



**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO
FARELO DE ARROZ EM RAÇÕES
SUPLEMENTADAS COM FITASE E
XILANASE PARA FRANGOS DE CORTE**

NEUDI ARTEMIO SCHOULTEN

2002

NEUDI ARTEMIO SCHOULTEN

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO
FARELO DE ARROZ EM RAÇÕES
SUPLEMENTADAS COM FITASE E XILANASE**

PARA MONOGÁSTRICOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia, com concentração em Nutrição de Monogástricos.

Orientador
Prof. Dr. Antônio Soares Teixeira

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

2002

A Deus,

por sempre iluminar meu caminho;

E a todos que se dedicam ao estudo dos animais;

OFEREÇO

Aos meus pais, Zeno e Loni;

À minha esposa Durcelina Márcia;

Aos meus filhos Neudi Junior e Felipe;

A todos os familiares e amigos

Pelo apoio e compreensão durante esta tarefa;

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul, em especial ao Diretor Geral Prof. João José Stüpp e ao Prof. Flares Tadeu de Liz da EAFRS/UNED/DV, pela amizade, apoio e oportunidade de realização do curso.

Ao orientador, Prof. Antônio Soares Teixeira, pela orientação, amizade, apoio e ensinamentos na realização deste trabalho.

Ao comitê orientador, professores Paulo Borges Rodrigues, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas e José Cleto da Silva Filho pela orientação, sugestões e ensinamentos para realização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFLA pelos ensinamentos.

À Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá-MT, em especial ao Diretor Geral Prof. Dimorvam Alencar Brescancim, pelo apoio para realização dos experimentos e ao Prof. Ademir José Conte, pela colaboração, amizade, paciência e valiosos ensinamentos na realização deste trabalho.

À Fundação de Amparo à pesquisa de Mato-Grosso – FAPEMAT pelo apoio no financiamento dos experimentos de campo e à empresa ROCHE pela doação das enzimas para realização deste trabalho.

À minha esposa Durcelina Márcia e aos meus filhos Neudi Junior e Felipe pela compreensão, paciência e presença em todos os momentos da realização deste trabalho.

Aos colegas professores e servidores da UNED/DV da Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul, pelo apoio e incentivo.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA e do Laboratório de Pesquisa Animal pela amizade e prestimosa colaboração na execução deste trabalho.

Aos funcionários da Biblioteca Central pelo auxílio e colaboração.

Aos colegas do curso pela amizade e convívio diário.

BIOGRAFIA

NEUDI ARTEMIO SCHOULTEN, filho de Zeno e Loni Schoulten, nasceu em 15 de janeiro de 1964 em Arabutã (SC).

Cursou o primeiro grau na Escola Básica Prof. Ivonete Ribeiro, em Arabutã.

Formou-se Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, em Dezembro de 1981.

Graduou-se em Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em janeiro de 1986.

Ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá (MT) em abril de 1986, como professor de ensino de 1º e 2º graus. Em maio de 1995 transferiu-se para a Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul (SC). Em janeiro de 1997, foi lotado na Unidade Descentralizada de Ensino de Dois Vizinhos (PR) da Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul.

Em maio de 1999 iniciou seus estudos de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Lavras, concluindo o curso em 01 de março de 2001.

Em março de 2001 foi colocado à disposição do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras e na mesma data iniciou seus estudos de Doutorado em Zootecnia nesta Universidade, concluindo o curso em 09 de dezembro de 2002.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| RESUMO | i |
| ABSTRACT | iii |
| 1 Introdução | 1 |
| 2 Referencial Teórico | 3 |
| 2.1 Farelo de arroz | 3 |
| 2.2 Digestão dos carboidratos em aves | 13 |
| 2.3 Fatores antinutricionais na alimentação de aves | 17 |
| 2.3.1 Polissacarídeos não-amídicos | 18 |
| 2.3.2 Ácido Fítico | 30 |
| 2.4 Enzimas | 34 |
| 2.4.1 Enzimas na nutrição de aves | 37 |
| 2.4.1.1 Fitase na nutrição de aves | 39 |
| 2.4.1.2 Enzimas carboidrases na nutrição de aves | 42 |
| 2.5 Índice bioeconômico | 58 |
| 3 Material e Métodos | 60 |
| 3.1 Local e época de realização dos experimentos | 60 |
| 3.2 Aves, instalações, equipamentos e manejo | 61 |
| 3.3 Tratamentos e rações experimentais | 62 |
| 3.4 Coleta de material e análises laboratoriais | 68 |
| 3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas | 69 |
| 3.6 Medidas de resultados | 71 |
| 3.6.1 Desempenho | 71 |
| 3.6.2 Mineralização óssea | 72 |
| 3.6.3 Digestibilidade ileal aparente de nutrientes | 73 |
| 3.6.4 Viscosidade intestinal | 74 |
| 3.6.5 Análise bioeconômica | 75 |

| | |
|---|-----|
| 4 Resultados e Discussão..... | 78 |
| 4.1 Experimento I - Desempenho de I a 21 dias..... | 78 |
| 4.2 Experimento I – Desempenho de I a 42 dias..... | 89 |
| 4.3 Experimento I – Mineralização óssea..... | 97 |
| 4.4 Experimento I – Viscosidade e digestibilidade ileal..... | 98 |
| 4.4 Experimento I - Análise bioeconômica..... | 107 |
| 4.5 Experimento I - Resumo dos resultados..... | 112 |
| 4.6 Experimento II - Desempenho de I a 21 dias..... | 114 |
| 4.7 Experimento II – Desempenho de I a 42 dias..... | 123 |
| 4.8 Experimento II – Mineralização óssea..... | 130 |
| 4.9 Experimento II – Viscosidade e digestibilidade ileal..... | 131 |
| 4.10 Experimento II - Análise bioeconômica..... | 138 |
| 4.11 Experimento II - Resumo dos resultados..... | 141 |
| 5 Conclusões..... | 144 |
| Referências Bibliográficas..... | 145 |
| ANEXOS..... | 158 |

RESUMO

SCHOULTEN, Neudi Artemio. Viabilidade técnica e econômica do farelo de arroz em rações suplementadas com fitase e xilanase para frangos de corte. LAVRAS: UFLA, 2002. 163p. (Tese – Doutorado em Zootecnia)*

O presente trabalho foi realizado para avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização de xilanase e farelo de arroz em rações suplementadas com fitase para frangos de corte. Em cada um dos dois experimentos foram utilizados 540 pintos machos de um dia da marca Ross, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4 x 2 + 1 (xilanase x farelo de arroz + testemunha no experimento I e farelo de arroz x xilanase + testemunha no experimento II), com quatro repetições de 15 aves por parcela. As análises estatísticas foram realizadas para as fases de 1 a 21 e 1 a 42 dias. As rações testemunhas à base de milho e farelo de soja, sem suplementação com enzimas, e as rações com inclusão de farelo de arroz, também à base de milho e farelo de soja e suplementadas com 900 unidades de fitase/kg foram formuladas segundo níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al. (2000), exceto para o fósforo disponível e cálcio nas rações contendo farelo de arroz, cujos níveis foram reduzidos (0,22% e 0,75%; 0,20% e 0,70%, para a fase inicial e final, respectivamente). O farelo de arroz foi incluído em 10% ou 20% na ração suplementada com quatro níveis de xilanase (0, 200, 400 ou 600 unidades/kg) no experimento I e 6%, 12%, 18% ou 24% no experimento II sem ou com 400 unidades de xilanase/kg. A utilização da xilanase não afetou o consumo de ração em nenhuma das fases dos dois experimentos. No experimento I, as aves que receberam ração com 20% de farelo de arroz apresentaram consumo 2,6% menor e conversão alimentar 2,2% melhor do que as aves que receberam ração com 10% de farelo de arroz na fase de 1 a 21 dias. O índice bioeconômico foi 2% superior para as aves que receberam a ração com 20% de farelo de arroz. No experimento II, as aves que receberam ração com 400 g de xilanase apresentaram ganho de peso 5,1% superior e conversão alimentar 7,4% melhor do que as aves que receberam ração sem xilanase, na fase de 1 a 21 dias. No período de 1 a 42 dias o ganho de peso melhorou 1,8% com a utilização da xilanase. O índice bioeconômico foi 4,3% superior para as aves que receberam a xilanase na ração. A utilização da xilanase melhorou em 2% a digestibilidade da matéria seca e proteína e em 1,9% da energia no experimento II. O consumo de ração com 20% farelo de arroz foi menor que o da testemunha quando

* Comitê Orientador: Antônio Soares Teixeira - UFLA (Orientador), Paulo Borges Rodrigues - UFLA, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas - UFLA, José Cleto da Silva Filho - UFLA.

suplementada com menos de 600 unidades de xilanase/kg. Em relação a testemunha o ganho de peso foi menor sem xilanase e com 20% de farelo de arroz com até 200 unidades de xilanase/kg na fase de 1 a 21 dias. No período de 1 a 42 dias o consumo de ração com 20% de farelo de arroz foi inferior ao da testemunha com 200 unidades de xilanase/kg, e o ganho peso foi menor para a ração sem xilanase. A digestibilidade da matéria seca e proteína foram inferiores à da ração testemunha para ração sem xilanase e o índice bioeconômico foi melhor do que o da testemunha para todos os tratamentos com xilanase no experimento I. No experimento II, o consumo foi menor do que o da testemunha nos tratamentos com 18 e 24% de farelo de arroz sem xilanase e 24% de farelo de arroz com xilanase na fase de 1 a 21 dias. Na fase de 1 a 42 dias, o consumo e o ganho de peso foram menores que o da testemunha para a ração com 18 e 24% de farelo de arroz sem xilanase e com 400 unidades de xilanase/kg e o consumo foi menor para ração com 18% de farelo de arroz. A digestibilidade da matéria seca foi menor com 24% de farelo de arroz sem xilanase e o índice bioeconômico foi melhor do que a testemunha para a ração com 6 e 12% de farelo de arroz sem xilanase e todos os tratamentos com 400 unidades de xilanase/kg. O melhor ganho de peso foi estimado para 391 unidades de xilanase/kg para a ração para 10% de farelo de arroz na fase de 1 a 21 dias; para a ração com 20% de farelo de arroz houve aumento linear para ambas as fases. Os melhores resultados de conversão alimentar foram estimados para 350 e 425 unidades de xilanase/kg de 1 a 21 dias e de 319 e 389 unidades/kg na fase de 1 a 42 dias, respectivamente, para 10 e 20% de farelo de arroz. A digestibilidade da matéria seca, proteína e energia melhorou linearmente com a elevação dos níveis de xilanase na ração com 10 e 20% de farelo de arroz. Os melhores resultados de índice bioeconômico foram estimados para 330 e 415 unidades de xilanase/kg, respectivamente, para ração com 10 e 20% de farelo de arroz. A elevação dos níveis de farelo de arroz de 6 a 24% na ração sem xilanase causou redução linear no consumo de ração e ganho de peso de 1 a 21 e no índice bioeconômico de 1 a 42 dias. Sem xilanase os melhores resultados de digestibilidade da matéria seca e da energia foram estimados para ração com 11,6 e 14,3% de farelo de arroz, respectivamente. Desta forma, pode-se concluir que a elevação do nível de farelo de arroz na ração suplementada com 900 FTU/kg eleva a quantidade de xilanase necessária para reduzir os efeitos antinutritivos. Sem xilanase, a utilização de farelo de arroz na ração suplementada com 900 FTU/kg não deve ultrapassar 12%. Com 400 unidades de xilanase por kg de ração, a utilização de até 24% de farelo de arroz na ração suplementada com 900 FTU/kg propicia desempenho semelhante ao da ração testemunha, sem farelo de arroz e sem xilanase. A maximização de desempenho das aves com ração contendo acima de 20% de farelo de arroz e 900 FTU/kg necessita suplementação de xilanase acima de 600 unidades/kg. Os melhores resultados econômicos podem ser obtidos com 400 unidades de xilanase por kg de ração suplementada com 900 FTU/kg.

ABSTRACT

SCHOULTEN, Neudi Artemio. **Technical and economical viability of rice bran in phytase and xylanase - supplemented rations for broiler chickens.** LAVRAS: UFLA, 2002. 163 p. (Thesis - Doctorate in Animal Science) *

The present work was conducted with the objective of evaluating the technical and economical viability of the use of rice bran supplemented with phytase in broiler rations. In each of the two experiments were utilized 540 one - day old male chicks from Ross strain, distributed into a completely randomized experimental design in a 4 x 2 +1 factorial arrangement (xylanase x rice bran + reference treatment in experiment I and rice bran x xylanase + check in experiment II) with four replicates of 15 birds per plot. The statistical analyses were proceeded for the phases from 1 to 21 and 21 to 42 days. The corn-and soybean meal-based reference rations check without enzyme supplementation was formulated to meet the broiler's nutrient requirements. The rations with the addition of rice bran also based on corn, soybean meal were supplemented with 900 units of phytase/kg. All the rations were balanced according to Rostagno et al (2000), except for available phosphorus and calcium in the rations containing rice bran, in which the levels were reduced (0.22% and 0.75%; 0.20% and 0.70% for the initial and final phase, respectively). Rice bran was added in 10% or 20% in the ration supplemented with four levels of xylanase (0, 200, 400 or 600 units/kg) in experiment I and 65, 12%, 18% or 24% in experiment II without or with 400 units/kg of xylanase. The use of xylanase did not affect the feed intake in any of the phases of the two experiments. In experiment I, the broilers that received the ration with 20% of rice bran shown feed intake 2.6% lower and feed conversion 2.2% better than the broilers that received rations with 10% of rice bran in the phase from 1 to 21 days. The bioeconomical index was 4.3% higher for broilers fed rations supplemented with xylanase. The supplementation with xylanase improved by 2% the digestibility of dry matter and protein and 1.9% of energy in experiment II. As compared with the reference ration the feed intake of the ration with 20% of rice bran was lower with less than 600 units/kg of xylanase and weight gain was lower without xylanase supplementation and with 20% of rice bran with up to 200 units/kg of

* Guidance Committee: Antônio Soares Teixeira - UFLA (Major Professor), Paulo Borges Rodrigues - UFLA, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas - UFLA, José Cleto da Silva Filho - UFLA.

was lower than the check with 200 units /kg of xylanase and weight gain lower for the ration without xylanase from 1 to 42 days. Dry matter and protein digestibility were inferior to the check ration for ration without xylanase and the bioeconomical index was better than the check for all the treatments with xylanase in experiment I. In experiment II, intake was lower than the check in the treatments with 18 and 24% of rice bran without xylanase and 24% of rice bran with xylanase in the phase of 1 to 21 days. In the phase from 1 to 42 days both intake and weight gain were lower than the check for ration of 18 and 24% of rice bran without xylanase and with 400 units/kg of xylanase, intake was lower for ration of 18% of rice bran. Dry matter digestibility was lower with 24% of rice bran without xylanase and bioeconomical index better than the check for the ration of 6 and 12% of rice bran without xylanase and all the treatments with 400 units/kg of xylanase. The best weight gain was estimated for 391 units /kg of xylanase for the ration of 10% of rice bran in the phase from 1 to 21 days and for the ration of 20% of rice bran, the optimum level of xylanase is above the levels utilized in this experiment for both phases. The best results of feed conversion were estimated for 350 and 425 units/kg of xylanase from 1 to 21 days and from 319 and 389 units/kg in the phase from 1 to 42 days, respectively, for 10 and 20% of rice bran. Dry matter, protein and energy digestibility improved linearly with the rise of xylanase levels in the ration of 10 and 20% of rice bran. The best results of bioeconomical index were estimated with 330 and 415 units/kg of xylanase, respectively, for ration of 10 and 20% of rice bran. The rise of the levels of rice bran from 6 to 24% in the ration without xylanase caused a linear reduction in ration intake and weight gain from 1 to 21 and in the bioeconomical index from 1 to 42 days. Without xylanase, the best results of dry matter and energy digestibility were estimated for the ration of 11.6 and 14.3% of rice bran, respectively. Thus, it follows that the rise of the level of rice bran in the ration increases the amount of xylanase needed to reduce the antinutritive effects. Without xylanase, the addition of rice bran in the ration should not exceed to 12%. With 400 units of xylanase per kg of ration, the use of up to 24% of rice bran enables a performance similar to the check ration, without rice bran and without xylanase. The maximization of birds' performance with a ration containing above 20% of rice bran needs supplementation of xylanase above 600 units/kg. The best economical results may be obtained with 400 units of xylanase per kg of ration.

I INTRODUÇÃO

Um dos componentes que mais onera o custo de produção de frangos de corte nos sistemas de criação intensiva é a ração, representando cerca de 70% deste custo. As fontes de energia e de proteína são os ingredientes mais onerosos, seguidas pela fonte de fósforo, que é o ingrediente de origem mineral mais caro, participando com 2 a 3% do custo total da ração. Assim, a busca por alimentos alternativos para substituir o milho e o farelo de soja, visando reduzir os custos de produção, tem sido uma preocupação generalizada no sistema de produção e pesquisa avícola no Brasil e no mundo.

O Brasil é um grande produtor de milho e de soja, cereais nobres que podem e deveriam ser mais utilizados na alimentação humana, mas estão sendo destinados, na sua maior parte, para à alimentação animal. Alguns autores afirmam que os cereais irão cumprir um papel muito importante na nutrição humana no futuro, e que existirá um déficit dentro dos próximos 20 a 30 anos.

Um alimento alternativo de grande destaque para a alimentação animal é o farelo de arroz, produzido em grandes quantidades no país, superando 920 mil toneladas/ano. Por outro lado, na maioria das vezes essas fontes alternativas apresentam fatores antinutricionais que limitam ou impedem a sua utilização. Atualmente, alguns destes fatores antinutricionais podem ser contornados pela adição de enzimas exógenas à ração.

O farelo de arroz constitui uma boa fonte de energia na alimentação das aves, em substituição ao milho, devido à sua composição nutritiva, pois contém altos teores de lipídeos, de proteína e de fósforo. Entretanto, a sua utilização é limitada devido à presença de altas porcentagens de ácido fítico e de fibra, que comprometem a digestibilidade de todos os componentes nutritivos da ração. Além do amido, o farelo de arroz apresenta outros polissacarídeos que fazem parte principalmente da parede celular, denominados polissacarídeos não-

amídicos, que não são digeridos pelas aves, pois estas não possuem as enzimas apropriadas para a sua hidrólise.

As pesquisas com enzimas têm demonstrado a possibilidade de uso destas substâncias para reduzir o efeito negativo dos fatores antinutricionais e melhorar a eficiência alimentar. Dentre essas enzimas podemos destacar a fitase que apresenta capacidade efetiva de melhorar o aproveitamento do fósforo fítico, principalmente de alimentos que apresentam alto teor de fitato, e desta forma, reduz o potencial poluidor das excretas, tornando a atividade avícola ecologicamente mais correta.

As enzimas carboidrases exógenas têm sido usadas para hidrolisar os polissacarídeos não-amídicos, aumentando a disponibilidade da energia dos alimentos. Além disso, atuam reduzindo a viscosidade da digesta, conseqüentemente aumentando a digestibilidade de todos os componentes nutritivos dos alimentos. Algumas indústrias produzem estas enzimas comercialmente para serem suplementadas a ração com a finalidade de melhorar a digestibilidade dos nutrientes, as quais devem e necessitam ser testadas através de pesquisas científicas para a avaliação de sua eficácia, principalmente as carboidrases, que são preparadas e mais utilizadas na Europa, onde os ingredientes a que se destinam são os polissacarídeos não-amídicos provenientes de cereais brancos como o trigo, a cevada e o centeio.

Comprovada a eficácia das carboidrases, estas poderiam promover o aumento da utilização de subprodutos de origem vegetal, reduzindo os custos de produção, além de colaborar com a proteção ambiental devido à redução da excreção de nutrientes nas excretas.

Assim, objetivou-se, com este trabalho avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização do farelo de arroz e xilanase em rações suplementadas com fitase para frangos de corte, visando determinar o nível adequado de suplementação de xilanase em ração contendo farelo de arroz e o nível máximo de farelo de arroz na ração com fitase com ou sem xilanase.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Farelo de arroz

O farelo de arroz é o subproduto do polimento ou beneficiamento do arroz após a remoção da casca silícica e lignocelulósica, constituído da camada intermediária entre a casca e o endosperma. É constituído de pericarpo, testa, aleurona e gérmen, além de quantidade variável de amido, dependendo do grau de polimento.

Depois de seco, o grão de arroz é descascado, obtendo-se o arroz integral ou arroz marrom. Numa segunda etapa, é feito o polimento em rolos de borracha, através do qual a camada marrom (pericarpo, testa e aleurona) e o gérmen são removidos para obtenção do arroz branco. Estas camadas removidas constituem o farelo de arroz. A Figura 1 mostra um desenho esquemático que representa a estrutura do grão de arroz.

A operação de beneficiamento do arroz com casca para obtenção do arroz branco produz em média 8% de farelo de arroz, podendo variar, segundo relatos de Domene (1996), de 4 a 12% do peso do grão.

O rompimento accidental do grão durante o beneficiamento resulta no aparecimento de pequenos fragmentos do endosperma, que passam a formar parte do farelo. A contribuição desses fragmentos à composição do farelo é principalmente em amido, que compreende entre 10 a 20% do farelo de arroz. Assim, as quantidades de amido e outros nutrientes no farelo são de certa forma variáveis e dependem do grau de polimento e rompimento do endosperma que, por sua vez, dependem da cultivar e do estado da matéria prima (Torim, 1991).

Na safra 99/00, o Brasil produziu 11.533.800 toneladas de arroz em casca (AGRIANUAL..., 2001). A maior parte da produção brasileira é oriunda

da região Sul, com 6 milhões de toneladas, seguida pela região Centro Oeste com 2,4 milhões de toneladas.

Considerando o rendimento médio de farelo de arroz resultante do processo de beneficiamento ao redor de 8%, podemos estimar uma disponibilidade anual no Brasil de cerca de 920 mil toneladas; somente na região Sul são 480 mil toneladas. Os preços deste subproduto nas regiões produtoras são normalmente muito inferiores aos preços do milho, portanto, este poderia constituir uma boa fonte alternativa de alimento para redução dos custos de produção de frangos.

É interessante observar que é justamente na região sul, onde se concentra a maior produção de frangos de corte no Brasil, que também ocorre a maior produção de arroz em casca, representando mais de 50% da produção brasileira. Isto facilita a utilização do farelo arroz pela abundante disponibilidade na própria região, não onerando seu custo pelo transporte a longas distâncias.

Na região Centro Oeste, segunda maior produtora de arroz, a avicultura vem passando por uma expansão bastante acelerada, principalmente devido à necessidade da aproximação do local de criação das aves de áreas de grande produção de milho e soja, procurando-se, desta forma minimizar os custos de produção, desonerando-as do transporte das matérias primas da ração a longas distâncias.

Assim, é evidente que, se viabilizada a utilização do farelo de arroz na ração de frangos de corte, haverá aumentos na margem de renda dos avicultores.

O farelo de arroz apresenta características importantes, principalmente na sua composição química. Domene (1996) relata que o alto teor de óleo (15 a 23%) possibilita sua utilização como fonte de energia para as aves, em substituição ao milho. Ali et al. (1998), ao analisarem o farelo de arroz de diferentes variedades, encontraram óleo variando de 16,72 a 21,40%.

Além disso, segundo relata Domene (1996), há que se ressaltar que a maior proporção de ácidos graxos do óleo do farelo de arroz é insaturada. O autor cita que a fração lipídica do farelo de arroz é variável e a natureza dos ácidos graxos depende da cultivar. Em média, estes contêm 36% de ácidos graxos poliinsaturados e 41% de monoinsaturados, contra 19% saturados.

Conforme Ismail et al. (2001), os principais ácidos graxos do farelo de arroz são o palmítico, oleico e linolênico, que compõem mais de 90% de ácidos graxos. Ali et al. (1998) observaram que os triglicerídeos formam 90% dos lipídeos do farelo de arroz oriundo de diferentes variedades, com composição variando de 16,30 a 17,82% de ácido de palmítico, 2,94 a 4,10% de ácido esteárico, 45,40 a 47,81% de ácido de oleico, 28,89 a 31,00% de ácido linoleico e 0,82 a 1,69% de ácido de linolênico.

Devido ao alto teor de óleo e à intensa atividade das lípases, que se inicia após o polimento do grão de arroz, e dada à produção de glicerol e ácidos graxos livres e à presença de lipoxigenase endógena, o farelo de arroz se deteriora rapidamente por rancificação.

O nível de proteína bruta do farelo de arroz é superior ao do milho. Conforme relatado por Torin (1991), na literatura encontram-se valores de proteína bruta variando de 8 a 17%. Ali et al. (1998), ao analisarem o farelo de arroz de diferentes variedades, encontraram proteína bruta de 14,37 a 16,25%. Em trabalhos recentes, Conte (2000) e Giacometti (2002) encontraram 16,59 e 15,44% de proteína bruta no farelo de arroz, respectivamente.

Segundo Torin (1991), o aminoácido limitante na proteína do farelo de arroz é a lisina, como também ocorre em outros cereais. Outro aminoácido limitante é a treonina. Por outro lado, o autor destaca que diversos autores relatam elevado conteúdo em aminoácidos sulfurados em sua composição. Domene (1996) relata que a digestibilidade da proteína do farelo de arroz varia de 59 a 74% e que a disponibilidade do triptofano é de 33%.

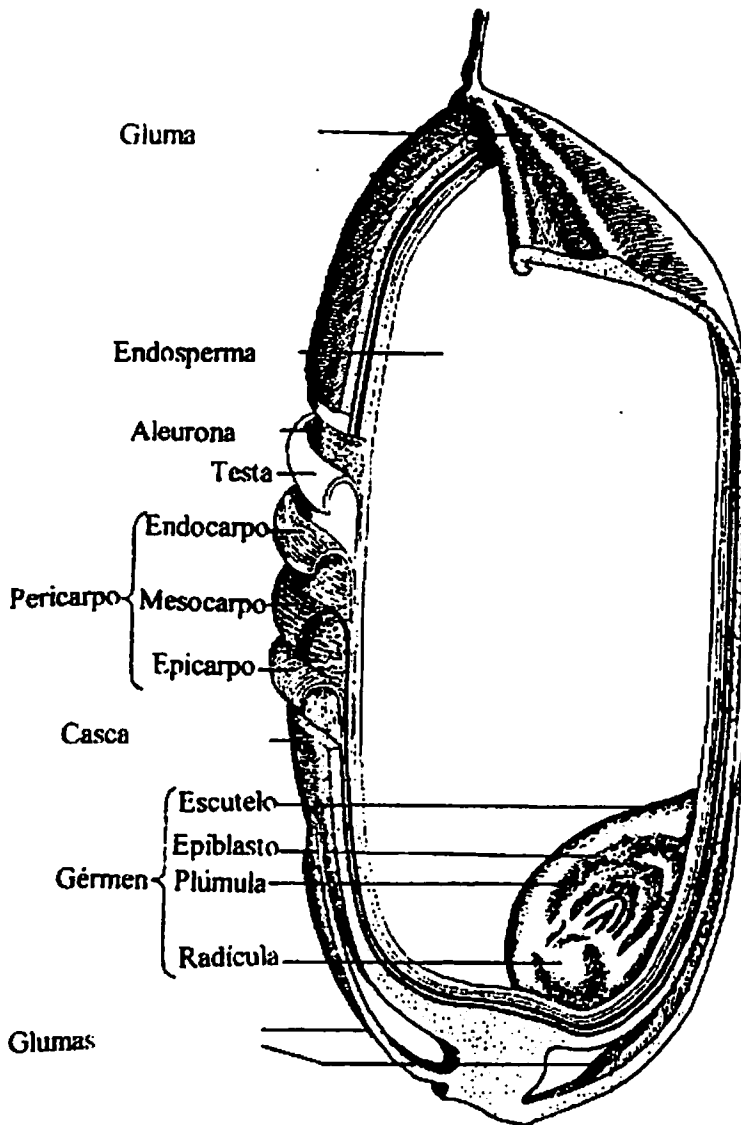


FIGURA 01. Desenho esquemático representativo da estrutura do grão de arroz, adaptado de Grist por Domene (1996).

