

Utilização de cereais de inverno na nutrição de aves

Teresinha Marisa Bertol¹, Jorge Vitor Ludke¹, Gerson Neudi Scheuermann¹

¹Pesquisadores Embrapa Suínos e Aves, BR 153, KM 110, Concórdia, SC
teresinha.bertol@embrapa.br, Jorge.ludke@embrapa.br,
gerson.scheuermann.embrapa.br

Introdução

No Brasil, o aumento da produção de proteína animal e o aumento da produção de etanol a partir de milho na última década são fatores que levaram a um incremento da demanda por milho, fenômeno que não foi acompanhado por aumento proporcional na oferta do cereal. Além disso as estatísticas indicam que o país se tornou um grande exportador de milho embora que ainda não esteja atendendo o mercado chinês. As quebras de safras ou perdas da produção por problemas de pragas, de seca e outros eventos climáticos no Brasil e em outros países levaram a uma redução dos estoques de milho no mundo. Ao mesmo tempo, os investimentos em logística no Brasil foram conduzidos de forma a priorizar a exportação de grãos da região central do Brasil e da região do Matopiba para outros países, ao mesmo tempo em que foram menores os investimentos em infraestrutura para transporte dos grãos para os estados consumidores e deficitários na produção de grãos (Santos Filho et al., 2018). Em função disso, os custos do milho elevaram-se acentuadamente no Brasil, ameaçando a competitividade das cadeias de produção de suínos e aves, principalmente na Região Sul. Iniciou-se assim a busca por cereais alternativos ao milho com o intuito de aumentar a oferta de grãos e reduzir a pressão sobre a demanda interna de milho, entre os quais os cereais de inverno apresentam grande destaque.

Ao contrário de outros países, no Brasil os cereais de inverno não representam parte significativa dos grãos utilizados na alimentação animal. Isso se deve às condições favoráveis historicamente à produção de milho em nosso território. Porém, na União Européia e na Ásia Setentrional, por exemplo, esses cereais representam mais de 60% dos grãos utilizados para esse fim, indicando que há um grande potencial a ser explorado no atual cenário de escassez e altos preços do milho. Portanto, nesse texto são discutidas algumas particularidades quanto ao valor nutricional dos cereais de inverno para a alimentação de aves.

Composição química e valores energéticos

Ao compararmos o valor nutricional dos cereais de inverno com o milho, observa-se que o conteúdo de proteína bruta é superior e o conteúdo energético é inferior naqueles cereais (Tabela 1). Entre os cereais de inverno, o trigo e o triticale são os que apresentam composição química mais próxima da

composição do milho, com conteúdo de amido ligeiramente inferior e conteúdo de polissacarídeos não amiláceos (PSNA), β -glucanos e lignina ligeiramente superiores (Tabela 2). Portanto, são também os que apresentam valor energético mais próximo ao milho. A cevada, embora apresente certa semelhança ao trigo, contém maior percentual de PSNA solúvel e de β -glucanos e menor composição em celulose e lignina do que o trigo. Por outro lado, a cevada com casca e a aveia com casca apresentam conteúdo reduzido de amido e elevado conteúdo de PSNA (principalmente o insolúvel), celulose e lignina.

Com relação à qualidade da proteína, tomando-se o milho como referência e atribuindo-se índice 100 para os 4 principais aminoácidos limitantes na formulação de rações para frangos de corte, observa-se que os cereais de inverno são deficientes em metionina e treonina, mas apresentam um conteúdo favorável de lisina e são ricos em triptofano. Porém, em pesquisa conduzida na Embrapa Suínos e Aves, foram avaliadas 5 amostras de trigo, 2 de tritcale e 4 de cevada e observou-se que todas as amostras apresentavam um conteúdo de proteína bruta superiores ao referenciado nas Tabelas Brasileiras de Alimentos para Suínos e Aves, com valores variando de 11,9 a 14,2% para o trigo, 14,7 a 14,9% para o tritcale e 11,5 a 13,1% para a cevada. Os valores energéticos determinados com frangos de corte para alguns desses materiais apresentaram-se variáveis, com valores entre 2826 e 3058 kcal/kg para o trigo, demonstrando, portanto, a necessidade de dar continuidade às avaliações de novas amostras, de forma a caracterizar a variabilidade no valor nutricional dos materiais disponíveis no Brasil.

