras às dietas, mantendo-se os mesmos níveis energéticos planejados para atender às exigências dos animais.

Desta maneira, objetivou-se a partir desse estudo, avaliar o comportamento do milho alto óleo no processo de peletização e seus efeitos sobre a qualidade do produto final.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fábrica de Rações da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia, SC. Utilizou-se uma peletizadora a vapor, da marca Koppers, modelo Junior C40, com motor de 50 cv, marca Siemens e matriz com furos de diâmetro de 3/16 polegadas, com produção média de 3 ton/hora.

Foram testados dois tipos de milho: milho definido como comum, por apresentar 3,92% de óleo, em base de matéria natural; e milho alto óleo (AO) com 6,73% de óleo, em base de matéria natural. Além disso, foi estudada a adição de níveis crescentes de óleo de soja. Desta forma, os tratamentos planejados foram: T1- Dieta com 0% de óleo de soja e 75% de milho comum; T2- Dieta com 0% de óleo de soja e 75% de milho AO; T3- Dieta com 2% de óleo de soja e 73% de milho comum; T4- Dieta com 2% de óleo de soja e 73% de milho AO; T5- Dieta com 4% de óleo de soja e 71% de milho comum; T6- dieta com 4% de óleo de soja e 71% de milho AO.

As dietas foram calculadas para representar aproximadamente a composição em ingredientes utilizada para a produção comercial de frangos de corte, sugerida pela Ross (2014). Na Tabela 1 são apresentadas as composições

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas experimentais.

Ingredientes, %	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Milho comum	75,00	-	73,00	-	71,00	-
Milho AO	-	75,00	-	73,00	-	71,00
Farelo de soja	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Óleo de soja	0	0	2,00	2,00	4,00	4,00
Fosfato Bicálcico	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Calcário	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Premix vitamínico	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix mineral	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Composição nutricional calculada						
Energia Bruta, kcal/kg	3825	3943	3938	4053	4050	4163
Proteína Bruta, %	16,13	16,10	15,97	15,94	15,81	15,78
Cálcio, %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Fósforo Total, %	0,56	0,58	0,56	0,58	0,56	0,58
Lisina Total, %	0,78	0,82	0,78	0,82	0,78	0,82
Metionina Total, %	0,28	0,30	0,28	0,30	0,28	0,30

percentuais das dietas experimentais e os respectivos valores nutricionais calculados.

As variáveis medidas foram:

Amperagem: leitura do amperímetro do início ao final da peletização da batida (repetição de um tratamento) em tempos espaçados. Assim, em cada batida submetida à peletização, foram realizadas uma medida inicial, três medidas intermediárias e uma medida final, com três repetições de leitura em cada medida.

Tempo de peletização: com o uso de um cronômetro.

Consumo de energia (kWh): calculado através das fórmulas:

$$I = \frac{P}{V}$$

$$\text{kWh} = \frac{P \times \text{Tempo de peletização (hora)}}{1000}$$

sendo: I = Amperagem, P = Potência (W) e V = Tensão = (380 x raiz quadrada de 3 = 658,18)

Índice de durabilidade do pelete (PDI%): determinado em aparelho para avaliação da durabilidade do pelete (Pelleting Durability Test – PDT). Através da metodologia descrita no Feed Manufacturing Technology III (McElhiney, 1985).

Rendimento (%): determinado através do Método Embrapa de Avaliação de Peletização (Schmidt et al., 2004).

Peso médio do pelete: após a determinação do rendimento das dez amostras, foi coletada uma sub-amostra com cerca de 10 g cada, com dez repetições por batida, pesando-se em balança eletrônica e contando-se o número de peletes. Procedeu-se, então, ao seguinte cálculo:

$$\text{Peso médio do pelete} = \frac{\text{Peso da amostra}}{\text{Número de peletes}}$$

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições para cada uma das combinações de efeitos principais, de acordo com um fatorial 2 x 3, com dois tipos de milho (comum e AO) e três níveis de óleo de soja (0, 2 e 4%).

As dietas foram misturadas em um misturador horizontal com capacidade de 250 kg, durante 3 minutos, sendo peletizadas na sequência. Entre a peletização de uma batida e outra, foi passada na peletizadora uma quantidade de 50 kg de farelo de trigo moído para a limpeza da mesma.