Ismail et al. (2001) destacam que os principais aminoácidos essenciais no farelo de arroz são a leucina, valina, lisina, e fenilalanina, enquanto os aminoácidos não essenciais são o ácido glutâmico e o aspártico. Os autores observam que calor e os tratamentos por extrusão diminuem a maioria dos aminoácidos do farelo de arroz.

Com relação à composição em vitaminas, o farelo de arroz destaca-se por ser uma boa fonte de vitaminas do complexo B; com relação à composição mineral, é extremamente rico em fósforo e manganês, além de níveis de cobre, ferro e zinco superiores aos do milho.

A composição de todos os nutrientes, mas principalmente dos minerais, varia enormemente de acordo com o método de polimento do arroz integral no processamento. Vários autores, citados por Domene (1996), encontraram valores de cálcio entre 140 e 1310 mg/kg; de fósforo entre 14800 e 28700 mg/kg; de zinco entre 44 e 80 mg/kg; de ferro entre 38 e 530 mg/kg; de cobre entre 10 e 20 mg/kg; de magnésio entre 6070 a 12300 mg/kg; de manganês entre 110 e 877 mg/kg e de potássio entre 13650 e 23900 mg/kg.

Costa (2001) comenta que o farelo de arroz apresenta composição bromatológica bastante singular, embora apresente alguns inconvenientes, mas que são factíveis de serem corrigidos tecnicamente, constituindo, assim, um excelente substituto ao grão de milho na alimentação de não-ruminantes, em particular de suínos. O autor destaca, ainda, sua grande disponibilidade em determinadas regiões e épocas do ano. Entre os inconvenientes, cita a sua alta perecibilidade porque, contendo de 12 a 13% de extrato etéreo, é com muita frequência passível de peroxidação e conseqüentes desnaturações rancidas.

Para o armazenamento por períodos superiores há 30 dias, o farelo de arroz deve ser peletizado e desengordurado, o que permite a sua armazenagem por períodos de até 12 meses.

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentadas a composição mineral, química e energética e de aminoácidos do farelo de arroz, respectivamente.

TABELA 1. Composição mineral do farelo de arroz.

| MINERAL | EMBRAPA (1991) | Torin (1991) | Torin (1996) | Rostagno (2000) |
|----------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Cálcio (%) | 0,10 % | - | 0,07 | 0,11 |
| Fósforo (%) | 1,64 % | - | 2,00 | 1,61 |
| Potássio (%) | - | - | - | 1,40 |
| Sódio (%) | - | - | - | 0,04 |
| Zinco (ppm) | 75,09 | 99,16 | 80 | - |
| Ferro (ppm) | 137,72 | 196,68 | 310 | - |
| Manganês (ppm) | 234,19 | 167,84 | - | - |
| Cobre (ppm) | 12,58 | 20,15 | 24,9 | - |

TABELA 2. Composição química e energética do farelo de arroz.

| NUTRIENTE | Juliano (1966)¹ | Torin (1991) | EMBRAPA (1991) | Torin (1996) | Rostagno et al. (2000) |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Proteína (%) | 7,3-19,1 | 12 | 12,83 | 12 | 13,21 |
| Lipídeos (%) | 6,4-29,8 | 12,16 | 14,05 | 2,5 | 13,51 |
| Fibra bruta (%) | 5,7-17,8 | 6,04 | 9,44 | - | 10,32 |
| FDN (%) | - | - | - | - | 21,40 |
| FDA (%) | - | - | - | - | 13,90 |
| ENN (%) | 37,2-68,8 | 48,80 | - | 24 | - |
| Cinzas (%) | 6,3-23,7 | 9,43 | 8,33 | 11 | 9,23 |
| Pentosanos (%) | 8,6-16,3 | - | - | - | - |
| Ácido fítico (%) | - | 6,25 | - | 6,47 | - |
| Matéria seca (%) | - | 88,43 | 89,13 | 89,00 | 89,60 |
| EB (Kcal/kg) | - | - | 4553 | - | 4396 |
| EM aves (Kcal/kg) | - | - | 2518 | - | 2453 |

¹ Base de matéria seca – citado por Zavala Pope (1972).

TABELA 3. Composição do farelo de arroz em aminoácidos.

| AMINOÁCIDO (%) | EMBRAPA (1991) | Rostagno et al. (2000) |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Alanina | 0,74 | - |
| Arginina | 0,90 | 0,96 |
| Asparagina | 1,04 | - |
| Cistina | 0,23 | - |
| Fenilalanina | 0,44 | 0,63 |
| Glicina | 0,60 | - |
| Glutamina | 1,25 | - |
| Histidina | 0,34 | 0,31 |
| Isoleucina | 0,45 | 0,48 |
| Leucina | 0,80 | 0,98 |
| Lisina | 0,52 | 0,58 |
| Metionina | 0,20 | 0,23 |
| Prolina | 0,54 | - |
| Serina | 0,53 | - |
| Tirosina | 0,37 | - |
| Treonina | 0,43 | 0,48 |
| Triptofano | 0,15 | 0,14 |
| Valina | 0,59 | 0,70 |

Ali et al. (1998), ao analisarem o farelo de arroz de diferentes variedades, encontraram carboidratos variando de 17,23 a 19,10% (polissacarídeos e açúcares livres), fibra bruta de 7,17 a 8,66%, sílica de 1,14 a 3,00% e cinza de 10,09 a 11,01%.

Pelos resultados apresentados, observa-se que o farelo de arroz apresenta composição química que pode ter bom valor nutricional, podendo ser uma alternativa para substituição das fontes tradicionais de energia na ração de frangos. No entanto, conforme observado por Domene (1996) o valor nutritivo de um alimento não pode ser estimado exclusivamente pela sua composição em nutrientes, uma vez que este é resultado da combinação de fatores como o equilíbrio entre seus constituintes, somados às interações entre os mesmos, além das conseqüências deixadas pelo processamento e armazenagem.

O farelo de arroz, embora excelente fonte de minerais (principalmente fósforo e manganês), energia, proteína e vitaminas do complexo B, têm sua biodisponibilidade afetada por diversos fatores antinutricionais, sendo os principais a presença de altos teores de ácido fítico e fibras.

Segundo Costa (2001), 8 a 10% de fibra na composição do farelo de arroz são considerados normais e administráveis nutricionalmente; no entanto, por acidente ou irresponsabilidade, proporções bem maiores de fibra podem ser encontradas, derivadas de fragmentos da casca. O farelo de arroz possui também alto conteúdo de fitato, que se não for devidamente tratado, pode acarretar sérios problemas no equilíbrio de cálcio, fósforo e outros minerais nas rações dos animais.

A biodisponibilidade dos minerais no farelo de arroz é afetada pela presença do ácido fítico, que mantém complexados aproximadamente 90% do fósforo total, além de outros minerais como o zinco, cálcio, magnésio, manganês, ferro, cobre e níquel (Domenc, 1996). A presença de fibra, em grande parte solúvel, parece afetar a energia metabolizável e reduz a absorção dos nutrientes, entre eles os minerais e proteínas.

Segundo Shibuta et al. (1985), a fibra do farelo de arroz é composta por 38% de hemicelulose, 28% de celulose, 27% de lignina e 7% de pectina. A arabinose e xilose, que ligam-se para formar os arabinoxilanos, compõem 80% da hemicelulose.

Conte (2000) relata que o farelo de arroz que utilizou em seus experimentos continha 9,68% de fibra bruta. A parede celular somou 21,21% na composição centesimal, da qual 7,26% eram formados por celulose, 10,2% por hemicelulose e 3,80% por lignina.

Dados próximos foram obtidos por Giacomette (2002), que encontrou 20,98% de fibra em detergente neutro e 9,18% de fibra em detergente ácido. A

parede celular representou 24,59% da sua composição, sendo 8,40% de celulose, 11,80% de hemicelulose e 4,39% de lignina.

Farelo de arroz de diferentes processadores é altamente variável em conteúdo de nutriente por causa de vários procedimentos usados durante o beneficiamento. Em amostras de farelo de arroz diferentes, Davis et al. (2000) encontraram 3,4% de extrato etéreo para o farelo de arroz desengordurado e 22,2% para o farelo de arroz. O conteúdo de cálcio dos farelos variou de 0,09 a 4,86% e de fósforo de 1,41 a 2,19%.

Segundo Ravindran & Blair (1991), a grande variação observada na composição do farelo de arroz se deve principalmente ao nível de contaminação com casca de arroz, o qual por sua vez, depende do equipamento utilizado para o beneficiamento. Os autores comentam, ainda, que equipamentos mais modernos são capazes de separar diferentes tipos de farelo de arroz em função do estágio de polimento.

Devido à grande variabilidade de nutrientes do farelo de arroz, devem ser realizadas análises prévias para se conhecerem os reais conteúdos de nutrientes para o correto balanceamento da ração.

O processamento do farelo de arroz desengordurado pela combinação de autoclavagem e tratamento com ácido não melhora o seu valor nutritivo para frangos (Jeswani et al., 1998).

A inclusão de farelo de arroz acima de 30% na ração frangos causa redução no ganho de peso, o que é atribuído ao menor consumo e ao maior conteúdo de fibra bruta, lignocelulose e sílica na ração o que prejudicaria a digestibilidade (López et al., 1978). Warren & Farrell (1991) concluíram que o farelo de arroz pode ser incluído em até 20% na ração para frangos.

Fialho (1991) verificou que o consumo de ração e ganho de peso de frangos de 1 a 49 dias alimentados com ração contendo 8,33 ou 16,67% de farelo de arroz foi semelhante aos das aves do tratamento testemunha a base de

milho e farelo de soja. Já as aves que receberam a ração contendo 25% de farelo de arroz apresentaram consumo e ganho de peso inferiores aos da testemunha. A conversão alimentar foi melhor para as aves que receberam ração contendo farelo de arroz. Em outro experimento realizado em época mais quente, o autor não encontrou diferença no desempenho para os frangos que receberam rações com farelo de arroz variando de zero a 24%.

Fialho (1991) relatou que a elevação dos níveis de inclusão do farelo de arroz de zero a 24% na ração causou maior prejuízo no desempenho dos frangos nas primeiras semanas de vida. O consumo de ração reduziu até a 3ª semana para as aves que receberam ração contendo 24% de farelo de arroz, estabilizando-se daí em diante, e o ganho de peso mostrou uma redução brusca nas duas primeiras semanas para este nível de farelo, chegando a ficar 11,3% abaixo da média geral; a partir da terceira semana houve uma recuperação do ganho de peso, chegando aos 49 dias apenas 4,8% inferior à média.

Ravindran & Blair (1991) relatam que a inclusão de até 20% de farelo de arroz proveniente de arroz parboilizado em ração para frangos não causa nenhum efeito adverso sobre o ganho de peso. Comentam ainda que o aquecimento do arroz no processamento leva à inativação de alguns fatores antinutricionais, principalmente o inibidor de tripsina e antitiamina.

Por outro lado, a redução no consumo e ganho de peso nas aves submetidas a tratamentos com 19,2% de farelo de arroz foi relatada por Souza & López (1994). Os autores concluíram que 11% de farelo arroz propiciaram os melhores resultados.

Asit et al. (2000) não observaram nenhum efeito adverso sobre o ganho de peso, consumo e conversão alimentar para a ração contendo até 15% de farelo de arroz em substituição ao milho; porém, com 20% o ganho de peso foi menor, sem mudança no consumo de ração que resultou em conversão alimentar pior.

Concluíram que o farelo de arroz pode ser incluído em até 15% na ração para frangos.

Segundo Chae et al. (2002), a inclusão de 5 e 10% farelo de arroz oxidado (com 7,6 e 16,3% de ácidos graxos livres) na fase de 1 a 21 e 22 a 42 dias, respectivamente, causou piora no ganho de peso e na conversão alimentar das aves em comparação com o farelo de arroz fresco. Observaram também redução na digestibilidade da matéria seca, energia e proteína para o farelo oxidado.

A características da carcaça e a qualidade da carne não são afetadas quando os frangos são alimentados com farelo de arroz de boa qualidade e bem conservado. Isto foi confirmado por Asit et al. (2000), que observaram que frangos alimentados com ração à base de milho com inclusão de até 20% de farelo de arroz não apresentaram alteração nas características da carcaça.

A utilização de farelo de arroz oxidado pode comprometer a qualidade da carne, conforme observado por Chae et al. (2002), que concluíram que a inclusão de 5 e 10% de farelo de arroz oxidado (com 7,6 a 16,3% de ácidos graxos livres) para a fase de 1 a 21 e 22 a 42 dias, respectivamente, causou efeitos negativos na estabilidade dos lipídeos da carne.

2.2 Digestão dos carboidratos em aves

Segundo Sklan (2001), logo após a eclosão ocorrem intensas mudanças no intestino delgado das aves. Este órgão cresce muito mais rapidamente do que o corpo todo, atingindo o máximo em 6 a 8 dias em frangos. Já outros órgãos do trato digestivo, como a moela e o pâncreas, mostram crescimento mais lento. O crescimento do intestino se verifica tanto na presença quanto na ausência de alimento; no entanto, na ausência de alimento seu crescimento é mais lento. O segmento do intestino delgado que apresenta o maior crescimento inicialmente é o duodeno.

Estas observações indicam que logo após a eclosão, as aves possuem baixa capacidade para aproveitar alimentos de baixa digestibilidade, o que decorre do incompleto desenvolvimento do seu trato digestivo.

Em aves, a digestão gástrica ocorre em dois compartimentos, no proventrículo e na moela. O proventrículo, também chamado de estômago glandular, produz o HCl e o pepsinogênio, através de células especializadas chamadas de células oxintopeptídicas.

O alimento passa continuamente pelo proventrículo e é armazenado temporariamente na moela. A moela, também denominada ventrículo ou estômago mecânico, possui uma estrutura especializada para triturar o bolo alimentar, favorecendo a digestão intestinal dos alimentos. Não há digestão de carboidratos no ventrículo devido à elevada acidez deste compartimento.

Os monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos são os principais carboidratos presentes na ração de frangos de corte.

O amido é o polissacarídeo mais importante sob o ponto de vista nutricional. A sua digestão é realizada por amilase, que catalisa a sua hidrólise, resultando em maltose e dextrinas. A dextrina é uma molécula semelhante ao amido, porém menor.

Os dissacarídeos podem ser produto da hidrólise do amido ou provenientes diretamente da ração, como é o exemplo da sacarose e da maltose, que são hidrolisados por enzimas específicas presentes na mucosa intestinal. Estas carboidrases são produzidas por células da mucosa intestinal que se localizam na borda em escova dos microvilos.

Os monossacarídeos mais importantes são a glicose e a frutose, que são absorvidos sob esta forma sem sofrer digestão.

Em aves, segundo Rostagno (1994) não ocorre amilase salivar devido à ausência de células "serosas". Assim, a digestão do amido se inicia no duodeno e se completa no intestino delgado, quando as amilases pancreáticas que

representam de 5 a 30% do suco pancreático, atacam os remanescentes das moléculas de amido, convertendo-o a maltose e glicose. A sacarose e a maltose são hidrolisadas na mucosa do intestino a glicose e frutose e, então, são absorvidas.

Em condições normais, a absorção de monossacarídeos é quase completa e ocorre no intestino delgado por mecanismos de difusão simples, dependendo do grau de concentração, e por absorção ativa, que envolve um transportador e requer a presença de Na⁺ e gasto de energia.

A digestibilidade do amido é bastante alta em animais não ruminantes, cerca de 95%, segundo comenta Bertechini (1997), embora alguns autores sugiram valores bem menores, entre 82 e 89%, segundo Soto-Salanova (1996).

Segundo Penz Jr. (1998), as variações de digestibilidade dos carboidratos são devido às diferenças entre as variedades, condições de cultivo da planta, formas diferentes de estrutura espacial dos polímeros de amido, sendo a amilopectina mais fácil de ser digerida que a amilose.

Os grãos de cereais possuem em sua composição, além do amido, que é seu principal polissacarídeo, fibras solúveis e insolúveis que compõem os polissacarídeos não-amídicos. Os polissacarídeos não-amídicos não são digeridos naturalmente pelos animais não-ruminantes, uma vez que os mesmos não produzem enzimas capazes de romper as ligações do tipo β .

A grande maioria dos ingredientes das rações não são totalmente digeridos e absorvidos pelos animais, com exceção dos aminoácidos sintéticos, que são consideradas substâncias totalmente absorvidas pelo trato digestivo dos animais.

Diferenças na digestibilidade podem ocorrer mesmo entre diferentes amostras de um mesmo ingrediente, devidas ao conteúdo de fibra, de substâncias antinutricionais, como antitripsina, lectinas, polissacarídeos não-amídicos e ácido fítico, ou ainda devido ao tratamento térmico dado ao ingrediente, além da

presença de um nutriente em forma menos digestível (Ex. amilose x amilopectina), conforme relata Penz Jr (1998).

A parte mais importante dos grãos de cereais sob o ponto de vista nutricional é o amido, que representa de 55 a 70% do peso total do grão. O amido está situado no endosperma e, juntamente com o embrião, constitui o grão. O endosperma está envolvido por várias capas de células com paredes grossas que, em conjunto, formam a aleurona, que está envolvida pelo pericarpo, estrutura protetora do grão (Figura 1).

Para que os animais não ruminantes possam utilizar o amido dos grãos na sua alimentação, devem ser rompidas as barreiras impostas pelo pericarpo e aleurona. Além disso, há uma última barreira, a própria parede celular do amido, que é facilmente rompida mecanicamente durante o processamento dos grãos.

O amido encontra-se sob duas formas: α -amilose e amilopectina. A α -amilose é formada por longas cadeias não ramificadas ligadas por ligações α 1-4 e a amilopectina é muito ramificada (24 a 30 resíduos de glicose), apresentando ligações α 1-4 no esqueleto e α 1-6 nos pontos de ramificação.

A porcentagem de amilose e amilopectina do amido é muito variável entre os alimentos e é controlada por fatores genéticos. O milho apresenta, em média, 28% de amilose e 72% de amilopectina.

O farelo de soja é um ingrediente tradicional em rações avícolas e, surpreendentemente, não é tão bem utilizado como se pensava. A energia metabolizável aparente do farelo de soja é bastante baixa em relação à sua energia bruta, principalmente devido à rafinose e a celobiose que estão presentes na sua constituição.

O farelo de soja obtido da extração do óleo com etanol, em vez de hexano, não apresenta estes polissacarídeos não-amídicos, tendo energia metabolizável equivalente ao milho (Leeson, 1999).

A soja contém em torno de 0,5 a 1,5% de rafinose e 3,5 a 5,5% de estaquirosa, conforme relatam Brenes et al. (1996). Os autores relatam que estes oligossacarídeos que não podem ser metabolizados pelas aves e produzem flatulência levando a um baixo valor de energia metabolizável verdadeira. A adição de α -galactosidases melhora a energia metabolizável verdadeira da soja para aves em torno de 9%, resultado de pouca aplicação prática.

2.3 Fatores antinutricionais na alimentação de aves

Cada um dos ingredientes da ração contém quantidades variáveis de fatores antinutricionais. Sua concentração na ração final é mínima se o ingrediente que o contém é incluído em pequenas quantidades. Porém, em rações que são compostas de apenas um ou dois ingredientes, um ingrediente pode alcançar facilmente uma taxa de inclusão superior a 50% e, assim, a ração pode conter elevados níveis de fatores antinutricionais, dependendo do ingrediente que foi utilizado.

Isto ocorre muitas vezes quando a formulação de ração é voltada principalmente para fornecer alimento com uma densidade de nutrientes para se alcançar alto desempenho do animal e ao mesmo tempo manter custos mínimos.

Formulação de ração a custo mínimo é não levar em conta a concentração de fatores antinutricionais na ração devido à natureza econômica atrativa de grãos e farelos, como também devido à variação natural no conteúdo de fatores antinutricionais na matéria prima. As propriedades dos fatores antinutricionais dependem do antinutriente em questão e da sua concentração na formulação final da ração.

Por definição, fatores antinutricionais são aqueles gerados em alimentos *in natura* pelo metabolismo normal da espécie da qual o material se origina e por mecanismos diferentes (decomposição ou inativação de alguns nutrientes,

diminuição da utilização digestiva ou metabólica do alimento) os quais exercem efeitos contrários à nutrição adequada.

Fatores antinutricionais normalmente não são tóxicos para os animais, mas sua presença no alimento resulta em crescimento reduzido, conversão alimentar ruim, alterações hormonais e esporádicas lesões nos órgãos. As propriedades físico-químicas e o modo de ação para a maioria dos fatores antinutricionais são conhecidos. Com base neste conhecimento, procuram-se meios para reduzir e/ou eliminar estes fatores antinutricionais, o que irá afetar o desempenho dos animais.

Além dos tratamentos durante o processamento da matéria-prima, as enzimas atuam na eliminação de efeitos negativos de fatores antinutricionais. A suplementação de enzimas exógenas na ração pode simplesmente ajudar o sistema enzimático endógeno (amilase, lipase) ou fornecer enzimas que não estão presentes no sistema digestivo do animal (por exemplo, fitase e xilanase).

Segundo Carvalho (1998), no farelo de arroz podem ser encontrados diversos fatores antinutricionais. Entre eles o autor cita o inibidor de tripsina, inibidor de alfa-amilase, inibidor de pepsina, hemaglutinina, fator antitiamínico, taninos e fitato e ressalta que alguns desses fatores antinutricionais possuem baixa atividade e podem ser diminuídos ou inativados pelo tratamento térmico.

2.3.1 Polissacarídeos não-amídicos

Polissacarídeos consistem em polímeros de macromoléculas complexas de açúcares simples ou monossacarídeos. Os açúcares são unidos por uma ligação específica chamada ligação glicosídica, que é formada entre o grupo hemiacetal de um açúcar e o grupo hidroxila do outro.

São possíveis 5 ligações glicosídicas para as hexoses e 4 para as pentoses. Estas ligações são identificadas pela referência ao átomo de carbono

de cada açúcar que está envolvido na ligação e à orientação do átomo de oxigênio do hemiacetal (α ou β).

O amido é o polissacarídeo mais importante para alimentação dos animais não-ruminantes. Entretanto, os cereais também possuem, na sua composição, os polissacarídeos não-amídicos, que existem em várias formas na natureza e compõem a parede celular das plantas, os quais devido à natureza de suas ligações são resistentes à hidrólise no trato gastrointestinal dos animais não ruminantes.

Somente as ligações α -(1-4) e α -(1-6) do amido, α -(1-2) entre a glicose e frutose da sacarose, β -(1-4) entre a glicose e galactose da lactose e α -(1-1) entre as unidades de glicose da trealose podem ser clivadas por enzimas endógenas de mamíferos não-ruminantes e aves. Todas as outras ligações glicosídicas são resistentes às enzimas digestivas, mas podem ser clivadas por enzimas derivadas de microorganismos (Smits & Annison, 1996).

Celulose, β -glucanos e pentosanos (arabinoxilanos) são exemplos de polissacarídeos não-amídicos. A presença destes componentes reduz a energia disponível para os animais não ruminantes e interfere na utilização de outros nutrientes.

A celulose é um polímero linear de glicose, com ligações β 1-4. O nome hemicelulose foi proposto para designar os polissacarídeos extraídos de plantas com solução alcalina.

Arabinoxilanos são formados por cadeia de xilose com ligação β 1-4 e cadeia lateral de arabinose com ligações β 1-3. As ramificações lhe conferem a solubilidade (Figura 2 e 4).

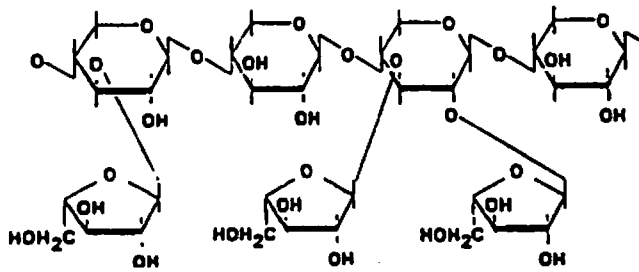


FIGURA 2. Arabinoxilano - Principal polissacarídeo não amídico solúvel do centeio, trigo e farelo de arroz.

Os β - glucanos são polímeros lineares de glicose com ligações β 1-4 e 1-3, que rompem a linearidade da molécula, impedindo a formação de fibrilas (Figura 3 e 4).

D-mananos são polímeros formados por manose em ligações β 1-4. Os galactomanos são polímeros formados por glicose e manose, em ligações β 1-4, sendo duas de glicose para uma de manose.

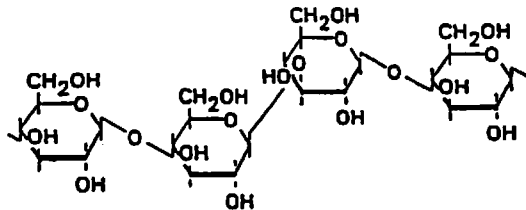


FIGURA 3. β (1-3), β (1-4)-D-Glucano - Principal polissacarídeo não amídico solúvel da cevada.

Xiloglucanos são formados por glicose com ligações β 1-4 e cadeia lateral de xilose com ligação β 1-3.

A pectina é composta por arabinose, galactose e ácido galactourônico.

Os galactosídeos como a rafinose são formados por galactose e sacarose, com ligação α 1-6 entre galactose e glicose e α 1-4 entre glicose e frutose.

A lignina não é um polissacarídeo, mas sim um polímero de unidades de fenilpropano oxigenado, e devido aos seus baixos níveis em ingredientes e à sua incrustação com os carboidratos estruturais, é incluída como polissacarídeo não-amídico.

Dependendo da solubilidade dos seus constituintes, as fibras são classificadas em solúveis e insolúveis. As fibras insolúveis são a celulose, a lignina e algumas hemiceluloses.

As fibras solúveis são as pectinas, gomas e a maioria das hemiceluloses. A hemicelulose é constituída por arabinoxilanos, β -glucanos, D-xilanos, D-mananos e xiloglucanos, entre outros.

Existe uma grande variedade de estruturas químicas e diferenças nas propriedades físicas dos polissacarídeos não-amídicos. Smits & Annison (1996) enfatizam que geralmente estes polissacarídeos não ocorrem isolados nos alimentos para animais. Alguns polissacarídeos não-amídicos bloqueiam os nutrientes no lúmen da célula, o que é chamado de "efeito prisão".

A maioria dos polissacarídeos não-amídicos são parte da parede celular das células e são fortemente associados com outros polissacarídeos e materiais não carboidratos como as proteínas e a lignina. Estas associações são importantes, pois, provavelmente irão influenciar a maneira como estes polissacarídeos se comportam após a ingestão.