Alguns fatores são responsáveis pelas variações no valor nutritivo e no efeito do processamento do trigo, afetando por exemplo seu valor energético e a durabilidade dos pellets, conforme revisado por Carré et al. (2004) e Yegani e Korver (2012). Por exemplo, os trigos duros proporcionam maior durabilidade dos pellets, mas a digestibilidade do amido é inversamente proporcional ao grau de dureza. Além disso, o conteúdo de amilose nos grânulos de amido e a presença de inibidores de alfa-amilase afetam a digestibilidade do amido, portanto, afetando seu conteúdo de energia.

Tabela 1 - Composição química e valores energéticos do milho e dos cereais de inverno.

	Milho	Trigo	Triticale	Cevada	Aveia
PB, %	7,86	11,5	12,3	10,8	12,70
FB, %	1,73	2,37	2,59	4,25	3,73
Amido, %	62,5	60,0	60,3	50,2	45,9
EMA frangos, kcal/kg	3364	3039	2968	2701	2976
EMA poedeiras, kcal/kg	3394	3076	3012	-	3022
Equivalência no conteúdo de AA digestíveis					
Metionina	100	93	82	82	89

Metionina + cistina	100	97	83	91	108
Lisina	100	98	108	118	139
Treonina	100	69	66	67	77
Triptofano	100	144	138	-	130

Fonte: Adaptado de Rostagno et al. (2017)

Fatores antinutricionais

Um conjunto de componentes que merece atenção nos cereais de inverno são os polissacarídeos não amiláceos (PSNA). Por afetarem negativamente a digestibilidade dos outros componentes da dieta, os PSNA são considerados fatores antinutricionais. O conteúdo de PSNA totais, polissacarídeos não celulósicos insolúveis (PSNCi), polissacarídeos não celulósicos solúveis (PSNCs) e β -glucanos em todos os cereais de inverno é superior aos níveis encontrados no milho (Tabela 2). Somente a celulose apresenta-se com valores semelhantes entre milho, trigo e triticales, mas com valores bem superiores na cevada com casca e na aveia com casca.

As variações no conteúdo de PSNA tem implicações quanto ao valor de energia metabolizável e digestibilidade dos aminoácidos entre os diferentes cereais de inverno e entre variedades dentro do mesmo tipo de cereal. Jha et al. (2011) compararam 10 cultivares de trigo provenientes de 5 diferentes classes e concluíram que a digestibilidade da energia variou entre as diferentes classes de trigo. Além da variedade, as condições climáticas também podem afetar o conteúdo de PSNA. Por exemplo, clima seco e quente durante o período de crescimento do trigo leva ao aumento no conteúdo de PSNA, o que resulta em redução do conteúdo de energia metabolizável no grão (Choct et al., 1999).

Tabela 2 – Conteúdo de polissacarídeos não amiláceos e de alguns de seus componentes no milho e cereais de inverno (% da matéria seca).

	PSNA totais	PSNC insolúvel	PSNC solúvel	β -glucanos	Celulose	Lignina Klason
Milho	9,7	6,6	0,9	0,1	2,2	1,1
Trigo	11,9	7,4	2,5	0,8	2,0	1,9
Triticales	13,1	-	-	0,7	2,1	2,0
Cevada sem casca	12,4	6,4	5,0	4,2	1,0	0,9
Cevada com casca	18,6	8,8	5,6	4,2	4,3	3,5
Aveia sem casca	11,6	4,9	4,0	2,8	1,4	3,2
Aveia com casca	23,2	11,0	5,4	4,1	8,2	6,6
Aveia branca (Brasil)	-	-	-	4,8*	-	-

Fonte: Adaptado de Knudsen et al. (1997) e Knudsen et al. (2014)

*Dados na matéria natural (Crestani et al., 2010).