Para o estudo de todas as variáveis foram incluídas nos modelos matemáticos os fatores principais de tipo de milho e nível de óleo de soja além da interação entre eles. Quando a interação não era significativa, ela foi retirada do modelo principal e os fatores principais analisados separadamente. Para comparar as médias do fator principal tipo de milho foi utilizado o teste F (F = t), enquanto para os níveis de óleo foram realizadas análises de regressão.

Com o intuito de estudar os efeitos de óleo, presente no grão ou adicionado como ingrediente (óleo de soja), sobre a qualidade dos peletes foram analisados os seguintes contrastes:

- Contraste 1: T1 (milho comum/3825 kcalEB/kg) x T2 (milho AO/3943 kcalEB/kg);
- Contraste 2: T2 (milho AO/3943 kcalEB/kg) x T3 (milho comum/3938 kcalEB/kg);
- Contraste 3: T4 (milho AO/4093 kcalEB/kg) x T5 (milho comum/4050 kcalEB/kg);
- Contraste 4: T2 (milho AO/3943 kcalEB/kg) x T5 (milho comum/4050 kcalEB/kg).

Para todos os cálculos, utilizou-se o programa SAS (SAS Institute Inc., 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura, a umidade ambiente e a temperatura de condicionamento da massa à saída da peletizadora permaneceram estáveis durante o processo de peletização, ficando em 26°C, 62% e 75°C, em média, respectivamente.

A interação entre tipo de milho e nível de óleo não foi significativa (P>0,05) para todas as variáveis estudadas. Assim, as interações foram retiradas dos modelos matemáticos e os efeitos de tipo de milho e nível de óleo foram estudados isoladamente.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos níveis de óleo estudados 0%, 2% e 4% nas dietas sobre a peletização.

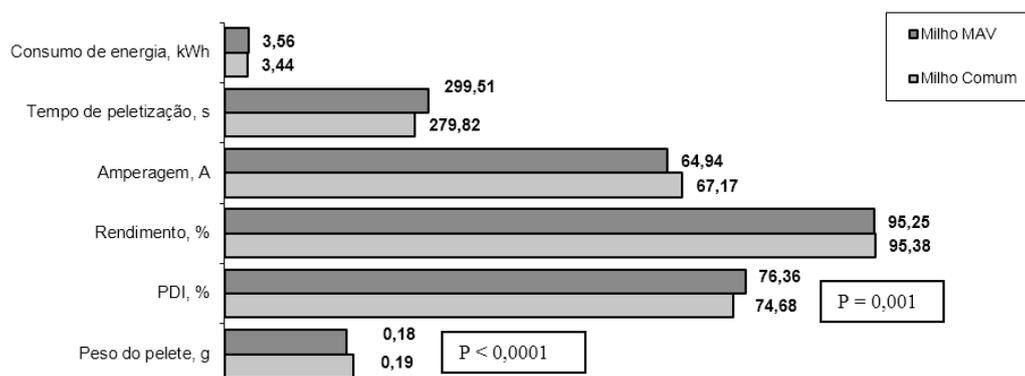
Os efeitos significativos detectados em função do nível de óleo ocorreram nas variáveis PDI (P=0,0001), peso do pelete (P=0,0001), rendimento (P=0,0001), os quais pioraram com aumento da inclusão de óleo de soja às dietas. Por outro lado, a amperagem (P=0,0004) e o consumo de energia (P=0,001) foram positivamente afetados pelo incremento de óleo de soja às dietas, enquanto o tempo de peletização não diferiu significativamente entre os tratamentos (P> 0,10). Através da análise de regressão observou-se um efeito linear negativo com o aumento do nível de óleo para as variáveis de qualidade física do pelete (peso do pelete, rendimento, PDI), e positivo para as variáveis do processo de peletização (amperagem e consumo de energia). As equações para estimar os parâmetros estudados em função do nível de óleo de soja adicionado à dieta, com seus respectivos R², foram: peso do pelete = 0,2079 – 0,0122 x nível de óleo (R² = 0,63); rendimento = 97,1958 – 0,9384 x nível de óleo (R² = 0,83); PDI = 85,8841 – 5,3013 x nível de óleo (R² = 0,84), amperagem = 72,8936 – 3,4231 x nível de óleo (R² = 0,78) e consumo energia = 3,9175 – 0,2086 x nível de óleo (R² = 0,75).