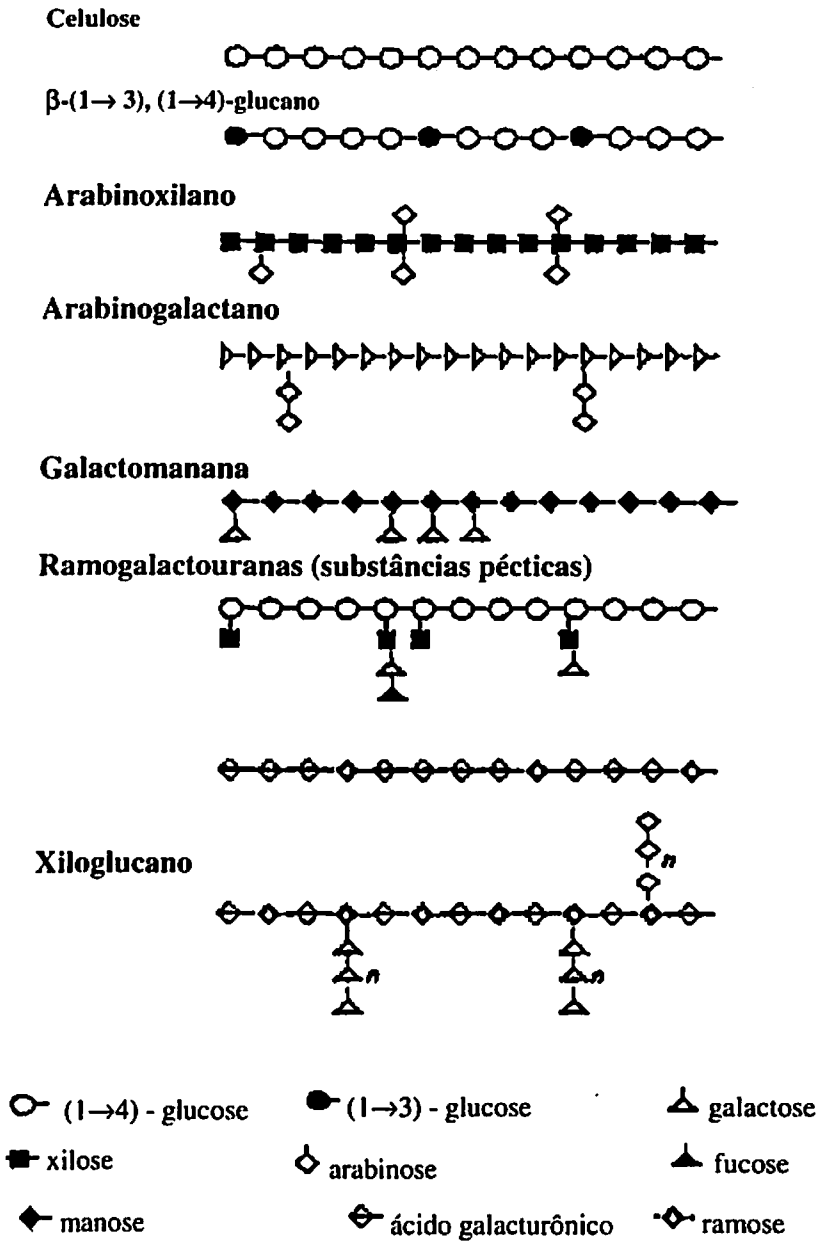


FIGURA 4. Estrutura de polissacarídeos normalmente encontrados em ingredientes para ração de origem vegetal, segundo Smits e Annison (1996).

A solubilidade dos polissacarídeos não-amídicos não é determinada somente pela sua estrutura primária, mas também depende de como são ligados a outros componentes da parede celular (Smits & Annison, 1996). Os autores explicam que as paredes celulares das plantas são altamente organizadas. Seus componentes podem ser arranjados em uma estrutura de polissacarídeo fibrilar (principalmente a celulose), matriz de polissacarídeos (principalmente a hemicelulose e pectina) e substâncias encrustadas (principalmente a lignina).

Muitos polissacarídeos, quando dissolvidos em água, tornam a solução viscosa. Esta viscosidade depende de muitos fatores, incluindo o tamanho da molécula, se é ramificada ou linear, da presença de grupos carregados, estruturas que a cercam e, é claro a sua concentração (Smits & Annison, 1996).

Smits & Annison (1996) explicam que devido à interação entre os polissacarídeos na solução aquosa ocorre a formação de um emaranhado em rede, processo que pode causar grande elevação na viscosidade, dependente da zona de junção das moléculas. De acordo com Bedford (1996), as soluções viscosas agregadas em grandes redes ou estruturas de malha são resultados da união de vários polímeros grandes.

Acamovic (2001) relata que está bem demonstrado e documentado que a elevação da viscosidade de soluções leva a um decréscimo no coeficiente de difusão de outros solutos e que a elevação da massa relativa de uma série homóloga de polímeros eleva viscosidade de sua solução.

A capacidade de formação de redes em solução aquosa e a capacidade de retenção de água dos polissacarídeos não-amídicos solúveis é alta em relação aos polissacarídeos não-amídicos insolúveis. Isto explica porque fibras insolúveis como a celulose e xilanos podem reter água, comportando-se como esponjas, mas a sua viscosidade é relativamente baixa.

Conforme Chesson (2001), a mistura das ligações (1→3, 1→4) de β-glucanos possui uma estrutura linear consistente que é essencialmente

independente da sua origem botânica. Em contraste, polissacarídeos ramificados como os arabinoxilanos possuem estrutura consideravelmente variada mesmo dentro da mesma planta dependendo da localização e estágio de maturação.

Segundo Francesch (1996), os β -glucanos, uma vez hidrolisados totalmente, resultam em glicose, que é rapidamente absorvida pelas aves. Os pentosanos como a arabinose e xilose são pouco digestíveis, e quando absorvidos são excretados na sua maioria pela urina.

Segundo Borges (1997), os β -glucanos constituem a maior parte dos polissacarídeos não-amídicos na aveia e na cevada, enquanto os arabinoxilanos predominam no trigo e centeio. Bedford (1996) comenta que o arabinoxilano que aparece em maior proporção entre os polissacarídeos não-amídicos é constituído por unidades de D-xilose e arabinose.

O farelo de arroz apresenta em média 25% de polissacarídeos não-amídicos totais (parede celular), com predominância dos arabinoxilanos, que são responsáveis por sensível redução na sua energia metabolizável (Adrizal, 1996). Para Cantor (1995), a presença de 25% de polissacarídeos não-amídicos no farelo de arroz pode constituir um importante fator antinutritivo que dificulta a sua utilização na alimentação de aves.

O farelo de soja tem, em sua constituição, 30,3% de polissacarídeos não-amídicos, em que predominam os polímeros complexos. O milho apresenta apenas 8,10% de polissacarídeos não-amídicos, com predominância de arabinoxilanos.

Malathi & Devegowda (2001), em análise de ingredientes para ração, encontraram para o milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado, respectivamente, 5,35; 4,21 e 10,65% de pentosanos totais (arabinoxilanos), 3,12; 5,75 e 15,20% de celulose, 1; 6,16 e 7,25% de pectina e 9,32; 29,02 e 59,97 de polissacarídeos não amidos totais.

Bedford (1996) explica que um dos problemas da baixa digestibilidade da parede celular não é a celulose, mas sim as incrustações de polissacarídeos não-amídicos ali depositados.

Como os polissacarídeos não-amídicos não são digeridos por animais não-ruminantes e são fermentados pela microflora intestinal produzindo ácidos graxos voláteis, foram considerados de pouca importância para a nutrição de aves. Entretanto, há atualmente evidências de que os polissacarídeos não-amídicos possuem uma ação antinutritiva, por isso, hoje se buscam meios de eliminar ou reduzir estes polímeros que, de alguma maneira, encapsulam os componentes nutricionais digestíveis.

Dusel et al. (1998) relatam que há relação entre polissacarídeos não-amídicos e a viscosidade do extrato de rações à base de trigo, e que estas estão correlacionadas com a viscosidade da digesta dos frangos.

Smits & Annison (1996) relatam que os principais efeitos da capacidade de retenção de água dos polissacarídeos não-amídicos insolúveis são a habilidade de aumentar o tamanho do quimo alimentar e aumentar a taxa de passagem da digesta pelo intestino delgado e grosso. Estas propriedades são afetadas pela estrutura, tamanho da partícula e fermentabilidade.

Os polissacarídeos não-amídicos insolúveis possuem propriedades físico-químicas no trato gastrointestinal que são capazes de acelerar a taxa de passagem da digesta e decrescer a atividade bacteriana intestinal. A extensão desses efeitos em frangos de corte ainda é largamente desconhecida, conforme relatam Smits & Annison (1996).

Segundo Zanella (1998), alimentos com viscosidade inferior a 10 centipoises (cPs) são considerados de baixa viscosidade, como é o caso do milho, sorgo e soja. Já aquelas matérias prima com viscosidade superior a 10 cPs são consideradas de alta viscosidade, entre as quais pode-se citar a cevada, centeio, trigo, triticale e farelo de arroz.

Borges (1997) relata que os polissacarídeos não-amídicos nos grãos apresentam três efeitos negativos sobre o valor nutricional teórico da ração: (1) encerram os nutrientes que se encontram no interior das células e impedem o acesso das enzimas endógenas, necessárias a sua degradação; (2) provocam a formação de gel que dificulta a digestão e reduz a absorção dos nutrientes; (3) aumentam muito a viscosidade do bolo alimentar, diminuindo a velocidade de trânsito da digesta pelo intestino, conseqüentemente exercendo um efeito negativo sobre o consumo de alimento.

Bedford & Morgan (1996) relatam que o efeito antinutritivo dos arabinoxilanos é atribuído ao impedimento do acesso das enzimas endógenas aos nutrientes da fração da parede celular e devido à dissolução de parte das mesmas no intestino delgado, elevando a viscosidade da solução, deprimindo a taxa de passagem e aumentando a flora microbiana no intestino delgado. Ressaltam que esses dois mecanismos não necessariamente são independentes, mas a preponderância de um ou outro possui conseqüências significativas sobre as características da enzima que está sendo buscada.

O aumento da viscosidade da digesta reduz a assimilação de nutrientes no intestino por causa da interação entre os pentosanos e as enzimas endógenas, promovendo um complexo que diminui a atividade destas enzimas (Nahas & Lefrançois, 2001).

Allen et al. (1996) verificaram que a viscosidade da digesta foi de 7,5 cPs para frangos com 28 dias alimentados com ração contendo 65% de trigo e foi elevada para 16,6 e 25,9 cPs quando a inclusão do trigo passou para 75,2 e 80%, respectivamente.

De acordo com Cantor (1995), existe uma relação direta entre a porcentagem de polissacarídeos não-amídicos da ração e a viscosidade da digesta intestinal e desta com o desempenho das aves, ou seja, quanto maior a viscosidade, pior o desempenho.

Segundo Smits & Annison (1996), o aumento da viscosidade intestinal da digesta reduz a absorção dos nutrientes devido à formação de gel, que dificulta a ação das enzimas digestivas e a difusão de todas as substâncias relacionadas com a digestão e absorção. A formação de gel também diminui o trânsito da digesta pelo intestino, exercendo um efeito negativo sobre o consumo de ração. Ocorre também redução na emulsificação das gorduras e conseqüente redução na sua absorção. A camada de água adjacente à mucosa intestinal é aumentada, prejudicando o contato dos nutrientes com as vilosidades, reduzindo sua absorção.

Segundo Bedford (1996), o aumento da viscosidade intestinal resulta em uma considerável redução na taxa de crescimento, piora na conversão alimentar e queda na energia metabolizável da ração. A redução na taxa de digestão não é o único problema gerado pelo aumento da viscosidade. Apesar do aumento da motilidade intestinal que se observa em animais alimentados com alta porcentagem de polissacarídeos não-amídicos, isto não se traduz numa maior velocidade de passagem do alimento.

À medida que aumenta a viscosidade intestinal, diminui a difusão de enzimas, o que leva a um aumento na liberação de enzimas endógenas para compensar estas deficiências digestivas, porém esta capacidade é limitada, especialmente em animais novos. Annison & Choct (1991) relatam que a secreção endógena de água, proteínas, eletrólitos e lipídeos pode ser aumentada marcadamente quando a ração contém polissacarídeos não-amídicos, o que eleva os custos metabólicos.

Fialho (1991) comenta que devido ao maior teor de fibra e à menor densidade do farelo de arroz ocorre aumento do teor de fibra e no volume da ração; e devido à menor densidade e à capacidade da fibra de reter mais água dentro do trato digestivo, aumenta o volume da digesta, podendo causar restrição no consumo e aumento na velocidade de passagem pelo trato digestivo.

Aumento da velocidade de passagem da digesta em frangos de corte alimentados com níveis crescentes de farelo de arroz foi constatado por Alvarez & Sans (1984).

O trânsito restringido do alimento no trato e o aumento da quantidade de material não digerido no intestino delgado distal maior ajuda as bactérias a se multiplicarem e migrar para setores mais altos do intestino delgado (Francesch, 1996). Choct et al. (1996) comentam que a elevação da viscosidade da digesta promove a proliferação bacteriana em detrimento da eficiência digestiva global e saúde das aves.

Considerando que a microflora intestinal também utiliza amido e proteínas da digesta, esta ação se transforma em uma competição indesejada por nutrientes, agravando ainda mais o problema nutricional.

Algumas bactérias intestinais secretam enzimas que degradam os ácidos biliares, o que dificulta a digestão de lipídeos. Os ácidos biliares são essenciais para a formação de micelas para digestão dos ácidos graxos e ativação das lípases. Como consequência, animais não-ruminantes alimentados à base de rações com polissacarídeos não-amídicos são mais propensos a apresentar deficiências de vitaminas lipossolúveis, posto que estas são absorvidas juntamente com os quilomícrons (Francesch, 1996).

Segundo Brenes et al. (1996), a digestão de proteínas pode ser prejudicada devido à degradação dos ácidos biliares pelas bactérias, já que estes são responsáveis pela estabilidade das proteases pancreáticas.

Há relatos de que existe uma interação significativa entre a suplementação enzimática e de antibióticos na ração com elevados teores de polissacarídeos não-amídicos. Smits & Annison (1996) citam que em frangos alimentados com ração à base de cevada foi verificada uma melhora significativa no ganho de peso e conversão alimentar para ração com enzimas e

sem antibióticos. Para a ração com antibióticos, não houve efeito para suplementação enzimática.

A maioria dos trabalhos de literatura não permitem um consenso a respeito do efeito de alimentos com elevado teor de fibras sobre a velocidade de passagem no trato digestivo. Alguns relatam aumento na taxa¹ de passagem, outros, contrariamente, relatam aumento na velocidade do trânsito intestinal. Esta variação nas respostas provavelmente se deve à fração de fibras solúveis e insolúveis presentes no alimento estudado.

De qualquer maneira, tanto a passagem lenta ou muito rápida dos alimentos pelo trato digestivo prejudica a digestibilidade e a absorção de nutrientes, o que obviamente resulta em uma piora no desempenho.

Vários autores têm sugerido que as fibras podem interferir na utilização de minerais nos animais. Kelsay (1978) mostrou uma diminuição dos níveis séricos de cálcio e ferro com a ingestão de altos teores de fibras. Torin (1991) cita que a suplementação da ração com hemicelulose incrementou significativamente a excreção fecal de cobre, zinco e magnésio. Isto seria devido a um possível aumento na taxa de passagem dos alimentos no trato digestivo, o que provocaria uma perda considerável de mucosa e secreções da parede do intestino, que contém minerais, e também uma possibilidade de que o íon metal possa ser retido nos poros de um gel de polissacarídeos.

Torin (1991) comenta que a diminuição da disponibilidade de minerais pode estar associada em grande parte à presença de fibra, com efeito, inclusive, tão importante quanto a presença de ácido fítico.

Smits & Annison (1996) relatam que a absorção de nutrientes pode ser afetada pelo aumento na taxa de proliferação de enterócitos e mudança na morfologia dos vilos e microvilos em decorrência da presença de polissacarídeos não-amídicos na ração.

Devido à presença polissacarídeos não-amídicos pode ocorrer um espessamento da camada de água adjacente às paredes intestinais e indução a uma maior produção de muco aumentando o volume do fluido mucosal e a sua capacidade de aderência, dificultando a absorção nutrientes através da parede intestinal. Isto pode levar a uma maior adesão de bactérias à superfície da mucosa intestinal. A adesão das bactérias a células epiteliais é presumidamente importante na origem de doenças bacterianas (Smits & Annison, 1996).

Yin et al. (2000) observaram correlações negativas entre o conteúdo de polissacarídeos não-amídicos e digestibilidade ileal aparente da matéria seca, energia, proteína bruta e aminoácidos para suínos alimentados com ração à base de trigo e subprodutos de trigo. Verificaram também que os polissacarídeos não-amídicos contribuíram para a elevação da perda ileal de nitrogênio endógeno e ácidos graxos voláteis. A proporção de matéria seca que fermentou no intestino grosso também foi aumentada.

A viscosidade elevada do bolo alimentar de aves aumenta a quantidade de fezes úmidas, podendo, assim, dificultar a manutenção da cama em condições adequadas, gerando problemas de manejo, além de comprometer a digestibilidade da ração.

A magnitude dos efeitos dos polissacarídeos não-amídicos presentes na ração de frangos de corte é dependente de fatores relacionados ao animal e à ração. Os fatores do animal estão relacionados a idade, status sanitário e microbiano, e fatores da ração são a quantidade de polissacarídeos não-amídicos e a concentração dietética de outros componentes como gordura, aminoácidos, vitaminas e minerais.

2.3.2 Ácido fítico

Já é bem conhecido que quantidades consideráveis de alguns nutrientes na ração não são utilizados e não são absorvidos pelas aves. Entre outros fatores,

a disponibilidade de nutrientes pode ser influenciada pela formação de complexos naturais de agentes antinutrientes. Este é particularmente o caso de cereais, sementes de oleaginosas que contêm ácido fítico, um complexo orgânico de armazenagem de fósforo nas plantas.

O ácido fítico ou hexafosfato de mio-inositol é encontrado somente nos vegetais, e sua presença no trato digestivo de animais não ruminantes interfere na absorção de fósforo, cálcio, zinco, ferro e outros elementos.

Os sais de ácido fítico são denominados fitinas, e o fitato representa do mono ao dodeca-ânion do ácido fítico. Entretanto, tanto ácido fítico como fitato são comumente chamados de fitatos.

O conteúdo de fitato nas matérias-primas usadas freqüentemente na alimentação de aves é muito variável, principalmente quando se utilizam alimentos alternativos.

O fitato constitui cerca de 1 a 2% em peso de grãos integrais em geral, apesar de concentrações de 3 a 6% serem encontrados em alguns produtos como o farelo de colza e a farinha de algodão. No grão de arroz o ácido fítico é encontrado principalmente no pericarpo, que origina o farelo de arroz. O teor de fitato no farelo de arroz, encontrado por Torin (1991), foi de 6,25% do peso total do farelo, enquanto Nelson et al. (1968) citam valores entre 5,1 a 8,6%.

A quantidade de fitato é variável entre as espécies vegetais e também dentro da mesma espécie, pois é dependente da quantidade de fósforo que o solo possui, o qual a planta absorve e armazena, complexando-o com o inositol para formar o ácido fítico.

A disponibilidade do fósforo vegetal para as aves depende do teor de ácido fítico presente e, segundo o NRC (1994), em média apenas 30% do fósforo de origem vegetal é disponível. Segundo Rostagno (1998) a porcentagem de fósforo fítico pode variar de 45 a 86% do total de fósforo do alimento.


Os animais não-ruminantes não possuem a enzima fitase que hidrolisa os grupos ortofosfato da molécula do fitato. Assim, considera-se que todo o fósforo ligado à molécula de fitato seja indisponível, embora haja citações de que tais animais produzem pequena quantidade de fitase e que uma pequena quantidade de fósforo fítico possa ser hidrolisado.

Atualmente, acredita-se que as propriedades de formação de complexos do fitato vão muito além de apenas limitar a utilização do fósforo e a disponibilidade de outros minerais. Do mesmo modo que os minerais, fitatos são capazes de formar complexos com proteínas, aminoácidos ou enzimas endógenas. A interação entre fitatos e proteínas aparentemente se dá por uma ligação iônica, a qual depende das condições de pH do meio.

Com pH baixo, o fitato forma ligações eletrostáticas com resíduos básicos como a arginina, lisina e histidina, resultando num complexo insolúvel. Quando o pH se aproxima do ponto isoelétrico, a carga da proteína é neutra e ela não irá se ligar ao fitato. Sob condições básicas, o fitato forma complexo com proteína na presença de cátions divalentes. Estes cátions (Ca, Mg, Zn) agem como uma ponte entre o grupo carboxila carregado negativamente e o fitato.

Estudos *in vitro* demonstraram que complexos fitato-proteína são insolúveis e o acesso de enzimas proteolíticas é mais difícil do que em proteínas sem fitato.

Até há poucos anos atrás, o fitato não tinha muita relevância na formulação de rações para aves. No entanto, a presença de complexos fitato-proteína pode ter uma influência negativa na digestibilidade e absorção de proteínas e aminoácidos. A importância deste efeito depende da propriedade e configuração do complexo, o qual pode variar com a fonte de proteína. Vários estudos demonstraram que proteínas da soja, milho, trigo, semente de colza, farelo de girassol ou de arroz formam complexos com fitatos (Ravindran et al., 1999 b).



Os fitatos também são conhecidos por inibir várias enzimas digestivas endógenas como pepsina, amilase ou tripsina. Estes efeitos são devidos provavelmente à natureza inespecífica dos complexos fitato-proteína ou a uma inibição devida ao efeito quelante sobre os íons de cálcio que são necessários para a atividade destas enzimas endógenas.

Resultados de trabalhos recentes demonstraram a formação de complexos fitato-proteína no intestino e uma interação entre aminoácidos livres e fitatos. Um experimento *in vitro* de Jongbloed et al. (1997) indicou que complexos fitato-proteína são formados no intestino após a ingestão de alimentos, num pH de dois a três. Também foi mostrado por Rutherford et al. (1997) que o fitato forma complexos com aminoácidos livres suplementados na ração.

Siener et al. (2001) investigaram as ligações de cálcio de diferentes farelos sob pH, simulando condição gastrointestinal para explorar o significado da fibra dietética, oxalato e fitato na fixação do cálcio. Farelos de arroz, centeio, soja, trigo fino, trigo grosso e aveia foram incubados em solução de CaCl_2 com ^{45}Ca a 37°C e pH 2,2 (gástrico), seguido por elevação do pH de 3 a 8, variando de 1 em 1. A capacidade de complexação do cálcio pelos farelos mostraram uma clara dependência do pH. Em pH gástrico, a complexação era baixa para todos os farelos, variando de 0,022 a 0,040 mmol de cálcio/g de farelo. Em todos os farelos, exceto de soja, a capacidade de ligação com o cálcio aumentou fortemente com pH crescente nos farelos. O farelo de arroz apresenta capacidade maior que os demais na ligação com o cálcio. Os autores concluíram que o fitato do farelo de arroz responde por 70 a 82% da capacidade de ligação com o cálcio.

Ravindran et al. (1999b), estudaram a influência de conteúdo de fitato na digestibilidade ileal de aminoácidos. Com o aumento do nível de fitatos, a digestibilidade ileal dos aminoácidos foi reduzida de 81,5 % para 79,3 %.

Todo o fósforo que não é absorvido pelo animal é excretado nas fezes e esta excreção pode causar sérios danos ao meio ambiente. Em algumas regiões, a

quantidade de fósforo excretado nas fezes, que geralmente são utilizadas na adubação do solo, muitas vezes excede as necessidades das plantas, ocorrendo acúmulo deste mineral no solo. Uma parte deste fósforo pode ser convertida em formas insolúveis em água, aderindo-se às partículas do solo, tornando-se, assim, um contaminante em potencial de rios, lagos, córregos e, finalmente, atingir os lençóis freáticos de água.

2.4 Enzimas

As enzimas são proteínas naturais produzidas por organismos vivos, de grande complexidade e altamente especializadas. Estes catalisadores biológicos estão envolvidos na regulação e aceleração das reações químicas e apresentam grande capacidade catalítica, com isso, pequenas quantidades conseguem aumentar muito a velocidade de reações químicas, não sendo destruídas no processo e nem se tornando parte do produto formado. São classificadas com base nas reações que catalisam. Algumas são proteínas simples; outras são proteínas conjugadas e contêm grupos prostéticos constituídos por íons metálicos, por coenzimas ou por ambos (Lehninger et al., 1995).

Na sua grande maioria, as enzimas encontram-se no interior das células, sendo que as enzimas digestivas são produzidas por células especializadas dos órgãos associados ao sistema digestivo, sendo liberadas no interior do sistema digestivo, onde degradam os alimentos ingeridos, preparando-os para a absorção e metabolismo.

Cada enzima normalmente catalisa um pequeno número de reações, freqüentemente apenas uma, e são substratos dependentes, isto é, a secreção da enzima é ativada pela presença do substrato. Existem enzimas que não são secretadas mesmo com a presença de substratos, como, por exemplo, a celulase, hemicelulase, β -glucanase, xilanase, galactosidase e fitase entre outras. Estas

enzimas não são secretadas porque o código genético de não ruminantes não possui indicação para sua síntese.

As enzimas oferecidas aos animais na ração são chamadas de enzimas exógenas, sendo que sua ação é semelhante à ação das enzimas endógenas, que são sintetizadas pelos animais. A ação catalítica das enzimas depende de sua estabilidade e qualquer alteração de sua estrutura levará a perda da ação catalítica.

A estrutura molecular da enzima é bastante frágil e, conseqüentemente, pode ser desnaturada por calor, ácidos, álcalis, metais pesados e outros agentes oxidantes, pressão e proteases (Graham & Inborr, 1993). Outros fatores como os inibidores protéicos e umidade também podem afetar as características tridimensionais das enzimas, comprometendo suas atividades catalíticas (Borges, 1997).

Segundo Bedford & Schulze (1998), mundialmente as enzimas em uso comercial, em ordem decrescente de valor comercial são as xilanases, fitase e β -glucanases.

Muitos alimentos usados em rações para não-ruminantes contêm quantidades significantes de fatores de antinutricionais que limitam o seu valor nutricional. Quase todas as enzimas exógenas que são atualmente usadas apresentam variados graus de eficiência, permitindo a utilização mais econômica de matérias-prima.

Porém, a resposta animal para a utilização da xilanase, β -glucanase e fitase depende de fatores que afetam a resposta obtida. Estes fatores estão relacionados à fonte da enzima, variedade e ambiente em que os ingredientes foram produzidos, armazenagem e processamento do alimento, idade do animal, interação com outros ingredientes dietéticos e estado de saúde.

Normalmente os maiores benefícios das enzimas são obtidos para alimentos com maior teor de fatores antinutricionais e para os animais mais

jovens. Na nutrição de aves, os substratos mais importantes que requerem a adição de enzimas exógenas para melhorar o seu aproveitamento são os polissacarídeos não-amídicos e o fitato.

As enzimas devem ser capazes de suportar as variações de pH ao longo do sistema digestivo do animal. Segundo Chesson (1987), no caso das aves, o baixo pH no proventrículo e na moela, que varia de 0,5 a 5,5, poderia levar à inativação da enzima. No entanto, a rápida passagem da digesta nestes compartimentos não chega a provocar a desnaturação enzimática.

Segundo Classen (1996) as enzimas exógenas adicionadas às rações de animais visam quatro objetivos distintos: remoção ou hidrólise de fatores antinutricionais; aumento da digestibilidade dos nutrientes existentes; suplementação das enzimas endógenas, tais como para animais jovens; e hidrólise de polissacarídeos não-amídicos.

Tendo em vista a especificidade das enzimas, o uso de uma enzima isoladamente torna-se incapaz de produzir o máximo benefício; por isso, misturas de enzimas ou sistemas multienzimáticos são mais efetivos, principalmente sobre os polissacarídeos não-amídicos.

Na prática, um pequeno número de enzimas conhecidas pode ser utilizado em aplicações técnicas. Até recentemente, as principais limitações para o maior uso das enzimas eram a disponibilidade limitada, o alto custo, a estabilidade operacional e a necessidade de coenzimas. Este quadro poderá se alterar bastante em breve, pois a tecnologia de produção de enzimas em grandes quantidades e de maior estabilidade está avançando bastante, o que tem tornado os seus custos mais baixos e sua eficiência, maior.

A utilização crescente de enzimas, com isso intensificando a escala de produção, também permite a redução de seus custos. Também a necessidade de utilização de alimentos alternativos e o maior rigor da legislação de proteção ambiental deverão influir decisivamente para o aumento na demanda por

aditivos alimentares capazes de melhorar o desempenho e minimizar o impacto poluidor da atividade avícola sobre o meio ambiente.