São diversos os efeitos negativos dos PSNA quando da inclusão dos cereais de inverno nas dietas de frangos. Os PSNA solúveis (PSNAs) aumentam a viscosidade da dieta e os PSNA insolúveis (PSNAi) aprisionam nutrientes devido ao fato de estarem presentes nas paredes celulares dos grãos. Com isso a digestibilidade dos nutrientes da dieta como um todo é reduzida, com diversos efeitos negativos, tais como redução do valor de energia metabolizável aparente (EMA), redução do desempenho das aves, aumento da umidade das excretas, desafios sanitários decorrentes de desequilíbrio entre a flora intestinal benéfica e a flora patogênica e do aumento da umidade da cama e aumento da proporção de ovos sujos, entre outros (Choct et al., 1999; Raza et al., 2019).

Uma forma de amenizar os efeitos negativos dos PSNA sobre o desempenho de frangos de corte e poedeiras é o uso de carboidrases exógenas. Como os principais componentes dos PSNA dos cereais de inverno são os arabinosilanos e os β -glucanos, as carboidrases exógenas mais utilizadas em dietas contendo cereais de inverno para aves são as xilanases e as β -glucanases. Porém, complexos enzimáticos contendo além dessas a celulase, amilase e proteases também estão disponíveis atualmente para uso comercial. Quando incluídas nas dietas de aves essas enzimas degradam os componentes dos PSNA, resultando em diversos efeitos positivos tais como redução da viscosidade da dieta, aumento da digestibilidade dos nutrientes e do valor de EMA, aumento da retenção de Ca e P, aumento da proporção de bactérias benéficas no intestino e redução das bactérias patogênicas, redução de problemas sanitários e melhora do desempenho em frangos de corte (Brenes et al., 1993; Wu et al., 2004; Meng et al., 2005; Mourão e Pinheiro, 2009; Saki et al., 2010; Jacob e Pescatore, 2012; Ravindran et al., 2013; Abdollahi et al., 2016; Yaghobfar e Kalantar, 2017; Perera et al., 2019) e em poedeiras, onde também foi observado melhoria da resistência e qualidade da casca dos ovos (Jamrozz et al., 2001; Mathlouthi et al., 2002; Roberts e Choct, 2006; Silva et al., 2012; Raza et al., 2019). Porém, esses efeitos são dependentes de alguns fatores tais como, qualidade dos grãos, tempo de armazenagem e nível de inclusão na dieta. Por exemplo, trigos com valores iniciais de energia mais elevados apresentam menor incremento no valor de energia com o uso de xilanase (Ravindran et al., 2013; Tabela 3).

Tabela 3 - Influência do valor de EMA inicial do trigo sobre as respostas à adição de xilanase à dieta.

Valor inicial de EMA, kcal/kg	Nº de experimentos	Melhoria sobre o controle não suplementado, %
< 2870	12	11
2870 a 3350	18	5
> 3350	15	1

Fonte: Ravindran et al. (2013).

Processamento

A peletização é um processo que melhora o desempenho de frangos de corte em dietas baseadas em milho ou outros cereais (Engberg et al., 2002; Lopez e Baião, 2004; Zhang et al., 2009; Chewning et al., 2012; Lv et al., 2015). Porém, a inclusão de cereais de inverno em altas concentrações nas dietas, pode levar a problemas de excessiva dureza do pellet, o que pode levar à redução do desempenho das aves, especialmente dos pintinhos na fase pré-inicial. Nesse caso alguns ajustes são necessários. Além da óbvia exclusão de aglutinantes das rações, o uso de fitases exógenas com redução do conteúdo de fosfato bicálcico concorre para amenizar esse problema, já que o fosfato bicálcico apresenta efeito aglutinante.