O nível de 4% de óleo apresentou os piores resultados para todas as variáveis de qualidade do pelete. Essa pior qualidade dos peletes com a adição de óleo ocorreu devido ao óleo formar uma película ao redor dos grânulos de amido e por ser hidrofóbico não permitir a entrada de água nos grânulos diminuindo a capacidade de aglutinação do amido tornando os peletes frágeis e quebradiços. Resultados similares foram reportados por Penz & Maiorka, (1997) e Abdollahi et al.

Tabela 2. Resultados das variáveis peso do pelete, rendimento, índice de durabilidade do pelete (PDI), tempo de peletização, amperagem e consumo de energia elétrica em função do nível de óleo de soja na dieta.

Variável	0%	2%	4%	CV%	Valor de P - Nível de óleo
Peso do pelete, g	0,21	0,19	0,16	6,44	0,0001
Rendimento, %	96,95	95,64	93,28	0,62	0,0001
PDI, %	85,09	76,34	64,15	2,67	0,0001
Tempo, s	294,25	289,17	285,67	2,57	NS
Amperagem, A	73,60	65,11	59,67	4,67	0,0004
Consumo energia, kWh	3,95	3,44	3,11	6,11	0,001

CV = coeficiente de variação. NS = não significativo (P > 0,10).



NS: não significativo ($P > 0,10$)

Figura 1. Médias e valores de P das variáveis consumo de energia, tempo de peletização, amperagem, rendimento, índice de durabilidade do pelete (PDI) e peso do pelete, em função do tratamento.

(2013). O consumo de energia e a amperagem diminuem com o aumento do nível do óleo, pois o óleo lubrifica os furos da matriz ocorrendo menor atrito (Falk, 1985).

Na Figura 1 são apresentados os resultados da análise estatística das variáveis estudadas em função do tipo de milho.

As dietas contendo milho AO apresentaram maior PDI do que aquelas contendo milho comum ($P = 0,001$). Entretanto, para a variável peso do pelete, o milho AO apresentou um menor ($P < 0,0001$) valor, indicando que o emprego de milho AO acarretou na produção de peletes menores, o que contradiz o maior PDI obtido. Note-se que a diferença entre médias de peso de peletes entre o milho comum e o milho AO foi de apenas 0,01 g/pelete.

Embora fosse necessário maior tempo para peletizar as dietas com milho AO ($P = 0,0008$), o consumo de energia elétrica e a amperagem do motor entre os dois tipos milho não diferiu significativamente ($P > 0,10$). Da mesma forma, o tipo de milho não afetou significativamente ($P > 0,10$) as variáveis rendimento e tempo de peletização. Estes resultados sobre a influência do uso de milho AO sobre a peletização são os primeiros relatados na literatura.

As médias de peso do pelete, rendimento, PDI, tempo de peletização, amperagem e consumo de energia elétrica, em função dos tratamentos estudados, são apresentadas na Tabela 3.

Na Tabela 4 são apresentados os níveis de significância dos contrastes para cada variável estudada.

O uso de milho AO como ingrediente das dietas reduziu o peso do pelete e aumentou o tempo de peletização em comparação às dietas com milho comum (C1, $P = 0,0001$). Entretanto, o PDI foi melhor quando se utilizou milho AO. Este resultado demonstra que o aumento de óleo na dieta pode melhorar a qualidade dos peletes, desde que esse óleo esteja presente na estrutura do grão de milho, como no caso do milho AO.

Quando se consideraram dietas com valores energéticos aproximados (C2 e C3), verificou-se que o óleo presente no grão (milho AO) é significativamente mais eficiente para a peletização do que se adicionando o equivalente energético na forma de óleo de soja. Este efeito pode ser observado nas Tabelas 3 e 4, através do exame das variáveis PDI, tempo de peletização, amperagem e consumo de energia elétrica. Para complementar essa constatação, foram verificados resultados similares, através do estudo do contraste C4 (T2 X T5), onde os níveis de óleo, oriundos do óleo de soja ou presente no grão de milho (AO) eram similares.