2.4.1 Enzimas na nutrição de aves

Uma possibilidade para se aumentar a eficácia da produção animal é o uso de enzimas na alimentação dos animais domésticos. Até hoje, somente uma fração dos componentes da alimentação é suplementada com enzimas. Esta situação poderá mudar rapidamente, assim que o desenvolvimento de novas enzimas alimentares ou novas formas de aplicação para estes produtos progredirem.

A biotecnologia moderna representa uma possibilidade de produção de enzimas específicas para certas áreas de aplicação, em grandes quantidades e a custos mais reduzidos, tornando a sua utilização mais vantajosa sob o ponto de vista do custo benefício.

Acamovic (2001) relata que a suplementação de rações para aves com enzimas exógenas é amplamente usada na tentativa de melhorar a utilização dos nutrientes, a saúde e o bem estar das aves e a qualidade dos produtos e para reduzir a poluição ambiental, bem como aumentar as possibilidades de escolha de ingredientes aceitáveis para inclusão na ração. Segundo o autor, consideráveis avanços foram feitos durante a última década na manufatura, atividade, qualidade, especificidade e termoestabilidade das enzimas suplementares para aves.

As enzimas usadas nas rações avícolas podem melhorar a digestão e absorção de ingredientes convencionais, reduzir os efeitos antinutricionais ou fornecer à ave uma nova capacidade de digerir certos componentes da ração (Leeson, 1999).

O uso de enzimas na criação de animais é mais uma tecnologia à disposição dos criadores, na busca da melhoria de resultados técnicos e

econômicos. Além disso, torna a atividade menos agressiva ao meio ambiente, reduzindo a carga de poluentes lançados ao solo e mananciais de água, o que, atualmente já vem sendo observado pela sociedade e provavelmente não mais será tolerado no futuro próximo.

A utilização de enzimas exógenas foi investigada e usada crescentemente durante a década passada como meio de aumentar a eficiência de produção e a efetividade de utilização de nutrientes. Tem sido demonstrado que a utilização de enzimas freqüentemente trás efeitos benéficos. Segundo Acamovic (2001), a extensão dos benefícios depende de uma série de fatores, como a natureza dos componentes da ração, o processamento ou não dos ingredientes e se as enzimas apropriadas foram incluídas para os substratos presentes na ração. O uso e a eficácia da utilização de enzimas em rações para aves está infalivelmente ligado à forma da ração, seus ingredientes e o tratamento ao qual a ração foi submetida.

A suplementação da ração com enzimas pode reduzir os fatores antinutricionais e a variação no desempenho das aves. Não deve, porém, ser assumido que a suplementação enzimática resolverá todos os problemas associados com os fatores antinutricionais da ração (Farrel & Martin, 1998).

Zhang et al. (2001) relatam que os pesquisadores em nutrição têm concentrado as avaliações e recomendações do uso de alimentos alternativos e enzimas em critérios biológicos em vez de critérios econômicos. Os autores citam que normalmente o melhor ganho de peso ou a melhor conversão alimentar são utilizados para avaliar a resposta por unidade de enzima adicionada à ração. Porém, esse máximo ou mínimo raramente tem sido utilizado para estimar a contribuição ótima ou a produção mais lucrativa. Os mesmos autores comentam que somente a utilização de equações de predição podem estimar acuradamente os valores de máximo ou mínimo de produção física.

A utilização dos conhecimentos de nutrição, em combinação com a tecnologia computacional e métodos de modelagem, pode ser uma ferramenta útil para tomadas de decisões de nutricionistas em relação à utilização de enzimas e alimentos alternativos, pois a avaliação de diferentes preparações enzimáticas e alimentos deve ser baseada em sua produção, que determina o máximo retorno econômico que pode ser obtido com a quantidade de alimentos e enzimas incluídas, e em sua análise, considerando o preço dos ingredientes e o retorno econômico (Zhang et al., 2001).

2.4.1.1 Fitase na nutrição de aves

Mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase (EC 3.1.3.8) é o nome sistemático da fitase. A fitase é produzida por muitos fungos, bactérias e leveduras e catalisa a clivagem hidrolítica dos ésteres de ácido fosfórico do inositol, liberando fósforo, que pode, então, ser absorvido pelas aves. Assim, outros minerais e aminoácidos que também estão ligados ao complexo podem tornar-se disponíveis para absorção.

A fitase tem sido usada com sucesso nas rações de aves para liberar parte do fósforo, cálcio e outros minerais complexados na forma de fitato. Também já há vários relatos de pesquisa que mostram que a fitase pode melhorar a digestão de proteínas e carboidratos das rações, embora os resultados ainda sejam bastante controversos e não conclusivos.

A fitase microbiana é muito mais potente e estável em uma faixa de pH muito maior do que a fitase que ocorre nas plantas, sendo a sua atividade expressa em unidades de fitase (FTU). Segundo Engelen et al. (1994), uma unidade de fitase é definida como sendo a quantidade de enzima que libera 1 μmol de ortofosfato inorgânico por minuto a partir de 5,1 μmol de fitato de sódio em pH 5,5 a 37°C.

Nelson et al. (1968) foram os primeiros a adicionar fitase produzida por uma cultura de *Aspergillus ficuum* a uma ração líquida à base de soja. As aves tratadas com esta ração mostraram considerável aumento na porcentagem de cinzas nos ossos. Daí a conclusão de que as aves conseguiram utilizar o fósforo do fitato tão bem quanto o fósforo inorgânico suplementado.

A eficácia da fitase microbiana é afetada por fatores como a temperatura, pH, umidade e conteúdo de cálcio e fósforo no alimento. O início de sua atividade ocorre no Inglúvio, após a ingestão do alimento, e ainda mantém atividade no fundo do estômago, mesmo em pH abaixo de 3,0. Sua atividade máxima, segundo Jongbloed et al. (1992), ocorre no estômago e na porção inicial do intestino delgado. Os resultados de pesquisas demonstram que até numa dosagem de 500 unidades de fitase por kg de ração, a resposta à utilização do fósforo é quase linear. Dosagens mais altas de fitase resultam em uma pequena melhoria por unidade de fitase.

Campbell & Bedford (1992) relatam que as pesquisas mostram que rações suplementadas com fitase são uma alternativa ao uso de fontes de fósforo inorgânico em regiões com densas populações e intensiva produção de animais domésticos. A adição de fitase nas rações para aves certamente melhora a utilização do fósforo fítico e diminui a quantidade de fósforo e nitrogênio excretado.

A utilização de fitase na nutrição das aves tem sido muito influenciada pela necessidade de reduzir os custos com a suplementação de fósforo inorgânico e reduzir a excreção de fósforo, diminuindo a poluição ambiental causada por este elemento.

A fitase possibilita a formulação de ração com baixo fósforo total, ao redor de 40% do recomendado, quando são incluídos de 10 a 15% de farelo de arroz integral ou desengordurado, conforme foi demonstrado em trabalhos de

pesquisa realizados por Munaro et al. (1996a), Munaro et al. (1996b), López (1998), Teichmann et al. (1998) e Conte (2000).

Aumentos da utilização dos aminoácidos em rações com fitase foram observados em experimentos conduzidos por Sebastian et al. (1997) e Namkung & Leeson (1999). Namkung & Leeson (1999) observaram que a energia metabolizável foi elevada de 2839,7 para 2906,7 Kcal/kg em uma ração típica de milho e farelo de soja, com 1200 FTU/kg, para frangos.

Atualmente, existem dois problemas com a utilização da fitase em rações comerciais, que são o alto custo e a degradação devido à peletização. Em muitos países ainda é econômico usar fosfatos em vez de fitase; entretanto, essa situação pode mudar à medida que os custos da fitase sejam reduzidos ou quando existirem incentivos econômicos para a redução dos níveis de fósforo nas excretas (Leeson, 1999).

Uma mudança que brevemente poderá ser imposta à indústria avícola é o manejo de excretas para a redução dos prejuízos causados ao meio ambiente. A adição de fitase é uma estratégia efetiva na redução do impacto negativo que o fósforo das excretas causa.

No Brasil, com uma média de produção no ano de 2000 de 3,2 bilhões de frangos de corte e com 27,4 milhões de cabeças de matrizes de corte alojadas (Anuário..., 2001), pode-se estimar que somente no segmento de corte é gerado um volume aproximado de 3,4 milhões de toneladas de excretas por ano (base de matéria seca). Considerando que o teor de fósforo das excretas é em média de 1,55%, podemos concluir que a produção de frangos de corte no Brasil é responsável pelo despejo de aproximadamente 52,7 mil toneladas de fósforo no meio ambiente a cada ano.

Os dados de trabalhos de pesquisa relatadas até o momento, confirmam claramente que a utilização da fitase é eficiente na hidrólise do fitato e,

conseqüentemente, na sua utilização pelas aves, permitindo a formulação de rações com menores teores de fósforo inorgânico.

Além disso, há que se considerar que existe um equilíbrio entre o teor de fósforo e cálcio na ração que deve ser mantido para que não haja deficiência de um ou de outro em virtude da diminuição ou aumento de um deles na ração, portanto se a suplementação da fitase permite a redução da inclusão de fósforo, é evidente que a de cálcio também deve ser reduzida.

É necessário cuidado com o nível de cálcio na ração, pois níveis elevados na ração afetam adversamente a eficiência da fitase, podendo até, dependendo do nível de cálcio na ração, anular o efeito da fitase e, em consequência, causar deficiência de fósforo em rações formuladas com suplementação de fitase. Em recente trabalho de pesquisa, Schoultens (2001) verificou que os níveis de cálcio da ração devem ser reduzidos proporcionalmente aos de fósforo na formulação da ração suplementada com fitase, sugerindo que 0,62% de cálcio é suficiente quando a ração contém 0,54% de fósforo total e 600 FTU/kg.

No Brasil, a suplementação da ração com fitase para aves pode ser justificado pelos altos custos envolvidos com a suplementação com fosfatos inorgânicos e pela sua capacidade de redução da poluição ambiental devido à melhora na digestibilidade de vários nutrientes, além melhorar o desempenho, principalmente quando são utilizados alimentos alternativos que possuem elevados teores de fitato.

2.4.1.2 Enzimas carboidrases na nutrição de aves

Enzimas microbianas carboidrases são usadas com sucesso há vários anos na indústria alimentar animal, para redução de propriedades antinutricionais de polissacarídeos não-amídicos em rações baseadas em cereais.

O modo de ação das enzimas que quebram polissacarídeos não-amídicos ainda não é completamente entendido (Cousins, 1999).

Há enzimas que são capazes de hidrolisar os polissacarídeos não-amídicos insolúveis, os quais estão primariamente localizados na parede celular, e os transforma numa forma solúvel. No entanto, o maior benefício das enzimas de polissacarídeos não-amídicos é explicado principalmente pela ação sobre as fibras solúveis, reduzindo a viscosidade da digesta e liberando nutrientes, suavizando o efeito prisão. O efeito positivo destas enzimas pode ser medido em termos de melhoria do desempenho, como ganho de peso e taxa de conversão alimentar. Todavia, a extensão deste efeito depende muito da espécie, idade, tipo de ração, taxa de inclusão de cereais ou concentração e solubilidade dos polissacarídeos não-amídicos.

Os primeiros relatos do uso de enzimas carboidrases para aves são de Fry et al. (1958), que descobriram que umedecer determinados grãos de cereais na água antes do fornecimento às aves poderia melhorar o seu desempenho. Rickes et al. (1962) demonstraram que a enzima que tinha a capacidade de melhorar a digestibilidade da cevada era a β -glucanase.

Entretanto, apenas em 1983 foi comprovado por White et al. (1983) que em frangos de corte a ação da β -glucanase era sobre os β -glucanos, substância solúvel e viscosa, que se dissolvia da parede celular do endosperma e reduzia a digestibilidade da ração.

Mais tarde, no final da década de 80, intensificou-se o interesse pelo uso de enzimas exógenas, principalmente na Europa, devido à necessidade de uso de alimentos com altos teores de polissacarídeos não-amídicos tais como a cevada, aveia, centeio e trigo. O uso comercial de enzimas digestivas na avicultura é relativamente novo, as quais foram utilizadas inicialmente no Canadá a partir de 1988. As principais enzimas exógenas produzidas atualmente são a β -glucanase, utilizada em alimentos com altos níveis de β -glucanos como a cevada e a aveia,

e a xilanase, utilizada em alimentos com altos níveis de arabinoxilanos, tais como o trigo, centeio e farelo de arroz.

Existem poucos estudos do efeito de enzimas na utilização do farelo de arroz na alimentação de aves. Isto se deve possivelmente ao fato de que o farelo de arroz não representar um alimento de importância econômica na Europa, local de maior utilização de enzimas atualmente.

O fato de as enzimas serem muito específicas na sua ação catalítica determina que os produtos que contenham uma só enzima sejam ineficientes para produzir o máximo benefício como suplemento em rações avícolas, e isto sugere que a mistura de enzimas ou sistemas multienzimáticos seja mais eficiente. Os produtos atualmente utilizados em rações de não-ruminantes quase sempre têm um conjunto de enzimas, embora levem nome daquela com maior atividade.

Sem dúvida nenhuma, o principal efeito das enzimas carboidrases exógenas utilizadas atualmente na nutrição de não ruminantes é a atuação diminuindo a viscosidade intestinal, facilitando a absorção dos nutrientes e evitando proliferação de microorganismos no trato digestivo (Bedford, 1996).

Zanella (1998) concluiu que a análise da digesta ileal é o único parâmetro hábil para a medida consistente das diferenças de digestibilidade entre os tratamentos, quando é estudado o efeito da suplementação enzimática para frangos de corte

A xilanase pode ser produzida pela fermentação de fungos *Aspergillus oryzae* e outros microorganismos. A atividade da xilanase é expressa em unidade de xilanase. Uma unidade de xilanase é definida com sendo a quantidade de enzima necessária para liberar um μmol de xilose em um minuto a partir do xilano sob condições de temperatura de 40°C e pH 4,8.

Vahjen & Simon (1999) observaram que só havia pequenas diferenças na atividade da xilanase residual após a incubação das preparações com as

respectivas frações em relação ao sobrenadante da digesta. Digesta oriunda da moela apresentou a maior inativação. Os autores concluíram que as preparações de enzima comerciais têm modos diferentes de ação e o desenvolvimento de produtos melhorados depende de estabilidade térmica, perfil de pH, especificidade de substrato e estabilidade proteolítica no trato digestivo.

A digestão *in vitro* indicou redução da fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro com a suplementação de enzimas em rações contendo farelo de arroz, farelo de trigo e torta de girassol, proporcionando aumento da fração de carboidrato e nitrogênio solúvel disponível (Swain & Johri, 1999b).

Malathi & Devegowda (2001) em avaliação da digestibilidade *in vitro* de polissacarídeos não-amídicos de ingredientes de ração por enzimas com atividade xilanase, celulase, pectinase e β -glucanase, concluíram que uma combinação de xilanase e celulase foi eficiente para o farelo de arroz desengordurado, aumentando em 34% a liberação de açúcares simples.

De acordo com Bedford (1996), para destruir as redes de polímeros na solução viscosa não é necessário digeri-los completamente, basta romper algumas ligações, de forma a não permitir que se associem novamente.

Até recentemente, o alvo dos estudos com enzimas era em ingredientes de alta viscosidade, tais como a cevada e o centeio. Trabalhos atuais têm estudado o uso de enzimas em rações baseadas em cereais de baixa viscosidade como o milho e a soja.

O milho tem sido tradicionalmente o cereal preferido na alimentação de animais não ruminantes. Seu valor energético é o mais alto entre os cereais e assume-se freqüentemente como sendo constante nas diferentes fases de criação, nas diferentes regiões e nas diferentes safras de uma mesma região. Entretanto, ocorre uma grande variabilidade na sua energia metabolizável. Esta variação é atribuída às diferenças entre as variedades, na proporção de amilose e

amilopectina e diferenças entre os tratamentos, como a secagem e armazenamento.

A digestão do milho parece não ser tão boa como se imaginava anteriormente; exames microscópicos da digesta do íleo apresentaram evidências claras de que grandes partículas de endosperma do milho permanecem não digeridas. Soto-Salanova (1996) cita estudos em que a digestibilidade do milho foi surpreendentemente baixa, variando de 82 a 89% para aves.

Porém, a suplementação de enzimas que degradam polissacarídeos não-amídicos em rações contendo cereais que causam pouca viscosidade da digesta como milho ou sorgo não é uma prática muito comum na indústria atualmente. A principal razão é a inconsistência dos efeitos destas enzimas sobre a melhora da digestibilidade destes alimentos.

O farelo de soja é a fonte de proteína mais usada em rações de aves; e há vários anos já se sabe que o mesmo contém quantidades significativas de alfa-galactosídeos. Estes galactosídeos podem prejudicar a digestibilidade de nutrientes, aumentando a osmolaridade do conteúdo intestinal, estimulando o reflexo da motilidade e aumentando o trânsito do alimento no intestino, e conseqüentemente reduzindo a hidrólise e absorção de nutrientes.

Ouhida et al. (2002) fracionaram soja descascada e desengordurada crua na parte solúvel e insolúvel em água. A fração insolúvel foi desproteïnizada, rendendo um isolado não solúvel sólido composto de 28,1% de galactose, 27,8% de glicose, 13,3% de arabinose e 17,6% de ácido urônico, que corresponde a 76% de polissacarídeos insolúveis em água na soja descascada. Em seguida a parede de celular foi fracionada com agentes quelantes e álcali, resultando num resíduo de celulose. A incubação *in vitro* da parede celular da soja descascada em pectinase, celulase e xilanase resultou na liberação de pequenas quantidades (não mais de 5%) de monossacarídeos, principalmente ácido urônico, xilose e arabinose. A extração de proteína aumentou depois de incubação enzimática. O

fracionamento progressivo da matriz da parede celular aumentou a liberação de monossacarídeos, notadamente de pectina e frações ricas em hemicelulose. Degradação significativa de celulose só foi alcançada depois da completa extração da proteína, pectina e hemicelulose.

Petersen et al. (1999) relatam que a viscosidade da digesta ileal tende a decrescer com o avanço da idade das aves. Segundo Acamovic (2001) isto pode explicar a observação de que geralmente a suplementação enzimática da ração apresenta maior efeito em aves jovens. O autor ainda relata que a considerável interação entre misturas de polímeros pode causar variações na viscosidade inesperadas, e no contexto da suplementação com enzimas em rações contendo moléculas de grande peso molecular como os polissacarídeos não-amídicos e proteínas, isto pode explicar alguns efeitos inesperados observados.

Com respeito aos efeitos de enzimas carboidrases, uma hipótese alternativa sugere que ocorre modificação da microflora intestinal, indicando que existe um outro modo de ação destas enzimas. Todavia, dados experimentais que apóiam esta teoria são muito limitados. A suplementação de enzimas poderia modificar a quantidade e a composição da população microbiana no trato digestivo. Os mecanismos poderiam ser uma passagem acelerada da digesta, melhorando a absorção de nutrientes, e uma mudança no local de absorção, reduzindo a viscosidade, a qual modifica as condições de adesão para bactérias associadas ao tecido.

Acamovic (2001) relata que a passagem de oligossacarídeos indigestíveis para o trato digestivo inferior pode alterar benéficamente ou adversamente a população da microflora. No caso de uma enzima degradar apenas parcialmente um arabinxilano em pequenos polímeros, ou mesmo em oligômeros, isto pode resultar em efeitos mais adversos do que o polímero original. Estes oligômeros podem ser transferidos ao trato digestivo inferior, onde sofrem degradação

microbiana, produzindo ácidos graxos, os quais por sua vez, podem alterar adversamente a população microbiana.

Fernandez et al. (2000) verificaram que a suplementação da ração contendo trigo com xilanase para frangos reduziu a viscosidade da digesta e a colonização por *Campylobacter jejuni* e aumentou a produção de mucinas sulfatadas nas células de Goblet dos intestinos delgado, grosso e cecos. A significância de algumas mudanças que ocorrem no perfil microbiano do trato gastrointestinal, devido à utilização de enzimas, ainda está por ser elucidada.

Segundo Vukic Vranjes & Wenk (1995), a suplementação com antibióticos melhora o valor nutritivo de rações contendo polissacarídeos não-amídicos, o que, segundo os autores, comprova que os microorganismos no intestino delgado contribuem para redução da digestibilidade.

Farrel & Martin (1998) relatam que, ironicamente, em alguns casos a suplementação com enzimas pode criar outros problemas. Como exemplo, citam que a degradação de polímeros de arabinose, xilose e manose em oligômeros ou monômeros, bem como outros produtos, podem causar problemas metabólicos, como a absorção e subsequente excreção de monossacarídeos. Isto coloca o animal em desvantagem por causa da grande perda endógena de componentes (Acamovic, 2001).

Um outro efeito adverso citado por Acamovic (2001), que pode ocorrer devido à atividade da enzima, é o rompimento das ligações de hidrogênio e covalentes das moléculas de proteínas, desdobrando-as, e assim alternando a sua estrutura terciária e quaternária. Conseqüentemente, os sítios ativos das proteínas pode ser mais exposto, tornando-as mais reativas ou disponíveis para reação com o trato gastrointestinal.

Bedford & Morgan (1996) argumentam que a redução da viscosidade da digesta em aves mais velhas não necessariamente conduz a um efeito menor das carboidrases em aves mais velhas. Relatam que em 14 experimentos conduzidos

até 42 dias de idade, foi evidente que a melhora proporcional da conversão alimentar ocorreu nos últimos 21 dias de produção.

A razão disto está provavelmente relacionada com o mecanismo pelo qual a viscosidade causa impactos sobre o desempenho. Em muitos casos, a suplementação enzimática melhora o desempenho devido à redução da competição bacteriana com o hospedeiro (Bedford & Morgan, 1996), tornando cada vez mais evidente que o maior efeito prejudicial dos polissacarídeos não-amídicos é a fermentação bacteriana.

Aspectos aparentemente ainda não relatados das atividades das enzimas podem causar efeitos benéficos inesperados. Isto foi demonstrado em trabalhos citados por Acamovic (2001), em que foi observada melhora na absorção e deposição de vitaminas e ácidos graxos em tecidos de aves e ovos que receberam rações suplementadas com carboidrases.

Aboosadi et al. (1996), em avaliação dos efeitos da xilanase em ração contendo 30% de farelo de arroz para frangos de corte, não encontraram efeito significativo para a adição da enzima, embora tenham observado uma melhora de 4,4% na conversão alimentar quando suplementaram a ração com 30% de farelo de arroz com a xilanase em relação à ração sem enzima. Porém, os autores utilizaram apenas 225 unidades de xilanase por kg de ração, o que é insuficiente para o nível de inclusão de alimentos de alta viscosidade utilizada.

Em resumo de resultados de ensaios com frangos de corte utilizando enzimas em ração de milho e farelo de soja ou sorgo e farelo de soja, Pack & Bedford (1997) relataram que a suplementação enzimática em média melhora o ganho de peso e conversão alimentar em 2,2 e 2,8%, respectivamente.

Farrel & Martin (1998) não encontraram efeito da adição de dois complexos de enzimas contendo xilanase, α -amilase, β -glucanase, protease e fitase sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 23 dias de idade alimentados com ração a base de sorgo e contendo quantidades variáveis de trigo

até 10% e farelo de arroz variando de zero a 40%. Os autores concluíram que a inclusão de 40% de farelo de arroz causou depressão sobre o desempenho dos frangos, reduzindo significativamente o ganho de peso e o consumo de ração, e piorou a conversão alimentar. A inclusão de até 20% de farelo de arroz e 7% de trigo proporcionou resultados semelhantes aos da ração com 10% de trigo e sem farelo de arroz.

Considerando que além dos polissacarídeos não-amídicos o fitato é um dos fatores antinutricionais mais importantes no farelo de arroz, os resultados encontrados por Farrel & Martin (1998) em parte podem ser explicados pelo baixo nível de fitase, que estava presente em apenas 170 FTU/kg de ração. Além disso, os níveis de cálcio da ração com 20 e 40% de farelo de arroz foram elevadas para 1,35 e 1,57%, visando compensar o efeito negativo da elevação do teor de fitato, o que deve ter contribuído para anular o efeito da pequena quantidade de fitase presente na enzima.

Kaoma et al. (1998) relatam que ambas, β -glucanase e xilanase, na dosagem de 500 ou 1000 g/tonelada de alimento contendo 60% de cevada para pintinhos, resultaram em aumentos na retenção de nitrogênio em comparação ao grupo controle.

Zanella (1998) verificou que a digestibilidade protéica melhorou 2,9% com a adição de enzima. Porém a digestibilidade dos aminoácidos não foi igual para todos, sendo que a digestibilidade dos aminoácidos mais importantes para frangos, como a Metionina, Lisina e Arginina, não foi melhorada com a suplementação de enzima. A digestibilidade da Valina foi melhorada em 2,3% e a da Tirosina em 3%. Comparando rações formuladas com níveis normais de energia suplementadas com enzimas e rações formuladas com baixo nível de energia, o autor concluiu que a enzima pode perfeitamente compensar a redução da energia.

Torres (1999) observou melhora no ganho de peso, redução no consumo de ração e melhora na conversão alimentar de frangos de corte com a utilização de um complexo enzimático a base de protease, amilase e xilanase.

Swain & Johri (1999a) verificaram melhora para o ganho de peso, conversão alimentar e índice de desempenho para as aves que receberam a ração com farelo de arroz autoclavado, farelo de trigo e torta de girassol suplementada com 1,5 kg/tonelada de enzimas (proteínase, celulase, amilase, pectínase e lipase). O custo de produção por kg de peso vivo para frangos alimentados com a ração de alta fibra e enzimas foi inferior ao da ração testemunha.

A adição de xilanase na ração à base de trigo para frangos de reduziu a viscosidade da digesta duodenal, jejunal e ileal e aumentou a energia metabolizável aparente do trigo e a digestibilidade do amido no jejuno e íleo. Reduziu também a variabilidade da energia metabolizável aparente do trigo e a digestibilidade do amido entre aves. A fermentação no íleo foi reduzida, mas aumentou nos cecos (Choct et al., 1999).

Danicke et al. (1999c) verificaram uma redução da colonização bacteriana no duodeno, seguida por um aumento contínuo até o íleo para frangos recebendo ração à base de centeio suplementada com Avizyme 1300 (1g/kg). A suplementação com xilanase reduziu a população de enterobactérias e microorganismos anaeróbios totais, com uma tendência semelhante para as bactérias gram positivas e enterococcus. A suplementação de xilanase resultou em uma diminuição do tempo de retenção da digesta em vários segmentos do trato digestivo. Este efeito foi mais pronunciado no intestino delgado. A digestibilidade aparente de nitrogênio e da matéria seca foi melhorada ligeiramente através de suplementação de xilanase no jejuno e íleo. A digestibilidade do nitrogênio e matéria seca no íleo terminal foi de 80,3 e 61,2%, respectivamente, para a ração sem xilanase e 83,7 e 65,5%, respectivamente, para a suplementada com xilanase.

Danicke et al. (1999b) observaram redução da digestibilidade da proteína bruta e alguns aminoácidos no íleo terminal com a elevação da concentração de pentosanos na ração, com a suplementação de xilanase aumentada. Porém, a digestibilidade da proteína e aminoácidos foi mais baixa para as aves alimentadas com sebo e enzima do que aquelas que receberam o óleo de soja.

Ravindran et al. (1999a) observaram que a combinação da fitase microbiana e glicanase (predominantemente xilanase e glucanase) aumentou a energia metabolizável aparente do trigo em 19,0%, elevando-a de 2646 a 3149 kcal/kg de matéria seca. O desempenho dos frangos recebendo ração à base de trigo não foi influenciado pela adição de enzimas individuais; no entanto, níveis crescentes de inclusão de xilanase em combinação com a fitase melhoraram linearmente o ganho de peso e a conversão alimentar. Este trabalho deixa bastante evidente que a utilização das enzimas fitase ou carboidrases isoladamente em rações que contêm alimentos com elevado teor de ambos, fitato e polissacarídeos não-amídicos, é pouco eficiente.