O grau de moagem dos cereais de inverno também pode afetar o desempenho das aves, mas estudos tem demonstrado que não há vantagem em reduzir o tamanho de partículas abaixo da faixa de 600 a 900 μm na moagem antes da peletização das rações (Engberg et al. 2002; Surek et al., 2008; Afsharmanesh et al., 2008; Amerah et al. 2008; Zhang et al., 2009; Chewning et al., 2012). Em alguns casos inclusive não houve vantagens em se reduzir a granulometria abaixo de 950 a 1100 μm em dietas peletizadas (Peron et al., 2013; Lv et al., 2015).

Tem sido demonstrado um efeito positivo da inclusão de grãos inteiros de trigo, cevada ou aveia nas dietas de frangos de corte e poedeiras sobre o peso da moela, a digestibilidade da dieta, o valor de EMA, o ganho de peso e a eficiência alimentar, quando incluídos em níveis moderados, de 20 a 37% da dieta (Wu et al., 2004; Svihus et al., 2004; Aghazadeh e Yazdi, 2012), mas não acima desses níveis (Hetland et al., 2002; Svihus et al., 2004; Abdollahi et al., 2016). Um dos fatores que leva à melhoria da eficiência alimentar em aves alimentadas com dietas com partículas mais grossas ou com grãos inteiros pode estar relacionado ao maior tempo de permanência do alimento na moela, com maior requerimento para ação da moela para reduzir o tamanho das partículas, levando assim ao aumento da digestão da dieta como um todo, gerando partículas mais finas que são mais facilmente digeridas (Amerah et al., 2008).

Tempo de armazenagem

Os cereais de inverno armazenados por certo período de tempo apresentam valores de EMA mais elevado do que os recém-colhidos, em alguns casos refletindo-se em efeitos positivos sobre o desempenho das aves (Choct e Hugues, 2000; Pirgoziliiev et al., 2006). Esse efeito é mais pronunciado no trigo, seguido da cevada e da aveia (Choct e Hugues, 2000). No entanto, Scott e Pierce (2001) argumentam que o efeito de redução do desempenho das aves causado pelos cereais recém colhidos não pode ser atribuído ao conteúdo de EMA, mas a fatores desconhecidos que limitam o consumo de alimento e a taxa de crescimento.

Em revisão sobre esse tema, Gutierrez-Alamo et al. (2008) relataram que a armazenagem dos grãos de trigo por mais de 4 meses reduz o conteúdo total de amido, PSNA solúveis, ADF e lignina e aumenta o conteúdo de açúcares solúveis. Segundo os autores, essas alterações podem ser resultantes do efeito de enzimas endógenas responsáveis pela degradação parcial dos polissacarídeos complexos e seriam responsáveis pelo aumento no conteúdo de EMA nos trigos armazenados, efeito dependente das condições de armazenagem.

O tempo necessário de armazenagem dos cereais de inverno para suscitar os efeitos positivos sobre o valor energético e o desempenho das aves é de 3 a 12 meses (Choct e Hugues, 2000), em condições de 10 °C ou acima (Gutierrez-Alamo et al., 2008). Porém, esse efeito nem sempre se manifesta e a causa disso poderia estar relacionada com as condições de cultivo e colheita dos cereais e com a cultivar produzida (Scott e Pierce, 2001). Guo et al. (2015) observaram redução da digestibilidade dos componentes do trigo com suínos quando este foi armazenado por um período superior a um ano, o que poderia estar associado às condições de armazenagem.

A dinâmica na produção de grãos no país é peculiar, diferente de outros países produtores e a logística para os cereais de inverno deve ser ajustada para um curto período de armazenagem em função da colheita de soja e milho nas culturas de verão. Isto é válido quando é aplicado o conceito de duas safras (inverno e verão). Neste sentido a necessidade do uso estratégico de enzimas deveria ser considerado.