Jimenez-Moreno et al. (2009) também relataram que a peletização do milho, através do vapor, principalmente, melhora a digestibilidade da gordura, e sugeriu que o vapor proporciona melhores condições para o rompimento da parede celular do grão de milho e liberação dos lipídios previamente encapsulados, o que aumentaria a digestibilidade da gordura. Resultados similares foram observados por Naderinejad et al. (2016) em estudo sobre a qualidade de peletização a partir de

Tabela 3. Média dos tratamentos para cada variável estudada.

Variável	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Comum 0%	AO 0%	Comum 2%	AO 2%	Comum 4%	AO 4%
Peso peletes, g	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15
PDI, %	84,33	85,85	75,43	77,25	63,57	64,73
Rendimento, %	96,92	96,98	95,82	95,55	93,39	93,24
Amperagem, A	72,49	74,70	66,97	63,25	61,29	58,04
Tempo, s	286,00	302,50	281,67	296,67	272,67	298,67
C. energia, kWh	3,79	4,13	3,45	3,43	3,06	3,17

Tabela 4. Níveis de significância dos contrastes para cada variável.

Contraste	C1	C2	C3	C4
	T1xT2	T2xT3	T4xT5	T2xT5
Peso do pelete, g	0,0001	NS	0,0001	0,0001
PDI, %	0,03	0,0001	0,0001	0,0001
Rendimento, %	NS	0,0001	0,0001	0,0001
Amperagem, A	NS	0,03	NS	0,002
Tempo, s	0,06	0,02	0,004	0,003
C. energia, kWh	NS	0,01	0,07	0,0007

NS= não significativo ($P > 0,10$).

gordura da dieta originária de óleo intacto contido no milho e não da fonte de óleo suplementar. O menor consumo de energia encontrado nos tratamentos onde o óleo foi adicionado à dieta ocorreu em função deste lubrificar os furos do anel proporcionando um menor atrito entre a dieta e o anel. Os resultados observados para o melhor PDI com a utilização do milho AO, óleo via grão, comprovam aqueles obtidos por Biagi(1990), onde adicionou 1% de óleo na mistura e observou um maior efeito na qualidade do pelete do que 1% de óleo presente no produto.

CONCLUSÃO

O óleo proveniente do milho alto óleo promove melhor qualidade física dos peletes do que oriundo do óleo de soja. Entretanto, a inclusão de óleo de soja reduz o tempo de processamento e o consumo de energia elétrica.

O óleo presente na estrutura do grão de milho cumpre a finalidade de fornecer energia aos animais com vantagens no processo de peletização e qualidade física do pelete, em comparação ao óleo de soja.