Adição de xilanase em ração à base de centeio para frangos melhorou o desempenho e parâmetros de digestibilidade em maior grau que a adição de β -glucanase, já para a ração com cevada, a β -Glucanase tendeu a ser mais efetiva que adição de xilanase. As diferenças em desempenho e digestibilidade entre os tratamentos dietéticos são explicadas principalmente pelas diferenças na viscosidade intestinal. A viscosidade do sobrenadante da digesta ileal das aves que receberam ração com centeio sem enzima foi de 480 mPas, com xilanase 309 mPas e com β -glucanase 404 mPas; para a ração com cevada sem enzima, foi de 10 mPas, com xilanase 5,0 mPas e com β -glucanase 4,58 mPas (Danicke et al., 1999a).

Em monitoramento da colonização bacteriana intestinal de frangos de 1 a 28 dias de idade, Vahjen et al. (1998) observaram crescimento bacteriano rápido na primeira semana, seguido por estabilização e declínio das unidades

formadoras de colônias. A suplementação com xilanase reduziu as unidades formadoras de colônias de enterobactérias e cocus gram (+) em amostras do material luminal e tecido. Colônias de *Lactobacillus spp.* nas amostras de tecido foram maiores para aves com a ração suplementada com xilanase, mas não no conteúdo luminal. As concentrações de ácido láctico e acético foram mais altas em amostras do conteúdo ileal do grupo de controle aos 7 e 14 dias, enquanto concentrações de ácido butírico foram mais altas no grupo tratado com xilanase. Os autores concluem que estas observações indicam que o ambiente intestinal menos viscoso proporcionado pela xilanase reduziu a velocidade de proliferação de cocus gram (+) e enterobactérias em aves tratadas com enzima.

A suplementação de rações a base de milho e farelo de soja para frangos de corte na fase inicial com Avizyme 1500 (xilanase, amilase e protease, 1 kg/tonelada) conduziu a aumento da digestibilidade ileal da gordura e amido, que foram melhorados em mais que 1%. Adição de enzimas resultou em um maior benefício com milho de qualidade mais pobre que com milhos de qualidade melhor (Wyatt et al., 1999).

A suplementação de ração para frangos de corte na primeira semana de vida à base de centeio com enzimas para degradar arabinosilanos resultou na eliminação do efeito prejudicial de arabinosilanos solúveis melhorando em 30% o consumo, em 57% o ganho de peso e em 21% a conversão alimentar em comparação com as aves alimentadas com ração sem enzimas (Boros & Bedford, 1999).

Osei & Oduro (2000) verificaram que frangos que receberam ração contendo 17% de farelo de trigo e com 100 e 200 g de enzima/kg (principalmente xilanase e pentosanase, mais galactomanase, β -glucanase, celulase e pectinase) de 21 a 48 dias estavam, respectivamente, 1,9 e 5,8% mais pesadas que aqueles sem enzima, e com o nível mais alto de enzima foram 21,1% mais eficientes na conversão alimentar. Ressaltam que a utilização da

enzima diminuiu o custo total de alimento por ave e o custo por kg de ganho, sendo 200 g de enzima por kg o mais econômico.

Ouhida et al. (2000) verificaram que a suplementação da ração de frangos de corte à base de milho, cevada e trigo com glucanase e xilanase melhorou o ganho de peso e a conversão alimentar. Relatam que os resultados foram persistentes até o final da segunda fase, porém os resultados foram mais pronunciados para as aves jovens. Como não houve diferença no consumo de ração, as diferenças no desempenho das aves foram proporcionadas pela melhora na digestibilidade das rações.

Ebert et al. (2000) verificaram que a inclusão de Vegpro em rações à base de milho e farelo de soja propicia melhoras pequenas e notadas apenas em ambiente de estresse térmico. Contudo, verificaram melhora na conversão alimentar na primeira semana de vida das aves submetidas aos tratamentos com Vegpro.

Em experimento com ração à base de milho e farelo de soja para frangos de corte, formulada para ser isocalórica, Maximo et al (2000) observaram redução no consumo de ração na ração suplementada com Vegpro, mostrando melhora na utilização da energia.

Segundo Conte (2000), a energia metabolizável aparente e metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio do farelo de arroz integral para frangos é de 2.552 e 2.534 Kcal/kg, respectivamente. A suplementação com xilanase melhorou em média 9% a energia metabolizável aparente, elevando-a para 2.790 Kcal/kg, e a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio melhorou em média 8%, elevando-a para 2.739 kcal/kg. A suplementou da ração com fitase, além da xilanase, não afetou os resultados.

Valores um pouco mais elevados foram observados por Giacometti (2002), que encontrou 2.897 Kcal/kg de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio para o farelo de arroz; com

suplementação com fitase e xilanase há melhora de 6,4%, elevando o seu valor para 3.083 Kcal/kg. Esta diferença pode ser devido à grande variabilidade da composição do farelo de diferentes amostras.

Para frangos de corte alimentados com ração contendo 15% de farelo de arroz, suplementada com fitase e xilanase, é possível reduzir a suplementação inorgânica de fósforo sem afetar o desempenho das aves (Conte, 2000). Observou-se também que a xilanase melhora a conversão alimentar, sem afetar o ganho de peso.

Danicke et al. (2000) observaram que a excreção de nitrogênio em frangos de corte pode ser afetada pela fonte de gordura na ração à base de centeio suplementada com xilanase. Para a ração com 10% de óleo de soja, a excreção de nitrogênio endógeno não foi alterada. Porém, adição de 10% de sebo em lugar de óleo de soja aumentou as perdas de nitrogênio, efeito que foi revertido pela adição de xilanase. Este resultado sugere que a enzima apresenta efeito mais expressivo quando a qualidade dos ingredientes da ração é inferior.

Fireman et al. (2000) verificaram que suínos que receberam ração à base de milho e farelo de soja apresentaram consumo e ganho de peso melhor que animais alimentados com ração contendo 50% de farelo de arroz e enzimas. Porém, a conversão alimentar foi semelhante, com ou sem enzimas, e os custos foram menores para a ração com farelo de arroz.

Fischer et al. (2001) concluíram que a inclusão de 1 kg do complexo multienzimático Vegpro (amilase, protease e celulase) para cada 200 kg de farelo de soja não propiciou melhoria do desempenho de frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja. Como se pode observar pela conclusão dos autores, a utilização de complexos enzimáticos traz poucos benefícios em rações à base de milho e farelo de soja, principalmente quando os dados são referentes às fases finais, em que as aves apresentam melhor capacidade digestiva.

Bonato et al. (2001) concluíram que a elevação dos níveis de farelo de arroz na ração de zero a 30% em rações à base de milho e farelo de soja para frangos de corte de 1 a 45 dias de idade, suplementadas com 1 kg/tonelada de Allzyme Rice (protease, pentosanase e fitase), provocou redução no consumo e ganho de peso, porém não afetou a conversão alimentar.

Danicke et al. (2001) não verificaram interação entre a fonte de energia e suplementação de xilanase para frangos alimentados com ração contendo gordura, óleo de soja ou óleo de coco. Adição da xilanase aumentou o ganho de peso até 21 dias de idade, melhorou a conversão alimentar ligeiramente e não afetou nenhum parâmetro de composição da carcaça.

Boros & Rek-Ciepla (2001) observaram que todos as variáveis produtivas de frangos foram melhoradas quando as rações à base de centeio foram suplementadas com xilanase. A maior melhora foi observada para o ganho de peso ($37\pm 4,5\%$) e a mais baixa, para a digestibilidade da matéria seca ($5\pm 2,5\%$). Os autores comentam que parece que a fragmentação da estrutura linear do xilano é decisiva para utilização de centeio por frangos. Estes resultados mostraram que a xilanase exerce um papel essencial na degradação dos polímeros de arabinoxilanos.

Redução da viscosidade do conteúdo ileal e aumento da digestibilidade da gordura foram observadas com a adição de Avizyme 1300 em ração com 70% de trigo para frangos de 7 a 35 dias por Preston et al. (2001). Os resultados indicaram interações importantes entre o conteúdo de trigo (0, 35 ou 70%), a composição da gordura (sebo, soja ou mistura de sebo e soja [2:1]) e a enzima Avizyme 1300 (ausente, presente) sobre a digestibilidade da gordura, energia metabolizável aparente e conversão alimentar.

McCracken et al. (2001) observaram que a viscosidade da digesta ileal de frangos alimentados com trigo variou de 5,0 a 37,6 na ausência de enzima e de 3,9 a 12,1 cPs com adição de xilanase.

Giacometti (2002) não verificou diferença para o coeficiente de digestibilidade da matéria seca do farelo de arroz para frangos em função da utilização das enzimas. Por outro lado, a suplementação de fitase e xilanase melhorou em 20% a digestibilidade da proteína bruta e em 5,5% a utilização da energia bruta do farelo de arroz. A digestibilidade do amido foi melhorada em 7%, do extrato etéreo em 11% e da hemicelulose em 9% quando foram adicionadas a fitase e a xilanase ao farelo de arroz.

A melhora dos coeficientes de digestibilidade indica que a xilanase é capaz de reduzir os efeitos adversos provocados pela presença de polissacarídeos não-amídicos na ração e justifica a melhora no desempenho.

Silva & Smithard (2002) investigaram a suscetibilidade da xilanase exógena a digestão péptica, quando suplementada a uma ração à base de centeio para frangos (1.500, 15.000 ou 45.000 unidades de xilanase/kg). Verificaram que 15 a 20% da xilanase adicionada na concentração mais alta permaneceram ativos no intestino delgado das aves.

Segundo Silva & Smithard (2002), a taxa de proliferação das células das criptas nas aves alimentados com ração sem xilanase (45 células em 2 h) foi mais alta que nas aves que receberam a ração suplementada com 15.000 a 45.000 unidades de xilanase (29 e 33 células em 2 h), mas não havia nenhum efeito sobre os ácidos graxos de cadeia curta. Para a ração suplementada ao nível comercial (1.500 unidades/kg), não havia nenhum efeito claro na proliferação das células da cripta, mas havia xilanase exógena no intestino delgado.

A viscosidade do fluido intestinal de frangos alimentados com centeio foi reduzida e o desempenho melhorado pela suplementação com xilanase. Parte da melhora do desempenho foi atribuída ao aumento de 25% na digestibilidade de nitrogênio e 50% na digestibilidade da gordura (Silva & Smithard, 2002).

A importância do emprego das enzimas exógenas deve aumentar cada vez mais em função do alto custo que a alimentação representa na criação

intensiva de aves, pois permite o uso de alimentos alternativos que apresentam menor digestibilidade, porém com custos menores ou mesmo para melhorar a digestibilidade dos alimentos normalmente usados. Além disso, aumenta as possibilidades de utilização de alimentos alternativos em períodos de escassez ou preço muito elevado do milho, principal fonte energética da ração para aves no Brasil.

Também não se deve esquecer de que o uso destas enzimas exógenas pode contribuir muito na redução da poluição ambiental causada pelos criatórios avícolas, aspecto ao qual a sociedade está cada vez mais atenta e cobrará atitudes que permitam manter a produtividade e qualidade dos produtos com o mínimo ou nenhum impacto ambiental negativo.

2.5 Índice bioeconômico

Em experimentos de alimentação e nutrição animal, em que os tratamentos se diferenciam na composição de ingredientes ou em porcentagens do mesmo nutriente, além de mudanças na composição da ração ao longo das fases de produção, a variabilidade acentuada na caracterização das rações experimentais faz com que os tratamentos raramente tenham o mesmo custo.

Considerando a importância da diferença de custo da ração de diferentes tratamentos, Guidoni (1994) entende que isto deveria de algum modo ser incorporado à análise desses experimentos. Para tanto, o autor propõe a utilização do índice bioeconômico, que definiu como sendo a transformação líquida produzida no animal depois de descontar toda alimentação fornecida ao mesmo. Para frangos de corte, este índice é decorrente da combinação linear entre as variáveis de ganho de peso e consumo de ração.

Para contornar o inconveniente do uso de unidades monetárias no índice bioeconômico, Guidoni (1994) sugeriu expressar economicamente o consumo de ração como uma parte equivalente de transformação animal. Assim, o índice

bioeconômico representa a transformação animal líquida após descontar a parte inerente ao fornecimento de ração para o animal.

Zanella (1998), em estudo da suplementação enzimática de rações contendo soja processada para frangos de corte, utilizou o índice proposto por Guidoni (1994) para a avaliação econômica dos tratamentos testados.

Na avaliação de alimentos, particularmente alternativos de menor valor, é muito importante que o pesquisador considere o custo em suas análises, pois nem sempre o tratamento que propicia o máximo desempenho produtivo é o mais interessante. No sistema de produção, o que verdadeiramente se deseja é maximização do lucro, o que muitas vezes pode ser obtido com um desempenho produtivo do animal abaixo do máximo.

Fialho (1991) concluiu que a inclusão de 3,98% de farelo de arroz na ração de frangos de corte permitiu a maximização do ganho de peso, enquanto a melhor conversão alimentar foi obtida com 18,31% de farelo de arroz. Estes resultados indicam que o nível ótimo do farelo de arroz está entre estes dois valores e depende da relação entre o preço da ração e o preço do frango.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos com frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, sendo o primeiro com o objetivo de determinar o nível adequado de xilanase e o segundo o nível máximo de inclusão de farelo de arroz na ração.

O primeiro experimento, denominado experimento I, foi realizado para avaliar a utilização de dois níveis de farelo de arroz em ração suplementada com fitase e 4 níveis de xilanase para frangos de corte com baixa suplementação de fósforo e cálcio inorgânico, com o objetivo de determinar o melhor nível de xilanase para cada um dos níveis de farelo de arroz utilizados na ração.

O segundo experimento, denominado experimento II, foi realizado para avaliar a inclusão de quatro níveis de farelo de arroz com suplementação ou não com a enzima xilanase em ração suplementada com fitase para frangos de corte com baixa suplementação de fósforo e cálcio inorgânico, com o objetivo de determinar o nível máximo de inclusão de farelo de arroz na ração suplementada com fitase e sem xilanase e o nível máximo de inclusão em ração suplementada com fitase e xilanase.

A quantidade de xilanase utilizada no experimento II foi estabelecida considerando os resultados da variável de conversão alimentar e o índice bioeconômico obtidos no experimento I aos 42 dias de idade.

3.1 Local e época de realização dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos na Unidade Experimental do Setor de Avicultura da Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá (EAFC-MT) localizada no município de Cuiabá - MT. O experimento I foi realizado no período de 25 de janeiro a 8 de março de 2001 e o experimento II, no período de 29 de março a 10 de maio de 2001.

A temperatura média, mínima e máxima e umidade relativa do ar ocorridas durante a realização dos experimentos foram normais para a época do ano e não comprometeram o desempenho das aves.

3.2 Aves, instalações, equipamentos e manejo

Foram utilizados 540 pintos machos de um dia, da marca comercial Ross, em cada um dos experimentos.

As aves foram alojados em um galpão de alvenaria com 8,9 m de largura por 23,7 m de comprimento, dividido internamente em 36 boxes de 4 m² cada um, com um corredor central no sentido longitudinal de 1,6 m de largura, construído na orientação leste-oeste, coberto com telha de cerâmica, com pé-direito de 2,8 m, piso em concreto, paredes laterais com muretas de 60 cm de altura e o restante fechado com tela, equipado com cortinas laterais.

O aquecimento na fase inicial foi feito por meio de lâmpadas infravermelho de 250 watts, colocadas uma em cada box. Durante a primeira semana do experimento, foram utilizados bebedouros infantis, tipo copo de pressão, e comedouros infantis tipo bandeja. Após, os bebedouros e comedouros infantis foram substituídos gradualmente por bebedouros automáticos pendulares e por comedouros semi-automáticos tubulares.

O manejo foi realizado seguindo orientações do manual de manejo de frangos da Agroceres Ross (2001). A água e ração foram fornecidas à vontade. A casca de arroz não moída foi utilizada como cama, numa espessura de seis cm, sendo que durante os três primeiros dias a mesma foi coberta com jornal.

As avaliações de desempenho foram feitas aos 21 e 42 dias, pesando-se as aves de cada parcela, e o consumo de ração foi determinado pela pesagem da ração fornecida no início menos a sobra no comedouro ao final de cada período.

Todas as rações, exceto a testemunha, foram suplementadas com fitase, na dosagem de 900 FTU/kg e xilanase, em diferentes níveis, dependendo do tratamento aplicado, além de minerais e vitaminas.

Para suprir 900 unidades de fitase/kg, utilizaram-se 36 gramas de fitase para cada 100 kg de ração. A xilanase utilizada tem atividade enzimática endo-1-4- β -xilanase e a utilização de 200, 400 e 600 g de xilanase/tonelada de ração corresponde a 200, 400 e 600 unidades de xilanase/kg de ração, respectivamente.

A enzimas fitase e xilanase foram fornecidas pela ROCHE, de nome comercial Ronozyme™ P e Ronozyme™ WX, respectivamente. A Ronozyme™ P é uma fitase derivada de *Peniophora lycii*, com atividade declarada pelo fabricante de 2.500 unidades de fitase/g (FTU/g). A Ronozyme™ WX é uma endo 1,4 β -xilanase produzida pela fermentação do *Aspergillus oryzae*, com atividade declarada pelo fabricante de 1.000 unidades de xilanase/g.

Na Tabelas 4 está a composição dos alimentos e nas Tabelas 5 e 6 a composição do premix de minerais e vitaminas com o seu respectivo enriquecimento por kg de ração, respectivamente. As fórmulas e a composição nutritiva das rações utilizadas no experimento I estão na Tabela 7, e para o experimento II, nas Tabelas 8 e 9, respectivamente para a primeira e segunda fase de criação.

TABELA 4. Composição dos ingredientes utilizados nas rações experimentais¹.

| INGREDIENTE | EB (Kcal/Kg) | EMA* (Kcal/Kg) | PB (%) | EE (%) | FDN (%) | FDA (%) | P _i (%) | Ca (%) |
|--------------------|-----------------|-------------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------------|-----------|
| Milho grão | 3909 | 3.371 | 8,58 | 5,79 | 16,63 | 2,73 | 0,21 | 0,03 |
| Farelo de soja | 4253 | 2.266 | 46,86 | 2,82 | 13,34 | 10,36 | 0,47 | 0,27 |
| Farelo de arroz | 4935 | 2.453 | 17,19 | 20,35 | 25,61 | 8,34 | 1,51 | 0,09 |
| Óleo de soja | -- | 8.790 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Fosfato bicálcio | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 18,04 | 22,04 |
| Calcário calcítico | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 38,54 |

¹ Determinados no laboratório de Pesquisa Animal do DZO-UFLA.

*Segundo Rostagno et al. (2000).

TABELA 5. Composição do premix mineral utilizado no experimento e enriquecimento por kg de ração¹.

| INGREDIENTES | UNID. | QUANTIDADE/kg DE PREMIX | ENRIQUECIMENTO POR kg DE RAÇÃO |
|--------------|-------|-------------------------|--------------------------------|
| Manganês | mg | 150.000 | 75,00 |
| Zinco | mg | 100.000 | 50,00 |
| Ferro | mg | 100.000 | 50,00 |
| Cobre | mg | 16.000 | 8,00 |
| Yodo | mg | 1.500 | 0,75 |

¹Nível de uso: 0,5 kg/tonelada de ração.

TABELA 6. Composição do premix vitamínico utilizado no experimento e enriquecimento por kg de ração¹.

| INGREDIENTE | UNID. | QUANTIDADE POR kg DE PREMIX | ENRIQUECIMENTO POR kg DE RAÇÃO |
|--------------------------|-------|-----------------------------|--------------------------------|
| Vitamina A | UI | 2.000.000 | 8.000 |
| Vitamina D ₃ | UI | 500.000 | 2.000 |
| Vitamina E | UI | 3.750 | 15 |
| Vitamina K | mg | 450 | 1,8 |
| Vitamina B ₁ | mg | 450 | 1,8 |
| Vitamina B ₂ | mg | 1.500 | 6 |
| Vitamina B ₆ | mg | 700 | 2,8 |
| Vitamina B ₁₂ | µg | 3.000 | 12 |
| Niacina | mg | 10.000 | 40 |
| Ácido fólico | mg | 250 | 1 |
| Ácido pantotênico | mg | 3.750 | 15 |
| Biotina | µg | 1500 | 60 |
| Selênio | mg | 75 | 0,3 |
| Colina | mg | 100.000 | 400 |
| Metionina | g | 300 | 1,2 |
| Agente Anticoccidiano | g | 25 | 0,1 |
| Promotor de crescimento | g | 15 | 0,06 |
| Antioxidante | g | 7,5 | 0,03 |

¹Nível de uso: 4 kg/tonelada de ração.

TABELA 7. Composição percentual das rações experimentais, segundo a fase de criação no experimento I.

| INGREDIENTE (kg) | 1 A 21 DIAS | | | 22 A 42 DIAS | | |
|---|-------------|------------|------------|--------------|------------|---------------------|
| | TEST. | 10% FA | 20% FA | TEST. | 10% FA | 20% FA ¹ |
| Milho moído | 61,48 | 52,75 | 42,26 | 66,46 | 57,47 | 46,99 |
| Farelo de soja | 33,69 | 32,43 | 31,51 | 28,40 | 27,20 | 26,27 |
| Farelo de arroz | 0,00 | 10,00 | 20,00 | 0,00 | 10,00 | 20,00 |
| Óleo de soja | 0,73 | 1,61 | 3,08 | 1,32 | 2,29 | 3,76 |
| Fosfato bicálcio | 1,74 | 0,46 | 0,34 | 1,55 | 0,38 | 0,26 |
| Calcário calcítico | 0,96 | 1,32 | 1,38 | 0,92 | 1,28 | 1,34 |
| Sal comum | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Supl. Vitamínico | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Suplemento mineral | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Fitase | 0,00 | 0,036 | 0,036 | 0,00 | 0,036 | 0,036 |
| Xilanase/Inerte/ Cr ₂ O ₃ | 0,60 | 0,60* | 0,60* | 0,60 | 0,60* | 0,60* |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| VALORES CALCULADOS | | | | | | |
| EMA (Kcal/kg) | 2.900 | 2.900 | 2.900 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| Proteína Bruta (%) | 20,68 | 20,68 | 20,68 | 18,69 | 18,69 | 18,69 |
| Fósforo disp. (%) | 0,44 | 0,22 | 0,22 | 0,39 | 0,20 | 0,20 |
| Fósforo total (%) | 0,67 | 0,56 | 0,67 | 0,61 | 0,53 | 0,64 |
| Cálcio (%) | 0,93 | 0,75 | 0,75 | 0,85 | 0,70 | 0,70 |
| Fibra bruta (%) | 3,19 | 3,98 | 4,75 | 2,98 | 3,76 | 4,54 |
| FDA (%) | 4,73 | 5,72 | 6,68 | 4,49 | 5,47 | 6,44 |
| FDN (%) | 11,79 | 12,76 | 13,57 | 11,61 | 12,55 | 13,37 |
| Metionina (%) | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Met+cistina (%) | 0,78 | 0,77 | 0,77 | 0,73 | 0,72 | 0,72 |
| Lisina (%) | 1,09 | 1,09 | 1,10 | 0,96 | 0,96 | 0,96 |

¹FA = Farelo de arroz.

* Para cada nível de farelo de arroz, utilizaram-se quatro níveis de xilanase (0, 200, 400 ou 600 g/tonelada).

TABELA 8. Composição percentual das rações experimentais de 1 a 21 dias no experimento II.

| INGREDIENTE (kg) | TESTEMUNHA | 6 % FA | 12 % FA | 18% FA | 24 % FA¹ |
|---|-------------------|---------------|----------------|---------------|----------------------------|
| Milho moído | 58,96 | 54,30 | 48,01 | 41,72 | 35,42 |
| Farelo de soja | 34,95 | 34,09 | 33,53 | 32,97 | 32,42 |
| Farelo de arroz | 0,00 | 6,00 | 12,00 | 18,00 | 24,00 |
| Óleo de soja | 1,94 | 2,27 | 3,16 | 4,04 | 4,92 |
| Fosfato bicálcio | 1,78 | 0,83 | 0,75 | 0,68 | 0,61 |
| Calcário calcítico | 0,97 | 1,08 | 1,12 | 1,15 | 1,19 |
| Sal comum | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| Suplemento vitamínico | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Suplemento mineral | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Fitase | 0,00 | 0,036 | 0,036 | 0,036 | 0,036 |
| Xilanase/Inerte/ Cr ₂ O ₃ | 0,60 | 0,60* | 0,60* | 0,60* | 0,60* |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| VALORES CALCULADOS | | | | | |
| EMA (Kcal/kg) | 2.950 | 2.950 | 2.950 | 2.950 | 2.950 |
| Proteína Bruta (%) | 21,04 | 21,04 | 21,04 | 21,04 | 21,04 |
| Fósforo disponível (%) | 0,44 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| Fósforo total (%) | 0,68 | 0,58 | 0,65 | 0,71 | 0,78 |
| Cálcio (%) | 0,94 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Fibra bruta (%) | 3,22 | 3,70 | 4,16 | 4,62 | 5,09 |
| FDA (%) | 4,74 | 5,35 | 5,92 | 6,50 | 7,07 |
| FDN (%) | 11,68 | 12,32 | 12,80 | 13,29 | 13,78 |
| FDN (%) | 14,47 | 15,11 | 15,53 | 15,59 | 16,36 |
| Metionina (%) | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Met + cistina (%) | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,77 | 0,77 |
| Lisina (%) | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,13 | 1,13 |

¹ FA = Farelo de arroz.

* Para cada nível de farelo de arroz, utilizaram-se dois níveis de xilanase (0 ou 400 g/tonelada).

TABELA 9. Composição percentual das rações experimentais de 22 a 42 dias no experimento II.

| INGREDIENTE (kg) | TESTEMUNHA | 6 % FA | 12 % FA | 18% FA | 24 % FA¹ |
|---|-------------------|---------------|----------------|---------------|----------------------------|
| Milho moído | 66,47 | 61,48 | 55,18 | 48,44 | 42,60 |
| Farelo de soja | 28,40 | 27,60 | 27,05 | 26,94 | 25,93 |
| Farelo de arroz | 0,00 | 6,00 | 12,00 | 18,00 | 24,00 |
| Óleo de soja | 1,32 | 1,76 | 2,65 | 3,53 | 4,41 |
| Fosfato bicálcio | 1,55 | 0,69 | 0,62 | 0,55 | 0,48 |
| Calcário calcítico | 0,92 | 1,08 | 1,12 | 1,16 | 1,20 |
| Sal comum | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Suplemento vitamínico | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Suplemento mineral | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Fitase | 0,00 | 0,036 | 0,036 | 0,036 | 0,036 |
| Xilanase/Inerte/ Cr ₂ O ₃ | 0,60 | 0,60* | 0,60* | 0,60* | 0,60* |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| VALORES CALCULADOS | | | | | |
| EMA (Kcal/kg) | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| Proteína Bruta (%) | 18,69 | 18,69 | 18,69 | 18,69 | 18,69 |
| Fósforo disponível (%) | 0,39 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Fósforo total (%) | 0,61 | 0,53 | 0,60 | 0,66 | 0,73 |
| Cálcio (%) | 0,85 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Fibra bruta (%) | 2,98 | 3,45 | 3,92 | 4,38 | 4,84 |
| FDA (%) | 4,49 | 5,09 | 5,66 | 6,24 | 6,81 |
| FDN (%) | 11,61 | 12,21 | 12,70 | 13,19 | 13,68 |
| Metionina (%) | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Metionina + cistina (%) | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 |
| Lisina (%) | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,97 |

¹FA = Farelo de arroz.

* Para cada nível de farelo de arroz utilizou-se 2 níveis de xilanase (0 ou 400 g/tonclada).

3.4 Coleta de material e análises laboratoriais

As análises das amostras dos alimentos, das rações, do conteúdo ileal, e dos ossos das tíbias foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO-UFLA, segundo metodologia da AOAC (1990).