Outras particularidades quanto ao valor nutricional dos cereais de inverno

Os cereais de inverno apresentam conteúdo total de fósforo superior ao milho, além desse fósforo apresentar maior disponibilidade devido à presença de fitase endógena no grão. Dessa forma, o conteúdo de fósforo disponível nos cereais de inverno é superior ao dobro do contido no milho. Por outro lado, o processo de peletização da ração pode inativar a fitase endógena nos cereais de inverno, reduzindo a disponibilidade do fósforo, mas isso pode ser compensado por meio da utilização de fitase exógena que suporte a temperatura da peletização.

Os trigos têm alta concentração de betaína e este componente pode ser de alguma utilidade na nutrição. A eficiência de uso e conversão dos metabólitos gerados no pool de metilas ativas e que são potencialmente precursores nutricionais é aumentada quando se utiliza o trigo nas rações por longo prazo, como no caso das poedeiras, por exemplo. Efeitos são menos evidentes em usos de curta duração e em situações nas quais a inclusão dos derivados de cereais de inverno nas rações de frangos de corte não é alta. A relação entre betaína, colina e metionina mediante uso de cereais de inverno em alta concentração nas rações de aves deve ser motivo de atenção por parte dos nutricionistas.

A biotina apresenta disponibilidade reduzida nos cereais de inverno, portanto, deve-se dispensar especial atenção quando do uso desses cereais em alta concentração nas dietas de aves de crescimento intenso, como os frangos de corte, para garantir via premix o adequado suprimento dessa vitamina.

Equivalência entre trigo e tritcale em relação ao milho

Foi desenvolvido um estudo de avaliação da equivalência do trigo e tritcale em relação ao milho, levando-se em conta o valor nutricional desses cereais e os preços praticados para os ingredientes utilizados nas rações de frangos de corte (Bertol et al., 2019). Em 2021 esse trabalho foi atualizado, utilizando-se os preços praticados pelas agroindústrias nesse período. No cenário com uso apenas de óleo degomado para correção dos níveis energéticos das rações, a equivalência do trigo em relação ao milho ficou na faixa de 95 a 96% do valor milho para o trigo de composição padrão (Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos) e acima de 100% do valor do milho para o trigo BRS Tarumã, que é um trigo de elevado valor nutricional (Tabela 4). Para o tritcale de composição padrão, a equivalência ficou na faixa de 85 a 89% do valor do milho, dependendo da fase de produção. No cenário com uso de um blend de óleo degomado e gordura animal, a equivalência tanto dos trigos quanto do tritcale aumentou em um ponto percentual aproximadamente. Isso demonstra a necessidade de ajustes nos preços praticados em relação a esses cereais em função da qualidade do produto.

Tabela 4 - Percentual em relação ao preço do milho, que pode ser pago pelo trigo e tritcale, para inclusão nas rações de frangos de corte de acordo com os preços praticados em 2021 e considerando-se dois cenários, um com uso de óleo degomado e outro com uso de um blend de óleo degomado e gordura animal para correção dos níveis energéticos da ração.

	Fase de produção		
	8 a 21 dias	22 a 33 dias	34 a 42 dias
Cenário com óleo degomado			
Trigo Padrão*	96	96	95
Trigo Tarumã	110	107	108
Triticale Padrão*	89	86	85
Cenário com blend de óleo degomado-gordura animal			
Trigo Padrão*	97	96	96
Trigo Tarumã	110	108	108
Triticale Padrão*	90	87	86

*O trigo e tritcale padrão são os de composição média apresentados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos.