LITERATURA CITADA

- Abdollahi, M. R.; Ravindran, V., Svihus, B. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. *Animal Feed Science and Technology*, v. 179, p. 1-23, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.10.011>
- Abdollahi, M. R.; Zaefarian, F.; Ravindran, V. Feed intake response of broilers: Impact of feed processing. *Animal Feed Science and Technology*, v. 237, p. 154-165, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.013>
- Biagi, D. J. Tecnologia da Peletização de Rações. In: III Simpósio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal e II Seminário sobre Tecnologia da Produção de Rações. Anais... Campinas; SP. p.37-40. 1990.
- Fairfield, D.; Thomas, H.; Garrison, R.; Bliss, J.; Behnke, K.; Gilpin, A. Peleting. In: *Feed Manufacturing Technology*, V. S. K. Schofield, ed. American Feed Industry Association, Arlington, VA. 670p. 2005.
- Falk, D. Pelleting cost center. In: *Feed Manufacturing Technology III*. Cap.17, p.167-190. McEllhiney, R. R. (Ed.) Arlington: American Feed Industry Association, 608p. 1985.
- Frobose, H. L.; Fruge, E.D.; Tokach, M.D.; Hansen, E.L.; Derouchev, J.M.; Dritz, S.S.; Goodband, R.D.; Nelssen, J.L. The influence of pelleting and supplementing sodiummetabisulfite (na₂s₂o₅) on nursery pigs fed diets contaminated with deoxynivalenol. *Animal Feed Science and Technology*, v. 210, p. 152-164, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.09.020>
- Jimenez-Moreno, E.; Gonzalez-Alvarado, J.M.; Lazaro, R.; Mateos, G.G. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fibre inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilisation in broilers at different ages. *Poultry Science*. 88, 1925–1933. 2009. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00193>
- Magowan, E.; McCann, M.E.E.; Beattie, V.E.; McCracken, K.J.; Henry, W.; Smyth, S.; Bradford, R.; Gordon, F.J.; Mayne, C.S. The effect of the method of dietary oil addition to pelleted diets on performance and nutrient digestibility in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, v. 156, p. 89-96, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.01.002>
- McEllhiney, R. R. (Ed.) *Feed Manufacturing Technology III*. Arlington: American Feed Industry Association, 1985. 608p.
- Moran, E. T. Pelleting Affects Feed and it's Consumption. *Poultry*. April/may; p.30-31. 1987.
- Naderinejad, S.; Zaefarian, F.; Abdollahi, M.R.; Hassanabadi, A.; Kermanshahi, H.; Ravindran, V. Influence of feed form and particle size on performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development and morphometry in broiler starters fed maize-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, v. 215, p. 92-104, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.02.012>
- Nilipour, A. Produciendo Pelets de Calidad. *Indústria Avícola*, v.41, n.2, p.28-30, 1994.
- O'Doherty, J. V.; Macglynn, S. G.; Murphy, e D. The Effect of Expander Processing and Pelleting on Nutritive Value of Feed for Growing and Finishing Pigs. *Journal ScienceFood Agricola.*; v.81; p.135-141; 2000. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(20010101\)81:1%3C135::AID-JSFA791%3E3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1097-0010(20010101)81:1%3C135::AID-JSFA791%3E3.0.CO;2-F)
- Pellegrini, D.C.P.; Lima, G.J.M.M. Controle de salmonela nas fábricas de ração. In: *Salmonela na suinocultura brasileira: do problema ao controle*. Kich, J.D., Souza, J.C.P.V.B. (Ed). Embrapa. p. 47-83. 2015.
- Penz Jr., A. M.; Maoirka, A. Ração Peletizada para Frango; Critérios Técnico-Econômicos para sua Adoção. In: *Conferência Apinco'97 de Ciência e Tecnologia Avícolas*; 1997. Anais... Campinas: Facta. p.285-304.
- Ross. *Manual de Manejo de Frangos de Corte*. Campinas; SP. 130p, 2014.
- Roza, L.F.; Tavernari, F. C.; Surek, D.; Sordi, C.; Albino, L.F.T.; Paiano, D.; Boiago, M.M.; Petrolli, T.G.; Cunha Júnior, A. Metabolizable energy and amino acid digestibility of mash and pelleted diets for broilers determined under different methodologies. *Animal Feed Science and Technology*, v. 235, p. 92-104, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.11.003>
- SAS Institute, Second Ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC (SAS/STAT User's Guide. Release 9.4). 2013.
- Schmidt, A.; Coldebella, A.; Lima, G.J.M.M. método Embrapa de Avaliação de Peletização. *Concórdia: Embrapa Suínos e Aves*, 2004. 3p. (Comunicado Técnico, 369).
- Valois, A. C. C.; Tosello, G. A.; Zonotto, M. D.; Schmidt, G. S. Análise de Qualidade de Grãos de Milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; v.18; n.7; p.771-778; 1983.
- Wondra, J. K.; Hancock, J. D.; Behnke, K. C.; Hines, R. H.; Stark, C. R. Effects of Particle Size and Pelleting on Growth Performance; Nutrient Digestibility and Stomach Morphology in Finishing Pigs. *Journal Animal Science*; v.73; p.757-763; 1995. <https://doi.org/10.2527/1995.733757x>
- Xing, J. J.; van Heugten, E.; Li, D. F.; Touchette, K. j.; Coalson, J. A.; Odgaard, R. L.; Odle, J. Effects of Emulsification; Fat Encapsulation and Pelleting on Weanling Pig Performance and Nutrient Degestibility. *Journal Animal Science* 82:2601-2609; 2004. <https://doi.org/10.2527/2004.8292601x>