A solução mineral para a determinação de fósforo e cálcio foi obtida das cinzas por via seca, sendo que a determinação do fósforo foi realizada pelo método de fotometria e a do cálcio, por permanganatometria. Os valores de proteína bruta foram determinados pelo método Kjeldahl.

3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento I foi conduzido em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em um esquema fatorial $4 \times 2 + 1$ (0, 200, 400 e 600 unidades de xilanase por kg de ração e 10 ou 20% de farelo de arroz, mais um tratamento testemunha sem enzimas e sem farelo de arroz), totalizando 9 tratamentos com 15 aves por parcela experimental, quatro repetições por tratamento, num total de 36 parcelas experimentais.

O experimento II também foi conduzido em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em um esquema fatorial $4 \times 2 + 1$ (6, 12, 18 e 24% de farelo de arroz e zero ou 400 unidades de xilanase/kg de ração, mais um tratamento testemunha sem enzimas e sem farelo de arroz), totalizando 9 tratamentos com 15 aves por parcela experimental, quatro repetições por tratamento, num total de 36 parcelas experimentais em cada experimento.

As análises estatísticas dos resultados obtidos foram realizadas utilizando o programa ESTAT 2.0 (Sistema para Análises Estatísticas), desenvolvido pelo pólo computacional do Departamento de Ciências Exatas da UNESP – Jaboticabal (1992), realizadas segundo os quadros de análise de variância apresentados nas Tabelas 10 e 11 para o experimento I e II, respectivamente.

TABELA 10. Quadro da análise da variância para o experimento I.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL |
|---------------------------------|-----------|
| Contraste fatorial : testemunha | 1 |
| Níveis de xilanase | 3 |
| Níveis de farelo de arroz | 1 |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 |
| Xilanase dentro de 10% f. arroz | 3 |
| Xilanase dentro de 20% f. arroz | 3 |
| Efeito linear 10% f. arroz | 1 |
| Efeito quadrático 10% f. arroz | 1 |
| Desvio regressão 10% f. arroz | 1 |
| Efeito linear 20% f. arroz | 1 |
| Efeito quadrático 20% f. arroz | 1 |
| Desvio regressão 20% f. arroz | 1 |
| Erro | 27 |

TABELA 11. Quadro da análise da variância para o experimento II.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL |
|--------------------------------------|-----------|
| Contraste fatorial : testemunha | 1 |
| Níveis de xilanase | 1 |
| Níveis de farelo de arroz | 3 |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 |
| Farelo de arroz dentro zero xilanase | 3 |
| Farelo de arroz dentro 400 xilanase | 3 |
| Efeito linear zero xilanase | 1 |
| Efeito quadrático zero xilanase | 1 |
| Desvio regressão zero xilanase | 1 |
| Efeito linear 400 xilanase | 1 |
| Efeito quadrático 400 xilanase | 1 |
| Desvio regressão 400 xilanase | 1 |
| Erro | 27 |

As estimativas dos níveis de inclusão de farelo de arroz na ração e da quantidade de xilanase foram obtidas mediante o uso dos modelos de regressão linear ou quadrática, conforme melhor ajustamento dos dados obtidos para cada variável, interpretando-se as respostas biológicas das aves.

Para a estimativa da quantidade de xilanase ou de farelo de arroz para o primeiro e segundo experimento, respectivamente, que proporcionaram os melhores resultados em cada uma das variáveis estudadas, efetuou-se o desdobramento dos fatores avaliados para permitir os estudos de regressão dos níveis de xilanase para a ração com 10 e 20% de farelo de arroz para todas as variáveis estudadas no experimento I. Para o experimento II foram desdobrados os níveis de farelo de arroz para a ração com zero e 400 g de xilanase por tonelada para todas as variáveis estudadas, além do desdobramento dos níveis de xilanase dentro dos níveis de farelo de arroz para a viscosidade da digesta e índice bioeconômico, para os quais houve interação significativa.

As comparações entre as médias das variáveis estudadas das aves que receberam a ração testemunha e as médias para cada um dos tratamentos das aves que receberam a ração com farelo de arroz e enzimas foram feitas mediante o teste de comparação de médias de Dunnett, com probabilidade de 5%.

3.6 Medidas de resultados

3.6.1 Desempenho

Para estudar os efeitos dos tratamentos sobre o desempenho, foram avaliados o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar dos frangos nas fases de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade.

O consumo de ração foi medido pela diferença entre o peso de ração fornecida no início e a sobra no comedouro, em cada parcela experimental. Para ajustar o consumo de ração à mortalidade em cada parcela experimental, anotou-se em uma ficha o peso dos frangos que morreram, a data e sobra de ração no comedouro da parcela. Assim, calculou-se a ração consumida pelas aves que morreram, descontando-a do consumo de ração total da parcela experimental ao final da fase experimental.

O ganho de peso foi controlado pela pesagem ao final da fase experimental do grupo de animais de cada parcela experimental, e calculado o ganho de peso médio por ave de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade.

A conversão alimentar foi calculada ao final de cada fase do experimento, utilizando-se o consumo de ração corrigido para a mortalidade e o ganho de peso das unidades experimentais.

3.6.2 Mineralização óssea

Aos 42 dias de idade foi avaliada a deposição de cinzas, cálcio e fósforo, retirando-se a tíbia esquerda de duas aves por parcela experimental. Os resultados foram apresentados em percentagem, com base na matéria seca desengordurada dos ossos.

As tíbias retiradas após o abate das aves foram identificadas com placas de alumínio numeradas e fixadas com arame, descarnadas e fervidas em uma panela de alumínio até amolecerem os resíduos de carne. Em seguida, foram lavadas em água fria e retirados os resíduos de carne, cartilagem proximal e fíbula.

Depois de secas em estufa ventilada a 68°C, por aproximadamente 72 horas, as tíbias foram desengorduradas com éter etílico, utilizando frascos de vidro de boca larga com tampa hermética, trocando-se o éter do frasco até não se observarem mais resíduos de gordura no éter. Após a evaporação do éter, foi feita uma nova secagem em estufa a 105 °C por 24 horas.

Após a secagem, as tíbias foram incineradas em forno de mufla a 550° C por 12 horas. A solubilização foi feita adicionando-se 10 mL HCl e aquecendo-as. Após, a solução foi filtrada e diluída com água destilada para obter a solução mineral.

3.6.3 Digestibilidade ileal aparente de nutrientes

Ao final da segunda fase experimental, aos 42 dias de idade foi determinado o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca, o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e o coeficiente de digestibilidade da energia bruta através da coleta da digesta ileal das aves.

A digestibilidade ileal aparente foi determinada através da coleta do conteúdo ileal de duas aves por parcela experimental após o abate. O material foi coletado de aproximadamente 30 cm da porção do intestino delgado, que corresponde ao íleo. A quantidade de aves abatidas para a coleta de material foi estabelecida com base nas observações de Zanella (1998), que verificou que a quantidade coletada em duas aves é suficiente para as análises.

A digesta ileal foi congelada imediatamente após sua coleta, transportada para o laboratório animal do Departamento de Zootecnia da UFLA, onde foi liofilizada para as análises posteriores.

A determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foi realizada utilizando-se o óxido de cromo na dosagem de 0,5%, no período de 39 a 42 dias de idade, como indicador da indigestibilidade dos nutrientes.

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente foram calculados através da fórmula descrita por Rostagno & Featherston (1977), conforme equações apresentadas abaixo.

Fator de indigestibilidade (FI):

$$FI = \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{g na Ração}}{\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{g na digesta ileal}}$$

Coefficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca:

$$\text{CDMSa (\%)} = \frac{\text{MS Ração (\%)} - (\text{MS Digesta (\%)} \times \text{FI})}{\text{MS Ração (\%)}} \times 100$$

Coefficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína:

$$\text{CDPBa (\%)} = \frac{\text{PB na ração (\%)} - (\text{PB na digesta (\%)} \times \text{FI})}{\text{PB na ração (\%)}} \times 100$$

3.6.4 Viscosidade intestinal

A viscosidade da digesta intestinal foi determinada aos 42 dias de idade quando foram abatidas duas aves por unidade experimental, e imediatamente retirado o conteúdo intestinal presente no duodeno e jejuno, até 30 cm antes da junção dos cecos.

Logo após a coleta, aproximadamente 1,5 g do conteúdo digestivo fresco foram centrifugados a 3.000 rpm por cinco minutos e em seguida extraído o conteúdo sobrenadante que foi congelado até a determinação da viscosidade.

A determinação da viscosidade da digesta foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Jaboticabal-SP, utilizando-se um viscosímetro digital da marca Brookfield-Model-Dv-II, utilizando-se 0,5 mL do sobrenadante do conteúdo coletado.

A medida da viscosidade é dada em centipoise (cPs), que é correspondente a 1/100 dina/segundo por centímetro².

D
Dv-III

HASIL - CP40

3.6.5 Análise bioeconômica

A viabilidade econômica da utilização do farelo de arroz foi determinada usando-se o índice bioeconômico (IBE) proposto por Guidoni (1994). O índice leva em conta o consumo e o custo da ração, o peso e o preço do frango. Para o cálculo, foram utilizados os preços médios do mês de setembro de 2001. O índice bioeconômico foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{IBE (g)} = \text{GP} - (\text{PR}/\text{PF}) \times \text{CR}$$

onde:

GP = Ganho de peso médio no período por ave (g)

PR = Preço médio da ração (R\$/kg)

PF= Preço médio do kg de frango vivo (R\$)

CR = Consumo médio de ração por frango no período (g)

O índice bioeconômico representa o peso líquido de frango vivo obtido nos diferentes tratamentos, após descontado o peso necessário para pagar o custo da ração do respectivo tratamento, ou seja, é o peso de frango vivo que sobrou após descontado o custo da ração. O peso líquido não representa o lucro líquido, pois, para isto, seria necessário computar os demais custos, tais como mão-de-obra, pintos, energia, entre outros. Entretanto é um bom parâmetro de avaliação, pois, pode-se considerar que os demais custos serão idênticos nos diferentes tratamentos.

O preço do frango vivo considerado foi o preço médio em Reais do mês de setembro de 2001, divulgado pelo site www.avisite.com.br. Para calcular o preço da ração para cada uma das fases, utilizaram-se os preços médios dos insumos praticados em Cuiabá, no mês de setembro de 2001, conforme os preços de cada um dos ingredientes apresentados na Tabela 12.

Na Tabela 13 é apresentado o preço da ração para cada um dos tratamentos utilizados no experimento, estimados a partir dos preços dos ingredientes apresentados na Tabela 12.

TABELA 12. Preço dos ingredientes utilizados para estimar o preço da ração.

| INGREDIENTE | R\$ / kg |
|--------------------|-----------------|
| Milho em grão | 0,17 |
| Farelo de soja | 0,43 |
| Farelo de Arroz | 0,05 |
| Calcário | 0,06 |
| Fosfato bicálcio | 1,10 |
| Óleo de soja | 0,90 |
| Premix vitamínico | 7,00 |
| Premix mineral | 1,60 |
| Enzima fitase | 16,00 |
| Enzima xilanase | 5,00 |
| Dólar americano | 2,725 |

Para o cálculo do índice bioeconômico, estimou-se o preço médio ponderado da ração para cada um dos tratamentos em função de seu preço e consumo em cada uma das duas fases experimentais.

TABELA 13. Preço das rações utilizados para calcular os índices bioeconômicos dos frangos.

| TRATAMENTO | PREÇO (R\$/kg) | |
|---|----------------|--------------|
| | 1 A 21 DIAS | 22 A 42 DIAS |
| Testemunha I | 0,3051 | 0,2938 |
| 10% de Farelo de arroz e zero de xilanase | 0,2896 | 0,2802 |
| 10% de Farelo de arroz e 200 de xilanase | 0,2906 | 0,2812 |
| 10% de Farelo de arroz e 400 de xilanase | 0,2916 | 0,2822 |
| 10% de Farelo de arroz e 600 de xilanase | 0,2926 | 0,2832 |
| 20% de Farelo de arroz e zero de xilanase | 0,2848 | 0,2754 |
| 20% de Farelo de arroz e 200 de xilanase | 0,2858 | 0,2764 |
| 20% de Farelo de arroz e 400 de xilanase | 0,2868 | 0,2774 |
| 20% de Farelo de arroz e 600 de xilanase | 0,2878 | 0,2784 |
| Testemunha II | 0,3175 | 0,2938 |
| 6% de Farelo de arroz e zero de xilanase | 0,3072 | 0,2853 |
| 12% de Farelo de arroz e zero de xilanase | 0,3043 | 0,2824 |
| 18% de Farelo de arroz e zero de xilanase | 0,3014 | 0,2815 |
| 24% de Farelo de arroz e zero de xilanase | 0,2985 | 0,2766 |
| 6% de Farelo de arroz e 400 de xilanase | 0,3092 | 0,2873 |
| 12% de Farelo de arroz e 400 de xilanase | 0,3063 | 0,2844 |
| 18% de Farelo de arroz e 400 de xilanase | 0,3034 | 0,2835 |
| 24% de Farelo de arroz e 400 de xilanase | 0,3005 | 0,2786 |

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em nenhuma variável avaliada no experimento I houve interação significativa ($P>0,05$) entre os níveis de xilanase e de farelo de arroz. Para o experimento II, a análise de variância indicou interação significativa ($P<0,05$) entre os níveis de farelo de arroz e xilanase apenas para a viscosidade da digesta intestinal e para o índice bioeconômico.

Visando estimar a quantidade de xilanase ou de farelo de arroz para o primeiro e segundo experimentos, respectivamente, que proporcionaram os melhores resultados em cada uma das variáveis estudadas, optou-se por proceder o desdobramento dos fatores avaliados para permitir os estudos de regressão dos níveis de xilanase para a ração com 10 e 20% de farelo de arroz, para todas as variáveis estudadas no experimento I.

Para o experimento II, foram desdobrados os níveis de farelo de arroz para a ração com zero e 400 g de xilanase por tonelada, para todas as variáveis estudadas, além do desdobramento dos níveis de xilanase dentro dos níveis de farelo de arroz para a viscosidade da digesta e índice bioeconômico, para os quais houve interação significativa.

4.1 Experimento I - Desempenho de 1 a 21 dias

Os valores médios de consumo de ração das aves de 1 a 21 dias de idade são apresentados na Tabela 14 e a análise da variância é encontrada na Tabela 1A.

TABELA 14. Consumo de ração médio dos frangos no período de 1 a 21 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | CONSUMO DE RAÇÃO (g) | |
|-------------------|----------------------|----------------------|
| | 10% FA ^{ns} | 20% FA ^{ns} |
| 0 | 987 | 984 * |
| 200 | 1002 | 960 * |
| 400 | 1008 | 965 * |
| 600 | 1002 | 988 |
| MÉDIA | 1000 a | 974 b |
| TESTEMUNHA | 1051 | |
| CV (%) | 3,14 | |

^{ns} Regressão não significativa pelo teste F ($P>0,05$).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett ($P<0,05$).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F ($P<0,05$).

O consumo de ração das aves na fase de 1 a 21 dias de idade foi afetado pelos níveis de farelo de arroz na ração ($P<0,05$). As aves que receberam ração com 20% de farelo de arroz apresentaram consumo inferior ao daquelas que consumiram ração com 10% de farelo de arroz, independente do nível de xilanase na ração.

Os níveis de xilanase na ração não influenciaram no consumo de ração das aves na fase de 1 a 21 dias de idade ($P>0,05$).

Ao se comparar as médias de consumo de cada tratamento com a média da testemunha, sem farelo de arroz e sem enzimas, pelo teste de Dunnett, observa-se que o consumo de ração das aves que receberam ração com 10% farelo de arroz foi semelhante ao das aves do tratamento testemunha ($P>0,05$) independente do nível de xilanase. Para as rações com 20% de farelo de arroz, o consumo foi inferior ao consumo das aves do tratamento testemunha ($P<0,05$), exceto para aquelas que receberam ração com 600 g de xilanase por tonelada, para as quais o consumo foi semelhante ao das aves do tratamento testemunha ($P>0,05$). A elevação do nível de farelo de arroz causa redução do consumo,

provavelmente, devido à elevação do teor de fibra da ração e da conseqüente elevação da viscosidade da digesta, o que foi revertido quando da suplementação com o nível mais elevado de xilanase na ração com 20% de farelo de arroz.

Assim, a inclusão do farelo de arroz em até 10% na ração não afetou significativamente o consumo de ração das aves, mesmo sem a utilização da xilanase. Por outro lado, a inclusão de 20% de farelo de arroz causa redução significativa no consumo de ração, o que pode ser revertido pela adição de pelo menos 600 g de xilanase por tonelada de ração. Farrel & Martim (1998) verificaram redução de 4 e 20% no consumo para ração com 20 e 40% de farelo de arroz, respectivamente.

Esta redução no consumo de ração das aves que recebem níveis elevados de farelo de arroz pode ser explicada pela redução da velocidade de passagem da digesta devido à provável elevação de sua viscosidade, a qual pode ser atribuída aos polissacarídeos não-amídicos presentes em teores elevados no farelo de arroz.

A xilanase, em dose adequada, é efetiva em reduzir os efeitos negativos provocados pelos polissacarídeos não-amídicos do farelo de arroz, o que foi observado nas aves que receberam ração com 20% de farelo de arroz e 600 unidades de xilanase/kg, como pode ser observado pela análise do teste de Dunnett.

Contrariamente aos resultados deste experimento, Conte (2000), ao estudar o efeito de 1 kg de Avizyme 1300/tonelada de ração e fitase em rações com 15% de farelo de arroz para frangos de corte, não encontrou diferença no consumo de ração em função da utilização ou não da xilanase. Este resultado possivelmente pode estar relacionado com o nível de farelo de arroz estudado pelo autor, que foi inferior ao nível estudado neste experimento, em que foi observada redução no consumo de ração.

Os resultados dos efeitos das enzimas sobre o consumo de ração do presente trabalho confirmam os resultados obtidos por Farrel & Martin (1998), os quais, em estudo para avaliar dois complexos de enzimas contendo xilanase, α -amilase, β -glucanase, protease e fitase para frangos de corte de 1 a 23 dias de idade, alimentados com ração à base de sorgo e contendo farelo de arroz variando de zero a 40%, também não verificaram diferença significativa para o consumo de ração entre aquelas aves que receberam a ração sem enzimas, com o complexo de xilanase ou fitase isoladamente ou com o complexo de xilanase e fitase combinados.

Os valores médios de ganho de peso das aves de 1 a 21 dias de idade são apresentados na Tabela 15 e a análise da variância é encontrada na Tabela 1A.

TABELA 15. Ganho de peso médio dos frangos no período de 1 a 21 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | GANHO DE PESO (g) | |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 10% FA ² | 20% FA ¹ |
| 0 | 675 * | 674 * |
| 200 | 709 | 695 * |
| 400 | 714 | 709 |
| 600 | 706 | 714 |
| MÉDIA | 701 a | 698 a |
| TESTEMUNHA | 734 | |
| CV (%) | 2,31 | |

² Efeito quadrático para nível de xilanase (P<0,05).

¹ Efeito linear para nível de xilanase (P<0,05).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F (P>0,05).

O Ganho de peso das aves na fase de 1 a 21 dias de idade não foi afetado pelos níveis de farelo de arroz na ração (P>0,05).

Os níveis de xilanase na ração afetaram (P<0,01) o ganho de peso das aves alimentadas com ração contendo farelo de arroz na fase de 1 a 21 dias de idade. Pelo detalhamento da análise de variância através da regressão polinomial

dos efeitos dos níveis de xilanase desdobrados dentro de cada nível de farelo de arroz, verifica-se que o ganho de peso das aves alimentadas com ração contendo 10% de farelo de arroz apresentou um comportamento quadrático ($P < 0,01$), sendo o maior ganho de peso estimado em 716 g para suplementação com 391 g de xilanase por tonelada de ração, como ilustrado na Figura 5.

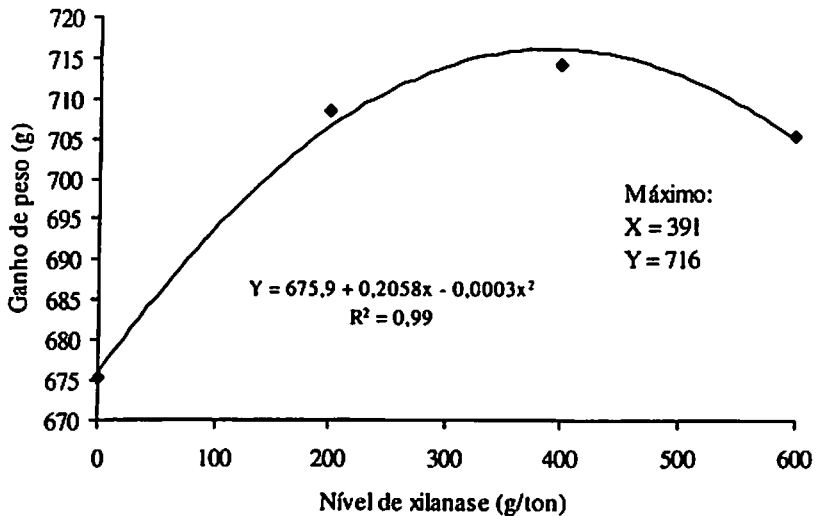


FIGURA 5. Efeito dos níveis de xilanase na ração com 10% de farelo de arroz sobre o ganho de peso dos frangos de 1 a 21 dias de idade.

Já com 20% de farelo de arroz na ração, o ganho de peso melhorou de forma linear ($P < 0,01$) em função da elevação do nível de xilanase na ração, indicando que, para usar 20% de farelo de arroz na ração seria necessário um nível de xilanase superior aos utilizados no presente trabalho (Figura 6).

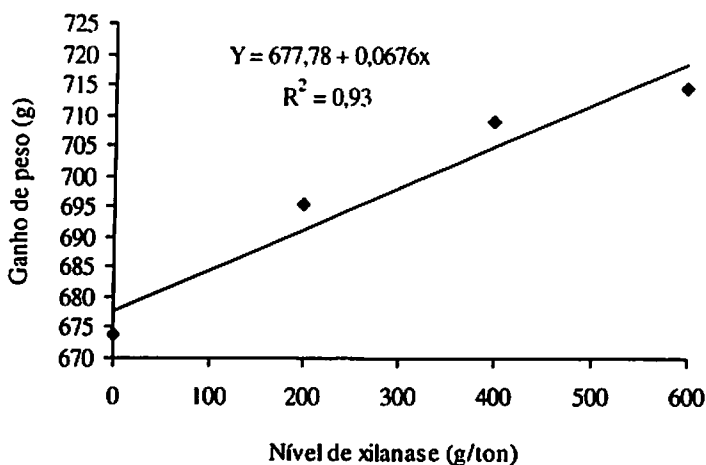


FIGURA 6. Efeito dos níveis de xilanase na ração com 20% de farelo de arroz sobre o ganho de peso dos frangos, no período de 1 a 21 dias de idade.

Os resultados de ganho de peso encontrados neste experimento diferem daqueles observados por Conte (2000), que não verificou efeito da xilanase em ração com 15% de farelo de arroz para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias.

No entanto, deve levar em consideração que no trabalho de Conte (2000) foram utilizados níveis de fitase variando de zero a 1200 FTU/kg e, portanto, as médias de ganho de peso comparadas com e sem xilanase se referem à média dos tratamentos, enquanto, que no presente trabalho, todas as rações com farelo de arroz foram suplementadas com 900 FTU/kg.

Diferentemente dos resultados obtidos no presente trabalho, Aboosadi et al. (1996), em trabalho com frangos de corte alimentados com ração contendo 30% de farelo de arroz e suplementada com 225 unidades de xilanase por kg de ração, e Farrel & Martin (1998), que utilizaram níveis de farelo de arroz variando de zero a 40%, não encontraram diferença significativa para o ganho de peso quando adicionaram xilanase e fitase à ração. No caso do trabalho de Aboosadi et al. (1996), a dosagem de xilanase utilizada parece inferior

quantidade efetivamente necessária para níveis tão elevados de farelo de arroz, o que deve ter levado os autores a não encontrar efeito benéfico da suplementação com xilanase. Também isto pode ter ocorrido devido ao elevado nível de farelo de arroz utilizado na ração e/ou à ausência ou quantidade de fitase insuficiente, já que o farelo de arroz é rico em fitato, que também prejudica a digestibilidade dos nutrientes da ração.

Melhora no ganho de peso também foi relatada em resumo de diversos resultados de trabalhos de pesquisa por Pack & Bedford (1997), em que foram estudados o desempenho de frangos de corte que receberam rações à base de milho e farelo de soja ou sorgo e farelo de soja, suplementadas com enzimas semelhantes às utilizadas neste experimento. Garcia (1997) também verificou melhora no ganho de peso de frangos em estudo que se avaliou rações à base de milho e farelo de soja fareladas e peletizadas suplementadas com enzimas similares às utilizadas no presente trabalho.

Os efeitos dos níveis de farelo de arroz estudados no presente trabalho confirmam os resultados obtidos por Farrel & Martin (1998), que, em estudo para avaliar o efeito de complexos enzimáticos sobre o desempenho de frangos de corte de 4 a 23 dias de idade, alimentados com ração à base de sorgo, não verificaram diferença significativa para o ganho de peso entre aquelas aves que receberam a ração contendo zero ou 20% de farelo de arroz.

Pelas comparações das médias de cada tratamento com a testemunha, através do teste de Dunnett, verifica-se que para o nível de 10% de farelo de arroz, somente o ganho de peso das aves que consumiram ração sem xilanase foi inferior ao das aves do tratamento testemunha, indicando que para este nível de inclusão do farelo de arroz, a adição de pelo menos 200 g de xilanase por tonelada de ração já seria capaz de eliminar os efeitos negativos dos fatores antinutricionais relacionados aos polissacarídeos não-amídicos, possibilitando ganho de peso estatisticamente semelhante ao das aves que consumiram ração

sem farelo de arroz, embora o ganho de peso máximo (716 g) dos frangos que consumiram ração com 10% de farelo de arroz seja atingido com 391 g de xilanase por tonelada de ração.

Para o nível de 20% de farelo de arroz na ração, o ganho de peso das aves que receberam ração com zero e 200 g de xilanase foi menor que o ganho de peso das aves do tratamento testemunha, quando comparadas pelo teste de Dunnett. Este resultado indica que a quantidade de xilanase necessária para eliminar os efeitos negativos contidos no farelo de arroz se eleva à medida que aumenta a sua inclusão na ração. Para este nível de farelo de arroz, 400 g de xilanase por tonelada de ração foi a quantidade mínima de enzima capaz de propiciar ganho de peso estatisticamente semelhante entre as aves que receberam ração com 20% de farelo de arroz e aquelas que não consumiram farelo de arroz.

Por outro lado, se observarmos o aumento linear do ganho de peso em função do aumento nos níveis de xilanase na ração com 20% de farelo de arroz, percebe-se que a maximização do ganho de peso pode não ter sido atingida, com a maior dose de xilanase utilizada neste experimento. É possível que quantidades superiores a 600 g de xilanase por tonelada de ração propiciem ganhos de peso maiores.

Os valores médios de conversão alimentar das aves de 1 a 21 dias de idade são apresentados na Tabela 16 e a análise da variância é encontrada na Tabela 1A. A conversão alimentar foi afetada ($P < 0,01$) pelos níveis de farelo de arroz na ração. O nível de 20% de farelo de arroz na ração propiciou conversão alimentar 2,2% melhor que a ração com 10% de farelo de arroz.

Para a ração com 10% de farelo de arroz, o efeito da elevação dos níveis de xilanase na ração não afetou ($P > 0,05$) a conversão alimentar dos frangos.