Considerações finais

Em função da redução dos estoques de milho a nível mundial, há uma tendência de aumento da demanda de cereais de inverno para alimentação animal no Brasil e no mundo, incluindo os principais países que são grandes produtores de proteína animal. No Brasil estão em desenvolvimento planos para expansão da produção de cereais de inverno para alimentação animal, visando cobrir parcialmente o déficit de grãos que ameaça as cadeias de produção de proteína animal na Região Sul do Brasil. O primeiro desses planos foi lançado pelo Governo do Estado de Santa Catarina em 2020, em parceria com as cooperativas, agroindústrias e a Embrapa. Um plano semelhante está em discussão no Rio Grande do Sul.

O potencial de uso e a equivalência dos cereais de inverno em relação ao milho depende do valor nutricional dos materiais disponíveis e do preço de outros ingredientes da dieta que tem sua inclusão alterada com a inclusão destes cereais. Para que se faça os ajustes necessários nas dietas com a melhor precisão possível é necessário que se avalie os cereais de inverno produzidos no Brasil, bem como as novas variedades que forem desenvolvidas, de forma a construir um conjunto consistente de dados sobre seu valor nutricional e que seja possível aprimorar os métodos para predição da composição química, valor energético e digestibilidade dos aminoácidos.

Outra questão importante é o desenvolvimento de variedades de cereais de inverno específicos para alimentação animal, preferencialmente de ciclo curto ajustadas no conceito de duas lavouras e duas safras (inverno e verão), de forma a criar um mercado específico para esse fim, para que não haja competição com as variedades produzidas para outras demandas.

Referências bibliográficas

Abdollahi, M.R.; Ravindran, V.; Amerah, A.M. Influence of partial replacement of ground wheat with whole wheat and exogenous enzyme supplementation on growth performance, nutrient digestibility and energy utilization in young broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 2016.

Afsharmanesh, M.; Scott, T.A.; Silversides, F.G. Effect of wheat type, grinding, heat treatment, and phytase supplementation on growth efficiency and nutrient utilization of wheat-based diets for broilers. **Canadian Journal Animal Science**, 2008.

Aghazadeh, A.M.; Yazdi, M.T. Effect of butyric acid supplementation and whole wheat inclusion on the performance and carcass traits of broilers. **South African Journal of Animal Science**, v.42, n.3, 2012. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v42i3.5>

- Amerah, A. M.; Ravindran, V.; Lentle, R.G.; Thomas, D.G. Influence of Feed Particle Size on the Performance, Energy Utilization, Digestive Tract Development, and Digesta Parameters of Broiler Starters Fed Wheat- and Corn-Based Diets. **Poultry Science**, v.87, p.2320–2328, 2008.
- Bertol, T.M.; Santos Filho; J.I. dos; Ludke, J.V.; Talamini, D.J.D. Determinação da equivalência trigo, triticales e milho na formulação de rações para suínos e aves. **Comunicado Técnico 566**. Embrapa Suínos e Aves. 2019.
- Brenes, A.; Guenter, W.; Marquatdt, R.R.; Rotterz, B.A. Effect of β -glucanase/pentosanas e enzyme supplementation on the performance of chickens and laying hens fed wheat, barley, naked oats and rye diets. **Canadian Journal Animal Science**, v.73, p.941-951, Dec. 1993.
- Carré, B. Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. **World's Poultry Science Journal**, v.60, p.76-88, March 2004. DOI: 10.1079/WPS20036.
- Chewning, C.G.; Stark, C.R.; Brake, J. Effects of particle size and feed form on broiler performance. **Journal Applied Poultry Research**. v.21, p.830-837, 2012. <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2012-00553>.
- Choct, M.; Hughes, R.J.; Annison, G. Apparent metabolizable energy and chemical composition of Australian wheat in relation to environmental factors. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.447-451, 1999.
- Choct, M.; Hughes, B. The new season grain phenomenon: The role of endogenous glycanases in the nutritive value of cereal grains in broiler chickens. **Rural Industries Research and Development Corporation**, Armidale, Australia. pp. 1-49. 2000.
- Crestani, M.; Carvalho, F.I.F.de; Oliveira, A.C. de; Silva, J.A.g. da; Gutkoski, L.C.; Sartori, J.F.; Barbieri, R.L.; Baretta, D. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia-branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.261-268, mar. 2010.
- Engberg, R.M.; Hedemann, M.S.; Jensen, B.B. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. **British Poultry Science**, 43:4, 569-579, 2002. DOI: 10.1080/0007166022000004480.
- Guo, P.P.; Li, P.L.; Li, Z.C.; Stein, H.H.; Liu, L.; Xia, T.; Yang, Y.Y.; Ma, Y.X. Effects of Post-harvest Storage Duration and Variety on Nutrient Digestibility and Energy Content Wheat in Finishing Pigs. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.28, n.10, p.1488-1495, 2015. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.15.0019>