TABELA 16. Conversão alimentar média dos frangos no período de 1 a 21 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | CONVERSÃO ALIMENTAR | |
|-------------------|----------------------|---------------------|
| | 10% FA ^{ms} | 20% FA ² |
| 0 | 1,462 | 1,460 |
| 200 | 1,414 | 1,381 |
| 400 | 1,411 | 1,360 * |
| 600 | 1,421 | 1,384 |
| MÉDIA | 1,427 b | 1,396 a |
| TESTEMUNHA | 1,426 | |
| CV (%) | 2,04 | |

^{ms} Regressão não significativa (P>0,05)

² Efeito quadrático para nível de xilanase (P<0,05).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F (P<0,05).

Houve efeito quadrático dos níveis de xilanase dentro do nível de 20% de farelo de arroz na ração, sendo que, pela derivação da equação de regressão pode-se verificar que a melhor conversão alimentar das aves (1,351) foi obtida com 425 g de xilanase por tonelada de ração. Para este nível, a conversão das aves é 7,5% melhor que daquelas aves que consumiram a ração com farelo de arroz sem xilanase, indicando a efetividade da xilanase na melhora da digestibilidade dos nutrientes, como está ilustrado na Figura 7.

Esta melhora bastante sensível na conversão alimentar, propiciada pela adição da xilanase na ração com 20% de farelo de arroz, demonstra que a enzima é realmente eficaz na redução dos fatores antinutricionais relacionados principalmente aos polissacarídeos não-amídicos. Possivelmente houve melhora na digestibilidade dos nutrientes da ração como um todo, resultando na melhoria da conversão alimentar, o que pode ser observado pelos resultados do presente experimento, sendo mais expressivos para o nível mais elevado de farelo de arroz na ração.

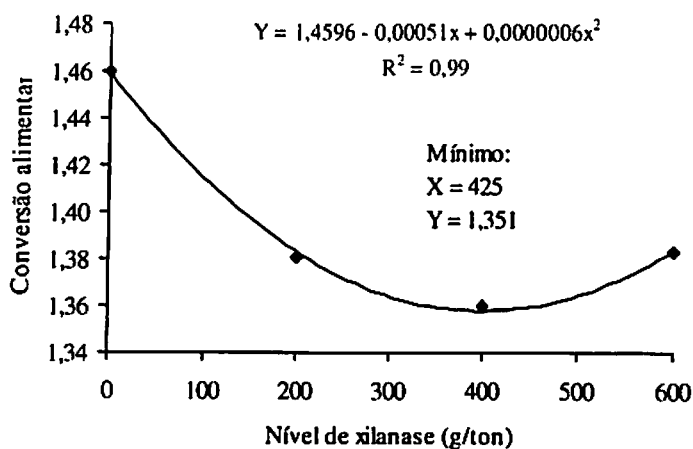


FIGURA 7. Efeito dos níveis de xilanase na ração com 20% de farelo de arroz sobre a conversão alimentar dos frangos no período de 1 a 21 dias de idade.

Como houve uma redução no consumo de ração das aves que receberam ração com 20% de farelo de arroz e o ganho de peso foi semelhante ao das aves que consumiram a ração contendo 10% de farelo de arroz, pode-se deduzir que a xilanase foi a responsável pela melhora na conversão alimentar.

Resultados similares ao deste experimento para conversão alimentar de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias foram obtidos por Conte (2000), que relata uma melhora de 5,8% na conversão alimentar quando adicionou um kg de Avizyme 1300 por tonelada de ração com 15% de farelo de arroz na ração.

Como não se verificou diferença no consumo de ração e melhora no ganho de peso com a elevação dos níveis de xilanase na ração, pode-se deduzir que as aves tiveram uma melhora no ganho de peso em função de um melhor aproveitamento dos nutrientes da ração com xilanase. A melhora da conversão alimentar pode-ser atribuída ao efeito das enzimas adicionadas à ração, mostrando que as mesmas foram capazes de reduzir e/ou eliminar os efeitos antinutricionais presentes no farelo de arroz.

Aboosadi et al. (1996), em trabalho com frangos de corte alimentados com ração contendo 30% de farelo de arroz, não encontraram diferença significativa para a conversão alimentar quando adicionaram 225 unidades de xilanase por kg de ração, embora tenham verificado uma melhora numérica de 4,4% na conversão alimentar da ração com xilanase em relação àquela sem xilanase. Possivelmente, a quantidade de enzima utilizada não foi suficiente para o nível de farelo de arroz incluído na ração.

Os resultados do presente trabalho diferem dos obtidos por Farrel & Martin (1998), que ao avaliar o efeito de enzimas carboidrases sobre o desempenho de frangos de corte de 4 a 23 dias de idade, alimentados com ração à base de sorgo e contendo zero, 20 ou 30% de farelo de arroz, onde verificaram que a conversão alimentar foi significativamente piorada com a elevação dos níveis de farelo de arroz e não verificaram efeito das enzimas. No entanto, neste trabalho provavelmente não foi utilizada a fitase em quantidades adequadas, além da elevação dos níveis de cálcio na ração, o que pode ter prejudicado o desempenho das aves.

Conte (2000), em estudo do efeito da xilanase sobre a energia metabolizável de rações com 15% de farelo de arroz, com fitase e xilanase, demonstrou o efeito positivo da xilanase, com uma melhora média de 8% na energia metabolizável. Estes resultados são confirmados no presente trabalho, tendo em vista a melhora na conversão alimentar.

Giacometti (2002), em estudo do efeito de diferentes marcas comerciais de xilanase sobre o farelo de arroz para frangos, encontrou melhora de 9,7% para a conversão alimentar em apenas uma das três enzimas avaliadas, em que substituiu 30% da ração referência pelo farelo de arroz.

Melhora de 2,8% na conversão alimentar também foi relatada em resumo de diversos resultados de trabalhos de pesquisa por Pack & Bedford (1997), em que foram estudados os desempenhos de frangos de corte que receberam rações

à base de milho e farelo de soja ou sorgo e farelo de soja suplementadas com enzimas semelhantes às utilizadas neste experimento.

Para conversão alimentar, não houve diferença em relação à testemunha para as aves que receberam ração contendo 10% de farelo de arroz. Já para as aves que receberam ração contendo 20% de farelo de arroz, foi verificado, pela comparação pelo teste de Dunnett, que os frangos que consumiram ração com 400 gramas de xilanase apresentaram conversão alimentar significativamente melhor que as aves que receberam a ração sem farelo de arroz e sem enzimas.

Pelo exposto acima, observa-se que quando se eleva o nível de farelo de arroz na ração, aumenta a quantidade de xilanase necessária para eliminar os efeitos antinutritivos do mesmo, ou seja, a quantidade de xilanase na ração depende do alimento em questão e de seu nível de inclusão.

Em relação ao desempenho produtivo na fase de 1 a 21 dias de idade, a utilização de farelo de arroz em ração para frangos de corte, sem comprometer nenhuma das variáveis de desempenho, é possível com a suplementação de pelo menos 350 g de xilanase por tonelada para ração com 10% de farelo de arroz e de no mínimo 600 g de xilanase por tonelada quando a ração contém 20% de farelo de arroz na fase de 1 a 21 dias de idade.

4.2 Experimento I – Desempenho de 1 a 42 dias

Os valores médios de consumo de ração dos frangos de 1 a 42 dias de idade são apresentados na Tabela 17, e a análise de variância, na Tabela 2A. Não houve diferença no consumo de ração ($P>0,05$) em função dos níveis de farelo de arroz na fase de 1 a 42 dias de idade, diferentemente do que ocorreu na fase inicial, quando as aves que receberam ração contendo 20% de farelo de arroz apresentaram consumo inferior àquelas que consumiram ração contendo 10% de farelo de arroz. Isto nos leva a deduzir que aves de idade mais avançada possuem capacidade maior de digerir os nutrientes de rações que contêm

alimentos alternativos, como é caso do farelo de arroz, que normalmente apresentam nutrientes com menor digestibilidade.

TABELA 17. Consumo de ração médio dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | CONSUMO DE RAÇÃO (g) | |
|-------------------|----------------------|----------------------|
| | 10% FA ^{ns} | 20% FA ^{ns} |
| 0 | 4104 | 4065 |
| 200 | 4087 | 3969 * |
| 400 | 4068 | 4039 |
| 600 | 4102 | 4120 |
| MÉDIA | 4090 a | 4048 a |
| TESTEMUNHA | 4213 | |
| CV (%) | 2,43 | |

^{ns} Regressão não significativa pelo teste F (P>0,05).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F (P>0,05).

O consumo de ração não foi afetado (P>0,05) pelos níveis de xilanase na ração na fase 1 a 42 dias de idade, da mesma forma como não houve diferença para esta variável na fase inicial, até 21 dias de idade.

Os resultados deste trabalho confirmam os resultados obtidos por Conte (2000) que também não encontrou diferença de consumo de ração quando testou os efeitos da xilanase em rações com 15% de farelo de arroz e fitase para frangos de corte de 1 a 42 dias. Zanella (1998), em estudo com frangos de corte de 1 a 45 dias de idade, também não verificou diferença no consumo de ração em função da utilização de um complexo enzimático semelhante ao utilizado no presente experimento.

Quando comparado pelo teste de Dunnett, não se observou diferença no consumo entre as aves que receberam ração com 10% de farelo de arroz e aves que receberam a ração testemunha. Assim, pode-se inferir que a utilização de até 10% de farelo de arroz na ração suplementada com 900 FTU/kg para frangos de

corte de 1 a 42 dias de idade não prejudica o consumo de ração, mesmo sem a suplementação com xilanase.

Para a ração contendo 20% de farelo de arroz, verificou-se uma redução significativa ($P < 0,05$) no consumo de ração das aves que receberam a ração com 200 g de xilanase por tonelada de ração, em comparação às aves que receberam a ração testemunha. Este comportamento foi atípico, uma vez que o consumo dos frangos que consumiram a ração com 20% de farelo de arroz e zero de xilanase não diferiu significativamente do consumo dos frangos do tratamento testemunha, embora este tenha sido inferior numericamente.

Quando comparados os resultados de consumo de ração da fase inicial (1 a 21 dias de idade), e os resultados da fase toda (1 a 42 dias), podemos deduzir que realmente, com o avanço da idade, os frangos apresentam maior capacidade de consumir alimentos de menor digestibilidade, mesmo sem a utilização de xilanase.

A xilanase é usada com a finalidade de minimizar os fatores antinutritivos relacionados aos polissacarídeos não-amídicos, os quais, em tese, aumentam a viscosidade da digesta e, desta maneira, reduzem a velocidade de passagem pelo trato digestivo, prejudicando o consumo de ração principalmente em aves mais jovens, que ainda apresentam capacidade digestiva menor.

Este efeito foi observado na fase inicial, para as aves que consumiram ração contendo 20% de farelo de arroz e níveis de xilanase inferiores a 600 g/tonelada, as quais apresentaram consumo de ração menor que as aves do tratamento testemunha, o que não mais foi verificado na avaliação de 1 a 42 dias.

Estes resultados indicam que o farelo de arroz deve ser utilizado com mais cautela nos primeiros dias de vida dos pintinhos. Já na fase final, provavelmente teores mais elevados do que os testados no presente experimento possam ser utilizados sem comprometer a capacidade de consumo dos frangos.

Isto sugere a realização de experimentos para estudar a idade mais adequada para se iniciar a inclusão do farelo de arroz na ração para frangos de corte.

Os valores médios de ganho de peso dos frangos de 1 a 42 dias de idade são apresentados na Tabela 18, e a análise de variância, na Tabela 2A.

TABELA 18. Ganho de peso médio dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | GANHO DE PESO (g) | |
|-------------------|----------------------|---------------------|
| | 10% FA ^{ns} | 20% FA ¹ |
| 0 | 2277 | 2249 * |
| 200 | 2342 | 2291 |
| 400 | 2320 | 2339 |
| 600 | 2317 | 2348 |
| MÉDIA | 2314 a | 2307 a |
| TESTEMUNHA | 2313 | |
| CV (%) | 1,57 | |

^{ns} Regressão não significativa pelo teste F (P>0,05).

¹ Efeito linear para níveis de xilanase (P<0,01).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F (P>0,05).

O ganho de peso não foi afetado (P>0,05) pelos níveis de farelo de arroz na ração. Resultado semelhante foi verificado para a fase de 1 a 21 dias de idade.

Com o detalhamento da análise de variância pelo desdobramento, verificou-se que os frangos que receberam a ração contendo 10% de farelo de arroz não tiveram seu ganho de peso de 1 a 42 dias afetado (P>0,05) pelos níveis de xilanase na ração, indicando que não há necessidade de suplementação com xilanase em rações com até 10% de farelo de arroz, desde que sejam suplementadas com fitase, como no presente trabalho.

Os níveis de xilanase na ração com 20% de farelo de arroz afetaram (P<0,01) o ganho de peso de 1 a 42 dias, sendo seu efeito descrito por uma regressão linear (Figura 8), ou seja, observou-se uma melhora crescente no ganho de peso, a medida que se levou os níveis de xilanase na ração. A melhora

observada entre o ganho de peso das aves que receberam a ração sem xilanase e aquela com 600 unidades/kg foi de 4,4%.

Considerando o modelo linear, pode-se deduzir que o maior nível de xilanase utilizado na ração (600 g/tonelada) não foi suficiente para maximizar o ganho de peso. Isto sugere a necessidade de se realizarem estudos com níveis mais elevados de xilanase em rações com inclusão de 20% ou mais de farelo de arroz.

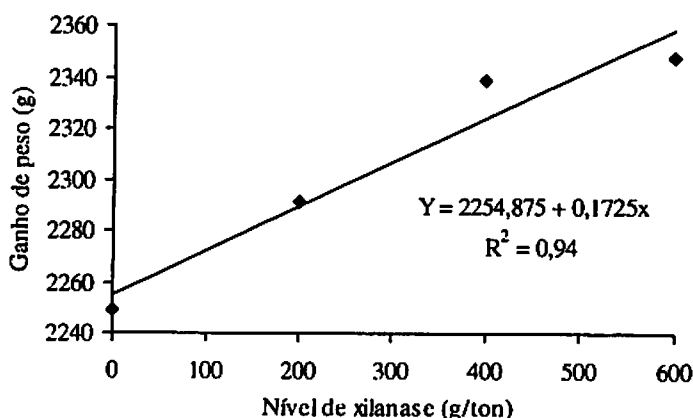


FIGURA 8. Efeito dos níveis de xilanase na ração com 20% de farelo de arroz sobre o ganho de peso dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Zanella (1998), que estudando um complexo enzimático em rações à base de milho e soja processada para frangos de 1 a 45 dias de idade, verificou melhora de 2,2% para o ganho de peso das aves que receberam a ração suplementada com enzimas em relação àquelas que não receberam enzimas. O autor atribuiu a melhora no ganho de peso ao aumento do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes da ração, proporcionado pela adição das enzimas.

A comparação pelo teste de Dunnett mostrou que para o ganho de peso, apenas a utilização de 20% de farelo de arroz e zero de suplementação de

xilanase foi inferior ao tratamento testemunha. Todos os demais tratamentos apresentaram resultados de ganho de peso estatisticamente semelhantes ($P>0,05$) à testemunha, independente do nível de farelo de arroz utilizado indicando que ao se utilizar 20% de farelo de arroz na ração, o uso da xilanase pode favorecer o ganho de peso.

Embora os efeitos positivos da utilização de xilanase na ração tenham se mantido até os 42 dias de idade, os efeitos sobre os resultados de ganho de peso na fase de 1 a 42 dias de idade foram menos expressivos do que na fase inicial (1 a 21 dias de idade), indicando que na fase inicial a necessidade de suplementação enzimática é maior do que em aves em idades maiores. Isto possivelmente possibilita um maior retorno econômico dos recursos financeiros investidos na utilização de enzimas na fase inicial de criação dos frangos.

Os valores médios de conversão alimentar dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade são apresentados na Tabela 19, e a análise de variância, na Tabela 2A.

TABELA 19. Conversão alimentar média dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | CONVERSÃO ALIMENTAR | |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 10% FA ² | 20% FA ² |
| 0 | 1,802 | 1,808 |
| 200 | 1,745 | 1,733 * |
| 400 | 1,754 | 1,727 * |
| 600 | 1,770 | 1,755 |
| MÉDIA | 1,768 a | 1,756 a |
| TESTEMUNHA | 1,812 | |
| CV (%) | 2,14 | |

^{1a} Regressão não significativa pelo teste F ($P>0,05$).

² Efeito quadrático para nível de xilanase ($P<0,01$).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett ($P<0,05$).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F ($P>0,05$).

A conversão alimentar dos frangos na fase de 1 a 42 dias de idade não foi influenciada ($P>0,05$) pelos níveis de farelo de arroz incluídos na ração.

Os níveis de xilanase na ração com 10% de farelo de arroz influenciaram ($P<0,05$) o ganho de peso, mostrando um efeito quadrático, indicando que a melhor conversão alimentar (1,748) pode ser obtida mediante a suplementação da ração com 319 g de xilanase por tonelada (Figura 9).

A utilização de xilanase na ração com 20% de farelo de arroz influenciou ($P<0,01$) a conversão alimentar dos frangos, de forma quadrática podendo-se estimar a melhor conversão alimentar (1,715) com a utilização de 389 gramas de xilanase por tonelada de ração (Figura 9).

Considerando que o consumo de ração não foi afetado pelo nível de xilanase e que foi obtida melhora no ganho de peso pela adição da xilanase à ração, era de se esperar melhora na conversão alimentar das aves, como ocorreu com as aves que receberam ração contendo 20% de farelo de arroz. Isto deve ter ocorrido devido a um melhor aproveitamento dos nutrientes da ração suplementada com xilanase.

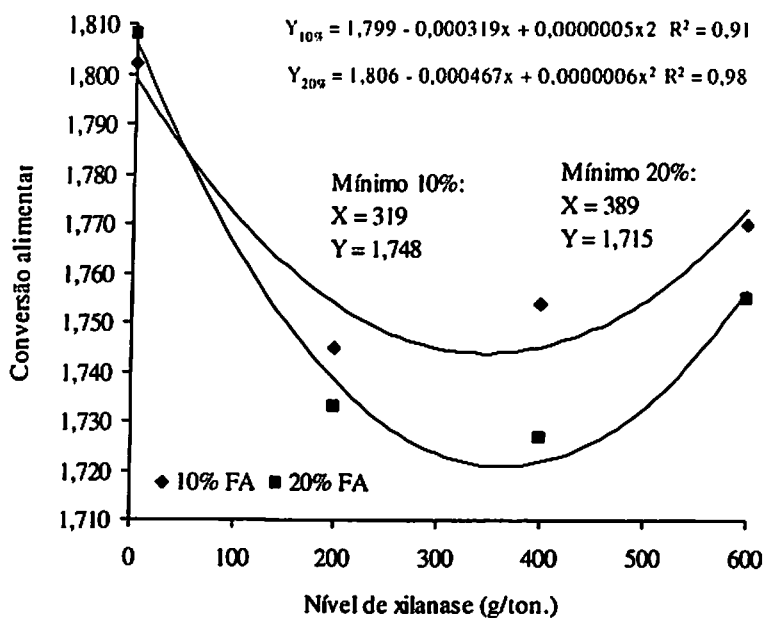


FIGURA 9. Efeito dos níveis de xilanase na ração com 10 e 20% de farelo de arroz sobre a conversão alimentar dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade.

A melhora de 5,2% na conversão alimentar estimada para as aves que consumiram ração com 20% de farelo de arroz suplementada com 389 g de xilanase por tonelada de ração confirma os resultados observados por Zanella (1998). Este autor, estudando um complexo enzimático em rações à base de milho e soja processada para frangos de 1 a 45 dias de idade, também verificou melhora de 2,04% para a conversão alimentar para as aves que receberam a ração suplementada com enzimas em relação àquelas que não receberam enzimas. Como não houve diferença no consumo de ração, o autor atribuiu a melhora de ganho de peso e conversão alimentar das aves ao aumento do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes da ração, o que possivelmente ocorreu no presente experimento.

Em trabalho de pesquisa com 15% de farelo de arroz na ração para frangos de corte, Conte (2000) também observou uma melhora de 5,8% na conversão alimentar quando adicionou 1 kg de Avizyme 1300 por tonelada de ração. Entretanto, embora tenha obtido uma melhor conversão alimentar nas aves suplementadas com xilanase, esta melhora ocorreu em função de uma redução no consumo de ração, sem alteração no ganho de peso, ao contrário do ocorrido no presente trabalho. Porém, em ambos casos fica evidente a ação positiva da xilanase, melhorando a digestibilidade dos nutrientes do alimento.

Pelo teste de Dunnett, verificou-se que a conversão alimentar das aves que receberam ração com 10% de farelo de arroz não diferiu ($P>0,05$) do tratamento testemunha. Para o nível de 20% de farelo de arroz, o nível zero e 600 g/tonelada de xilanase também não diferiu ($P>0,05$) da testemunha, enquanto para 200 e 400 g de xilanase, os resultados de conversão alimentar mostraram-se superiores ao das aves que receberam a ração testemunha.

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam uma eficiente ação da enzima xilanase sobre os fatores antinutricionais do farelo de arroz, melhorando a eficiência no aproveitamento de nutrientes e, conseqüentemente, a conversão alimentar das aves, e que a quantidade de enzima necessária é variável em função do nível de farelo de arroz utilizado na ração.

Em resumo pode-se afirmar que aos 21 e aos 42 dias de idade, a utilização de xilanase melhora o peso vivo das aves e a conversão alimentar.

4.3 Experimento I – Mineralização óssea

Na Tabela 20 são apresentados os valores médios dos teores de cinza, cálcio e fósforo na tibia dos frangos aos 42 dias de idade e na Tabela 3A a respectiva análise de variância.

Os valores apresentados são a média dos dois níveis de farelo de arroz estudados, pois não houve interação e não há interesse prático em mostrar os valores para cada nível de farelo de arroz.

TABELA 20. Conteúdo de cinzas, cálcio e fósforo médio nos ossos das tíbias dos frangos aos 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase na ração.

| XILANASE (g/ton.) | CINZAS (%) | CÁLCIO (%) | FÓSFORO (%) |
|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 0 | 52,1 | 19,1 | 9,6 |
| 200 | 52,0 | 19,0 | 9,3 |
| 400 | 52,9 | 19,5 | 9,5 |
| 600 | 53,0 | 19,6 | 9,3 |
| MÉDIA | 53,0 | 19,4 | 9,5 |
| TESTEMUNHA | 49,7 | 18,6 | 8,8 |
| CV (%) | 6,94 | 7,75 | 10,02 |

Não houve efeito significativo do nível de xilanase e nem do nível de farelo de arroz sobre as variáveis de mineralização óssea estudadas ($P > 0,05$). A comparação das médias de cada tratamento com farelo de arroz e o tratamento testemunha, sem farelo de arroz e sem enzimas, pelo teste de Dunnett também não indicou nenhuma diferença significativa.

A avaliação dos teores de deposição dos principais minerais que compõem os ossos objetivou verificar se a ração com baixos teores de fósforo e cálcio suplementar e com farelo de arroz suplementado com fitase seria capaz de propiciar uma adequada formação óssea, semelhante àquela das aves que receberam ração à base de milho e farelo de soja com suplementação de minerais de cálcio e fósforo, conforme recomendação de Rostagno et al. (2000).

Os resultados de mineralização óssea indicam que a utilização de rações com baixos teores de fósforo não afetam a deposição de minerais no osso, quando estas rações são suplementadas com a enzima fitase e contenham uma fonte orgânica de fósforo, como é o caso do farelo de arroz. Assim, é possível

substituir parte da suplementação inorgânica de fósforo (fosfato bicálcio) pela utilização de farelo de arroz e fitase, sem afetar a deposição óssea de minerais.

Schoulten (2001), em trabalho que testou diferentes níveis de cálcio em ração suplementada com fitase e baixo nível de fósforo total (0,54%) para frangos de corte, verificou que níveis elevados de cálcio na ração suplementada com enzimas para frangos de corte prejudicaram o seu desempenho. Concluiu que a redução do nível de cálcio e fósforo na ração é necessária para maximizar o efeito da enzima fitase e estimou que 0,62% de cálcio na ração suplementada com fitase é suficiente para proporcionar desempenho ótimo dos frangos e mineralização adequada na fase de 1 a 21 dias de idade.

4.4 Experimento I – Viscosidade e digestibilidade ileal

Os valores médios da viscosidade da digesta dos frangos aos 42 dias de idade são apresentados na Tabela 21. A respectiva análise das variâncias está na Tabela 4A.

TABELA 21. Viscosidade média da digesta dos frangos aos 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | VISCOSIDADE DA DIGESTA (cPs) | |
|-------------------|------------------------------|----------------------|
| | 10% FA ^{ns} | 20% FA ^{ns} |
| 0 | 8,70 | 7,60 |
| 200 | 7,08 | 6,00 |
| 400 | 8,78 | 8,03 |
| 600 | 7,55 | 6,43 |
| MÉDIA | 8,03 a | 7,01 a |
| TESTEMUNHA | 8,10 | |
| CV (%) | 23,67 | |

^{ns} Regressão não significativa pelo teste F (P>0,05).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F (P>0,05).

A análise de variância não indicou diferença (P>0,05) na viscosidade da digesta dos frangos coletada aos 42 dias de idade em função dos tratamentos

aplicados. Da mesma forma, não houve diferença entre as amostras coletadas dos frangos que receberam a ração testemunha, quando comparadas às amostras obtidas dos frangos que consumiram a ração contendo farelo de arroz e enzimas. Esperava-se uma ação da xilanase sobre a viscosidade da digesta intestinal, já que a mesma atuaria sobre as fibras solúveis dos alimentos no intestino delgado. Entretanto, a alta variabilidade na sua determinação, elevando o coeficiente de variação, não permitiu a obtenção de resultados satisfatórios.

Zanella (1998) também não encontrou diferença na viscosidade da digesta de frangos de corte alimentados com ração contendo soja processada de diferentes formas e complexo enzimático aos 23 dias de idade. No entanto o autor encontrou valores médios de 2,5 centipoises (cPs), bem inferiores à média dos valores deste experimento.

Essa diferença possivelmente se deve à ração utilizada, que no caso do trabalho de Zanella (1998) foi à base de milho e farelo de soja ou milho e soja processada (integral tostada ou extrusada), portanto de baixa viscosidade. Já a ração utilizada neste experimento pode ser considerada de alta viscosidade devido à utilização do farelo de arroz. Jin et al. (1998) também não verificaram diferença na viscosidade intestinal de perus alimentados com ração à base de trigo e farelo de soja suplementada com 750 unidades de xilanase, 2300 unidades de α -amilase e 6000 unidades de protease.

O comportamento da viscosidade da digesta observada neste trabalho difere daquela relatada por Farrel & Martim (1998), que encontraram 14% de redução na viscosidade relativa da digesta das aves que receberam ração contendo 20 e 40% de farelo arroz comparada àquela das aves que receberam ração sem farelo de arroz.

Ouhida et al. (2000) observaram redução significativa na viscosidade da digesta no jejuno e no íleo, quando suplementaram a ração à base de milho, cevada e trigo com glucanase e xilanase.

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca dos frangos aos 42 dias de idade são apresentados na Tabela 22. A respectiva análise das variâncias está na Tabela 5A.

TABELA 22. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDAMS) médio aos 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | CDAMS (%) | |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 10% FA ¹ | 20% FA ¹ |
| 0 | 72,3 * | 73,6 * |
| 200 | 74,7 | 72,8 * |
| 400 | 76,2 | 75,2 |
| 600 | 77,9 | 75,5 |
| MÉDIA | 75,3 a | 74,3 a |
| TESTEMUNHA | 76,1 | |
| CV (%) | 2,08 | |

¹ Efeito linear para níveis de xilanase (P<0,05).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F (P>0,05).

O coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca da ração aos 42 dias de idade dos frangos não foi influenciado (P>0,05) pelos níveis de farelo de arroz na ração. No entanto, nota-se uma redução numérica no coeficiente para a ração com 20% de farelo de arroz, indicando que possivelmente, níveis mais elevados de farelo de arroz em relação aos utilizados neste trabalho prejudicariam a digestibilidade da matéria seca.