- Gutiérrez-Alamo, a.; Pérez de Ayala, P.; Verstegen, M.W.A.; Den Hartog, L.A.; Villamide, M.J. Variability in wheat: factors affecting its nutritional value. **World's Poultry Science Journal**, v.64, March 2008. oi:10.1017/S0043933907001699.
- Hetland, H.; Svihus, B.; Olaisen, V. Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens. **British Poultry Science**, v.43, n.3, p.416-423, 2002. DOI: 10.1080/00071660120103693
- Jacob, J.P.; Pescatore, A.J. Using barley in poultry diets - A review. **Journal of Applied Poultry Research**, v.21, p.915–940, 2012.
- Jamrozz, D.; Skorupinska, J.; Orda, J.; Wiliczekiewicz, A.; Klünter, A. M. Use of Wheat, Barley or Triticale in Feed for Laying Hens Supplemented with Carbohydrases Derived from *Trichoderma longibrachiatum*, **Journal of Applied Animal Research**, v. 19, n. 1, p. 107-116, 2001.
- Jha, R.; Overend, D.N.; Simmins, P.H.; Hickling, D.; Zijlstra, R.T. Chemical characteristics, feed processing quality, growth performance and energy digestibility among wheat classes in pelleted diets fed to weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.170, p.78-90, 2011.
- Knudsen, K.E.B. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science Technology**, v.67, p.319-338, 1997.
- Knudsen, K.E.B. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. **Poultry Science**, v.93, p.2380–2393, 2014.
- Lopez, C.A.A.; Baião, N.C. Efeitos do tamanho da partícula e da forma física da ração sobre o desempenho, rendimento de carcaça e peso dos órgãos digestivos de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.2, p.214-221, 2004.
- Lv, M.; Yan, L.; Wang, Z.; An, S.; Wu, M.; Lv, Z. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. **Animal Nutrition**, v.1, p.252-256, 2015.
- Mathlouthi, N.; Larbier, M.; Mohamed, M.A.; Lessire, M. Performance of laying hens fed wheat, wheat-barley or wheat-barley-wheat bran based diets supplemented with xylanase. **Canadian Journal of Animal Science**,
- Meng, X.; Slominski, B.A.; Nyachoti, C.M.; Campbell, L.D.; Guenter, W. Degradation of Cell Wall Polysaccharides by Combinations of Carbohydrase Enzymes and Their Effect on Nutrient Utilization and Broiler Chicken Performance. **Poultry Science**, v.84, p.37–47, 2005.

- Mourão, J.L.T. de A.M.M.; Pinheiro, V.M.C. Efeitos do centeio, do trigo e da suplementação com xilanases sobre o valor nutricional de dietas e o desempenho de frangos corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2417-2424, 2009.
- Perera, W.N.U.; Abdollahi, M.R.; Ravindran, V.; Zaefarian, F.; Wester, T.J.; Ravindran, G. Nutritional evaluation of two barley cultivars, without and with carbohydrase supplementation, for broilers: Metabolisable energy and standardised amino acid digestibility. **British Poultry Science**, DOI: 10.1080/00071668.2019.1605151.
- Peron, A.; Bastianelli, D.; Oury, F.-X.; Gomez, J.; Carr, B. Effects of food deprivation and particle size of ground wheat on digestibility of food components in broilers fed on a pelleted diet. **British Poultry Science**, v.46, n.2, p.223-230, 2005. DOI: 10.1080/00071660500066142
- Pirgoziliev, P. R.; Rose, S. P.; Kettlewell, P. S. Effect of ambient storage of wheat samples on their nutritive value for chickens. **British Poultry Science**, v. 47, n. 3, p. 342-349, 2006.
- Ravindran, V. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities, **Journal of Applied Poultry Research**, v.22, p.628–636, 2013.
- Raza, A.; Bashir, S.; Tabassum, R. An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. **Heliyon** 5 (2019) e01437. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01437.
- Roberts, J.R.; Choct, M. Effects of commercial enzyme preparations on egg and eggshell quality in laying hens. **British Poultry Science**, 47:4, 501-510, 2006. DOI:10.1080/00071660600834175.
- Rostagno, H. S. (Ed.). **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4.ed., Viçosa: UFV, 2017. 488p.
- Saki, A.A.; Mirzayi1, S.; Ghazi, S.; Moini, M.M.; Harsini, R.N. Amino Acids and Protein Digestibility and Metabolizable Energy Availability of Barley Ration in Response to Grind® Enzyme in Broiler Chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.23,n.5, p.614-621, May 2010.
- Santos Filho, J.I.dos; Talamini, D.J.D.; Scheuermann, G.N.; Bertol, T.M. Impacto da logística brasileira nas cadeias produtivas de aves e suínos. **Revista de Política Agrícola**, Ano XXVII – No 1 – Jan./Fev./Mar. 2018.
- Scott, T.A.; Pierce, A.B. The effect of storage of cereal grain and enzyme supplementation on measurements of AME and broiler chick performance. **Canadian Journal of Animal Science**, v.81, p.237-243, 2001.
- Silva, L.M.; Geraldo, A.; Filho, J.A.V.; Machado, L.C.; Brito, J.A.G. de; Bertechini, A.G. Associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras

- semipesadas. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.34, n.3, p.253-258, July-Sept., 2012.
- Surek, D.; Maiorka, A.; Dahlke, F.; Opalinski, M. Franco, S.G.; Krabbe, E.L. Uso de fitase em dietas de diferentes granulometrias para frangos de corte na fase inicial. **Ciência Rural**, v.38, n.6, p.1725-1729, 2008.
- Svihus, B.; Juvik, E.; Hetland, H.; Krogdahl, A. Causes for improvement in nutritive value of broiler chicken diets with whole wheat instead of ground wheat. **British Poultry Science**, v.45, p.55-60, 2004.
- Wu, Y.B.; Ravindran, V.; Thomas, D.G.; Birtles, M.J.; Hendriks, W.H. Influence of method of whole wheat inclusion and xylanase supplementation on the performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology of broilers. **British Poultry Science**, v.45, n.3, p.385-394, 2004. DOI: 10.1080/00071660410001730888.
- Yaghobfar, A.; Kalantar, M. Effect of Non–Starch Polysaccharide (NSP) of Wheat and Barley Supplemented with Exogenous Enzyme Blend on Growth Performance, Gut Microbial, Pancreatic Enzyme Activities, Expression of Glucose Transporter (SGLT1) and Mucin Producer (MUC2) Genes of Broiler Chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.19, n.4, p.629-638, 2017.
- Yegani, M.; Korver, D.R. Review: Prediction of variation in energetic value of wheat for poultry. **Canadian Journal of Animal Science**, v.92, p.261-273, 2012. doi:10.4141/CJAS2011-114.
- Zhang, J. J.; Piao, X. S.; Huang, D. S.; Wang, J. J.; Ma, X.; Ma, Y. X. Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 22, p.1 07-12, 2009.