A elevação dos níveis de xilanase na ração incrementaram de maneira linear (P<0,05) o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca da ração, para os dois níveis de farelo de arroz utilizados, como pode ser observado na Figura 10.

Melhora da digestibilidade, semelhante à encontrada neste trabalho, também foi observada por Boros & Rek-Ciepla (2001), que verificaram melhora de 5% na digestibilidade da matéria seca para frangos quando suplementaram a

ração contendo 60% de centeio com xilanase. O centeio possui níveis elevados de arabinosilanos, que também são os principais polissacarídeos não-amídicos do farelo de arroz.

Danicke et al. (1999c) também verificaram melhora na digestibilidade da matéria seca no íleo terminal para frangos recebendo ração à base de centeio, que foi de 61,2 para a ração sem enzima e 65,5% quando suplementada com Avizyme 1300 na dosagem de 1g/kg de ração.

Comparando a inclinação das retas, pode-se notar que o incremento na digestibilidade da matéria seca proporcionado pela elevação do nível de xilanase é superior para a ração com 10% de farelo de arroz, indicando que para níveis mais elevados de farelo de arroz há tendência de reduzir a digestibilidade, mesmo com a utilização da xilanase, conforme já foi discutido anteriormente. Esta observação indica que para níveis mais elevados de farelo de arroz aumenta a quantidade de enzima necessária para manter a digestibilidade satisfatória.

A melhora na digestibilidade da matéria seca observada pode, em parte, explicar a melhora no ganho de peso e a conversão alimentar que foi verificada tanto na avaliação da fase de 1 a 21 como de 1 a 42 dias de idade. Desta forma, pode-se deduzir que de fato a xilanase foi eficiente na redução dos efeitos antinutritivos decorrentes da inclusão do farelo de arroz na ração.

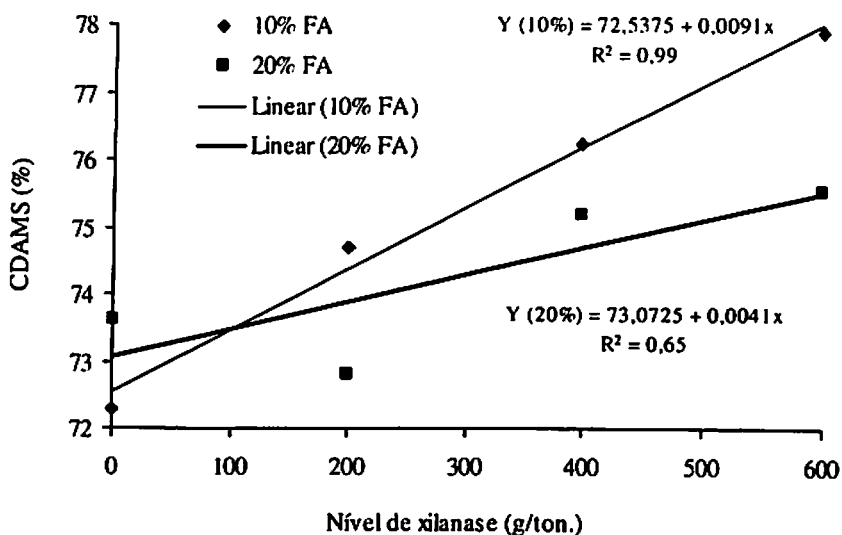


FIGURA 10. Efeitos dos níveis de xilanase na ração sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca da ração aos 42 dias de idade.

Para o nível de 10% de farelo de arroz na ração, o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca da ração foi inferior ($P < 0,05$) ao da ração testemunha para a ração sem suplementação de xilanase, quando comparada pelo teste de Dunnett. Para a ração com 20% de farelo de arroz, observou-se inferioridade para a ração sem e com 200 g de xilanase por tonelada. Estas observações indicam que a suplementação mínima necessária de xilanase para manter a digestibilidade da matéria seca da ração equivalente à da ração com milho e farelo de soja é de 200 e 400 g por tonelada, respectivamente para a inclusão de 10% e 20% de farelo de arroz na ração.

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta dos frangos aos 42 dias de idade são apresentados na Tabela 23. A respectiva análise das variâncias está na Tabela 5A.

TABELA 23. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDAPB) médio aos 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | CDAPB (%) | |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 10% FA ¹ | 20% FA ¹ |
| 0 | 68,0 * | 68,5 * |
| 200 | 72,5 | 72,8 |
| 400 | 75,3 | 75,0 |
| 600 | 76,3 | 74,3 |
| MÉDIA | 73,0 a | 72,6 a |
| TESTEMUNHA | 76,0 | |
| CV (%) | 3,41 | |

¹ Efeito linear para níveis de xilanase (P<0,01).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F (P<0,05).

O coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta da ração aos 42 dias de idade não foi influenciado (P>0,05) pelos níveis de farelo de arroz na ração.

A elevação dos níveis de xilanase na ração incrementaram de maneira linear (P<0,05) o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta da ração para os dois níveis de farelo de arroz utilizados, como pode ser observado na Figura 11.

Pela comparação das médias dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta das rações contendo farelo de arroz com a média do tratamento testemunha, observa-se que houve diferença (P<0,05) somente para a ração com o nível zero de xilanase nos dois níveis de farelo de arroz, as quais foram inferiores à média do tratamento testemunha. Este resultado indica que a xilanase, mesmo em níveis baixos, é eficiente na melhora da digestibilidade de aminoácidos.

Resultado semelhante foi obtido por Zanella (1998), que estudando o efeito da suplementação enzimática para frangos de corte, verificou que a

digestibilidade protéica melhorou 2,9% com a adição de um complexo enzimático.

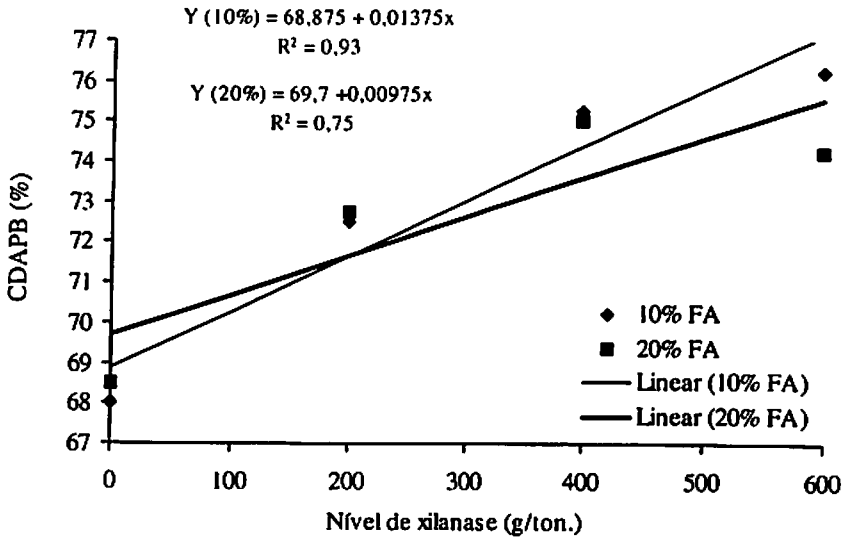


FIGURA 11. Efeito dos níveis de xilanase na ração com 10 e 20% de farelo de arroz sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta aos 42 dias de idade.

Contrariamente aos resultados deste experimento, Aboosadi et al. (1996) não verificaram melhora na retenção aparente de nitrogênio para frangos de 21 dias, alimentados com ração contendo 30% de farelo de arroz e suplementada com 255 unidades de xilanase. No entanto, observa-se que a quantidade de enzima utilizada foi muito baixa para o nível de farelo de arroz que o autor testou, motivo provável de não ter encontrado resultado positivo.

Resultados semelhantes aos do presente trabalho também foram obtidos por Danicke et al. (1999c), que também verificaram melhora na digestibilidade do nitrogênio no fleo terminal para frangos recebendo ração à base de centeio, que foi de 80,3 para a ração sem enzima e 83,7 quando suplementada com Avizyme 1300 (1g/kg).

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da energia bruta dos frangos aos 42 dias de idade são apresentados na Tabela 24. A respectiva análise das variâncias está na Tabela 5A.

TABELA 24. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da energia bruta (CDAEB) médio aos 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| XILANASE (g/ton.) | CDAEB (%) | |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 10% FA ¹ | 20% FA ¹ |
| 0 | 74,1 | 75,0 |
| 200 | 75,1 | 76,0 |
| 400 | 77,1 | 78,0 |
| 600 | 78,8 | 77,8 |
| MÉDIA | 76,3 a | 76,7 a |
| TESTEMUNHA | 76,3 | |
| CV (%) | 1,62 | |

¹ Efeito linear para níveis de xilanase (P<0,01).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F (P>0,05).

O coeficiente de digestibilidade ileal aparente da energia bruta da ração aos 42 dias de idade dos frangos, não foi influenciado (P>0,05) pelos níveis de farelo de arroz na ração.

A elevação dos níveis de xilanase na ração elevaram linearmente (P<0,01) o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da energia bruta da ração, para os dois níveis de farelo de arroz utilizados, como pode ser observado na Figura 12.

Não houve diferença (P>0,05) para as médias do coeficiente de digestibilidade ileal aparente da energia bruta da ração contendo farelo de arroz, quando comparada à média do tratamento testemunha.

Uma melhora na digestibilidade de nutrientes também foi observada, por Ouhida et al. (2000), que verificaram melhora na digestibilidade da matéria orgânica, do extrato etéreo e da proteína para frangos aos 21 e 42 dias, quando

suplementaram a ração à base de milho, cevada e trigo com glucanase e xilanase.

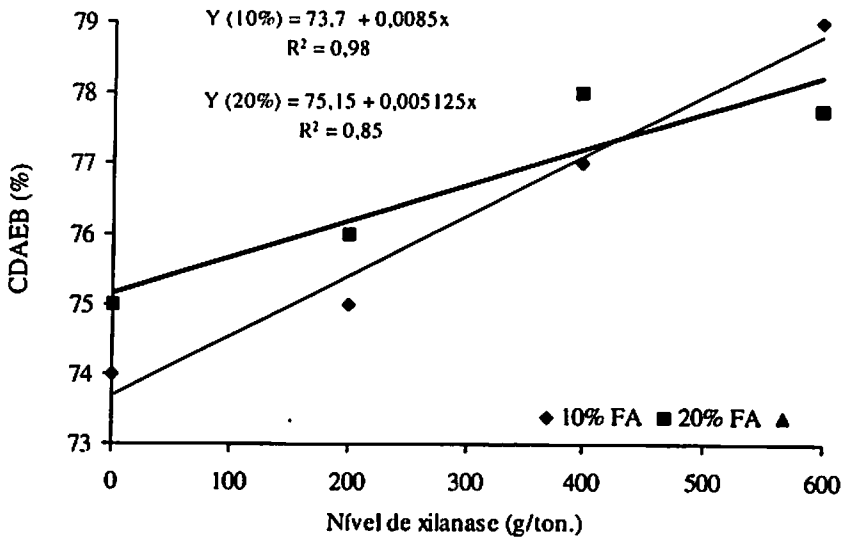


FIGURA 12. Efeito dos níveis de xilanase na ração com 10 e 20% de farelo de arroz sobre o coeficiente de idigestibilidade ileal aparente da energia bruta aos 42 dias de idade.

4.4 Experimento I - Análise bioeconômica

Na Tabela 25 estão apresentadas as médias dos índices bioeconômicos calculados para as aves aos 42 dias de idade e na Tabela 4A, a respectiva análise de variâncias.

TABELA 25. Índice bioeconômico médio calculado aos 42 dias de idade dos frangos, em função dos níveis de farelo de arroz e níveis de xilanase na ração.

| XILANASE (g/ton.) | ÍNDICE BIOECONÔMICO (g) | |
|-------------------|-------------------------|---------------------|
| | 10% FA ² | 20% FA ² |
| 0 | 1118 | 1120 |
| 200 | 1183 * | 1185 * |
| 400 | 1163 * | 1209 * |
| 600 | 1146 * | 1192 * |
| MÉDIA | 1152 b | 1176 a |
| TESTEMUNHA | 1076 | |
| CV (%) | 2,93 | |

² Efeito quadrático para nível de xilanase (P<0,01).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F (P<0,05).

Os níveis de farelo de arroz afetaram significativamente o índice bioeconômico neste experimento. A ração com 20% de farelo de arroz propiciou índices 2% superiores aos aqueles obtidos com a ração contendo 10% de farelo de arroz.

Este resultado indica que, levando em consideração os preços praticados para os ingredientes à época da realização do experimento, é mais interessante sob o ponto de vista econômico utilizar 20% de farelo de arroz na ração.

A análise de variância mostrou efeito quadrático (P<0,05) dos níveis de xilanase sobre o índice bioeconômico, nos dois níveis de farelo de arroz incluídos na ração. Estima-se um índice bioeconômico máximo de 1179 g para a ração com 10% de farelo de arroz, suplementada com 330 g de xilanase por tonelada. Para a ração com 20% de farelo de arroz, o índice bioeconômico máximo foi de 1209 g, alcançado quando da utilização de 415 g de xilanase por tonelada de ração (Figura 13).

Este resultado é 9,5 e 12,4% melhor, respectivamente para a ração com 10 e 20% de farelo de arroz, do que aquele obtido para as aves que receberam a ração testemunha.

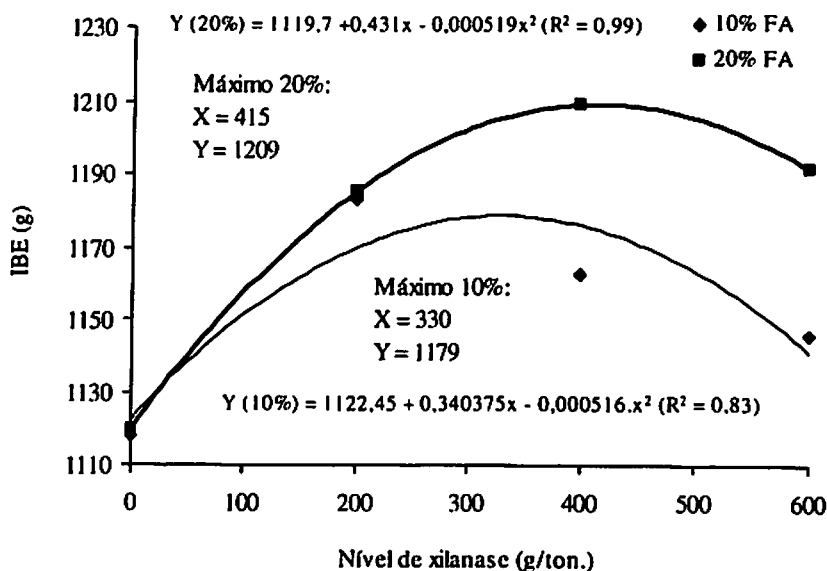


FIGURA 13. Efeito dos níveis de xilanase na ração com 10 e 20% de farelo de arroz, sobre o índice bioeconômico dos frangos as 42 dias de idade.

Comparando-se os resultados estimados para os melhores níveis de xilanase para cada nível de farelo de arroz, em relação à ração com o nível zero de xilanase, houve uma melhora de 5,4% na ração com 10% de farelo de arroz e de 8% para a ração com 20% de farelo de arroz.

Esta diferença no índice bioeconômico entre os dois níveis de farelo de arroz mostra que, para níveis mais elevados de farelo de arroz, o custo benefício do uso de enzimas é superior.

Resultado semelhante foi relatado por Swain & Johri (1999a), que obtiveram índice de desempenho melhor para as aves que receberam a ração com 1,5 g de um complexo enzimático por kg de ração contendo farelo de arroz

autoclavado, farelo de trigo e torta de girassol. O custo de produção por kg de peso vivo para frangos alimentados com a ração de alta fibra e enzimas foi inferior ao da ração com baixa fibra e sem enzimas.

Quando comparadas pelo teste de Dunnett, nota-se que as aves que receberam a ração com 10 ou 20% de farelo de arroz e suplementada com xilanase, independente da dosagem, propiciaram um índice bioeconômico melhor que a testemunha ($P < 0,05$).

Assim, com esta comparação, nota-se que a utilização de pelo menos 200 g de xilanase na ração com até 20% de farelo de arroz é suficiente para proporcionar resultados econômicos superiores aos obtidos com a ração testemunha. A utilização do farelo de arroz na ração sem suplementação de xilanase proporcionou índice bioeconômico semelhante ao da ração testemunha, indicando que não há desvantagem econômica no uso do farelo de arroz em relação à testemunha, mesmo quando não se utiliza a xilanase.

Esta melhora no índice bioeconômico da ração com xilanase mostra que é interessante a utilização da enzima sob o ponto de vista econômico. Também indica que a xilanase melhorou o desempenho dos animais que consumiram a ração de custo mais baixo.

Por outro lado, a utilização do farelo de arroz sem xilanase na ração suplementada com 900 FTU/kg é possível, sem comprometer a rentabilidade da atividade. Isto se deve à redução dos custos da ração quando o farelo de arroz é incluído na ração, mesmo com um pequeno declínio do desempenho produtivo, que é compensado pela redução dos custos com a alimentação das aves.

O custo por quilograma de farelo de arroz utilizado neste experimento representou 29,4% do custo de um quilograma milho. Assim, a elevação dos teores de farelo de arroz na ração reduz seu custo, como pode ser observado na Tabela 14, apresentada anteriormente. Também o custo da ração com a

utilização de enzimas é menor, tendo em vista a inclusão de quantidades menores de fosfato bicálcio.

Fazendo uma simulação da variação de preço do farelo de arroz para o dobro daquele utilizado no presente trabalho, verifica-se que mesmo assim o índice bioeconômico ainda seria superior para todos os tratamentos com farelo de arroz em comparação à testemunha. Caso o custo do farelo de arroz fosse igual ao do milho, ainda assim não haveria diferença significativa para o índice bioeconômico das aves que consumiram ração com farelo de arroz, quando comparado com média do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett.

Em todos os tratamentos em que se utilizou a xilanase, foram obtidos índices bioeconômicos superiores aos obtidos com a ração testemunha. Isso demonstra que independente do nível de farelo de arroz e de xilanase utilizados, a suplementação com xilanase na ração é vantajosa sob o ponto de vista econômico.

Resultados obtidos por Osei & Oduro (2000) são semelhantes aos deste trabalho. Avaliando o desempenho de frangos no período de 21 a 48 dias, recebendo ração contendo 17% de farelo de trigo e 0, 100 ou 200 g de xilanase/kg, concluíram que a utilização da enzima diminuiu o custo total de alimento por ave e o custo por kg de ganho, sendo 200 g de enzima por kg o mais econômico.

O custo da ração pode-se alterar no decorrer do ano, em função da oscilação dos preços de seus insumos. Portanto, o índice bioeconômico deve ser encarado com cautela, pois os resultados obtidos em uma época, podem não ser verdadeiros para outras épocas do ano ou para outras regiões. Assim, é interessante que antes da decisão de inclusão deste alimento alternativo na ração, proceda-se previamente uma simulação dos índices bioeconômicos que são possíveis de serem alcançados em função dos preços dos ingredientes.

4.5 Experimento I - Resumo dos resultados

Nas Tabelas 26 e 27 são apresentados os resumos das variáveis avaliadas em cada nível de farelo de arroz em que foi verificada diferença significativa, com os respectivos níveis de xilanase estimados para a obtenção do melhor resultado na respectiva variável, obtidos por meio das equações de regressão.

Tendo em vista a observação de que nas variáveis de desempenho em que a xilanase apresentou efeito significativo a média do nível ótimo está próximo de 400g por tonelada de ração e a necessidade de se escolher um nível de xilanase para o experimento II, também foi estimada a resposta que possivelmente seria obtida caso fossem utilizados 400 g de xilanase por tonelada de ração.

TABELA 26. Resumo dos resultados obtidos em função dos níveis de xilanase na ração com 10% de farelo de arroz.

| VARIÁVEL | EQUAÇÃO DE REGRESSÃO | Nível de xilanase (g/ton.) | Resposta máxima estimada | 400 g de xilanase/tonelada | |
|-----------|---|----------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|
| | | | | Resposta | % do máximo |
| GP I a 21 | $Y = 675,9 + 0,20575x - 0,000263x^2$ | 391 | 716,2 g | 716,1 g | 99,9 |
| CA I a 21 | $Y = 1,460255 - 0,000280x + 0,0000004x^2$ | 350 | 1,411 | 1,412 | 99,9 |
| CA I a 42 | $Y = 1,799007 - 0,000319x + 0,0000005x^2$ | 319 | 1,748 | 1,751 | 99,8 |
| IBE 42 | $Y = 1122,45 + 0,340375x - 0,000516x^2$ | 330 | 1179 g | 1176 g | 99,7 |
| CDAMS 42 | $Y = 72,5375 + 0,009125x$ | > 600 | 78,0 (%) | 76,2 (%) | 97,7 |
| CDAPB 42 | $Y = 68,875 + 0,01375x$ | > 600 | 77,1 (%) | 74,4 (%) | 96,4 |
| CDAEB 42 | $Y = 73,7 + 0,0085x$ | > 600 | 78,8 (%) | 77,1 (%) | 97,8 |

TABELA 27. Resumo dos resultados obtidos em função dos níveis de xilanase na ração com 20% de farelo de arroz.

| VARIÁVEL | EQUAÇÃO DE REGRESSÃO | Nível de xilanase (g/ton.) | Resposta máxima estimada | 400 g de xilanase/tonelada | |
|-----------|--|----------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|
| | | | | Resposta | % do máximo |
| GP I a 21 | $Y = 677,775 + 0,067625x$ | > 600 | 718,4 g | 704,8 g | 98,1 |
| CA I a 21 | $Y = 1,459649 - 0,00051x + 0,0000006x^2$ | 425 | 1,351 | 1,352 | 99,99 |
| GP I a 42 | $Y = 2254,875 + 0,1725x$ | > 600 | 2358 g | 2324 g | 98,6 |
| CA I a 42 | $Y = 1,845 - 0,000427x + 0,0000006x^2$ | 389 | 1,715 | 1,715 | 99,9 |
| IBF | $Y = 1119,7 + 0,431x - 0,000519x^2$ | 415 | 1209 g | 1209 g | 99,9 |
| CDAMS 42 | $Y = 73,0725 + 0,00405x$ | > 600 | 75,5 (%) | 74,7 (%) | 98,9 |
| CDAPB 42 | $Y = 69,7 + 0,00975x$ | > 600 | 75,6 (%) | 73,6 (%) | 97,4 |
| CDAEB 42 | $Y = 75,15 + 0,005125x$ | > 600 | 78,2 (%) | 77,2 (%) | 98,7 |

Diante dos resultados observados, ficou bem evidenciada a necessidade de quantidades maiores de enzima para maximizar o ganho de peso e os coeficientes de digestibilidade de nutrientes, quando comparado às outras variáveis em ambas as fases.

Optou-se por realizar o experimento II utilizando 400 g de xilanase na ração com até 24% de farelo de arroz, considerando os resultados de conversão alimentar e o índice bioeconômico. Estas duas variáveis foram escolhidas considerando que as mesmas refletem melhor o custo benefício da utilização de xilanase, pois o principal objetivo deste trabalho foi a avaliação econômica da inclusão de farelo de arroz e suplementação com enzimas, visando a busca de alternativas de alimentos para a redução dos custos de produção de frangos. Na prática, a maior preocupação não deve ser necessariamente a obtenção de resultados de desempenho máximos e sim, a produção mais econômica, resultando na maximização dos lucros.

4.6 Experimento II - Desempenho de 1 a 21 dias

Os valores médios de consumo de ração 1 a 21 dias de idade são apresentados na Tabela 28, e a análise de variâncias, na Tabela 6A.

TABELA 28. Consumo de ração médio dos frangos no período de 1 a 21 dias de idade, em função dos níveis de farelo de arroz e xilanase na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | CONSUMO DE RAÇÃO (g) | |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| | ZERO XILANASE ¹ | 400 g XILANASE ^{2b} |
| 6 | 1099 | 1009 * |
| 12 | 1115 | 1042 |
| 18 | 997 * | 1034 |
| 24 | 967 * | 1004 * |
| MÉDIA | 1044 a | 1022 a |
| TESTEMUNHA | 1150 | |
| CV (%) | 6,30 | |

¹ Efeito linear para o nível de farelo de arroz ($P < 0,05$).

^{2b} Regressão não significativa ($P > 0,05$).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F ($P > 0,05$).

O consumo de ração das aves na fase de 1 a 21 dias de idade não diferiu ($P > 0,05$) nos tratamentos com zero ou 400 g de xilanase. Esta observação confirma os resultados observados no experimento I, em que também não foi observada influência da xilanase sobre o consumo de ração para esta fase.

De maneira semelhante aos resultados deste experimento, Conte (2000), ao estudar o efeito da xilanase e fitase em rações com 15% de farelo de arroz para frangos de corte, também não encontrou diferença no consumo de ração em função da utilização ou não da xilanase.

Resultados semelhantes aos do presente trabalho também foram obtidos por Farrel & Martin (1998) em estudo para avaliar o efeito de um complexo de enzimas carboidrases e fitase sobre o desempenho de frangos de corte de 4 a 23 dias de idade, alimentados com ração contendo de zero a 40% de farelo de arroz, não verificaram diferença significativa para o consumo de ração entre aquelas

aves que receberam a ração sem enzimas, com as carboidrases ou fitase isoladamente ou com as enzimas combinadas.

Os níveis de farelo de arroz na ração afetaram o consumo de ração das aves na fase de 1 a 21 dias de idade. Redução linear ($P < 0,01$) foi verificada à medida que se elevaram os níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase (Figura 14).

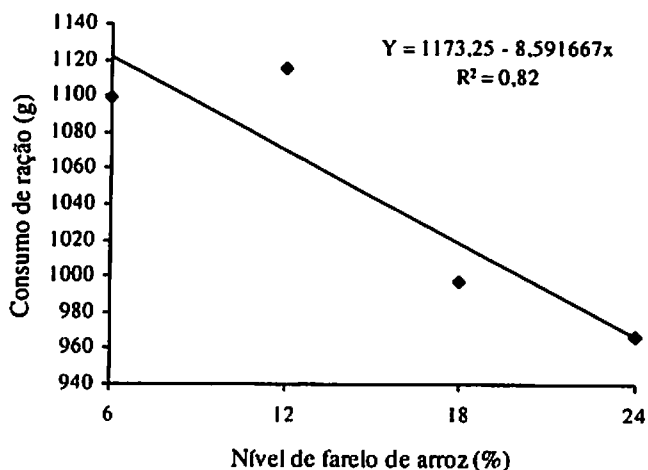


FIGURA 14. Efeito dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase, sobre o consumo de ração dos frangos no período de 1 a 21 dias.

Este efeito se deve, possivelmente, ao alto teor de polissacarídeos não-amídicos presentes no farelo de arroz, que prejudicam a digestão, além de reduzir a velocidade de passagem da digesta, reduzindo a capacidade de ingestão de ração pelas aves alimentadas com níveis elevados de farelo de arroz, sem suplementação de xilanase na fase de 1 a 21 dias.

As aves que receberam ração com 400 g de xilanase por tonelada de ração não apresentaram diferença de consumo ($P > 0,05$) para os diferentes níveis de inclusão de farelo de arroz. Este resultado indica que a xilanase foi capaz de reduzir os efeitos adversos presentes no farelo de arroz.

Os resultados deste experimento para o efeito dos níveis de farelo de arroz diferem daqueles relatados por Farrel & Martin (1998), que não encontraram efeito de enzimas carboidrases sobre o consumo de frangos de corte de 4 a 23 dias de idade, alimentados com ração contendo de zero a 20% de farelo de arroz, embora tenham observado redução no consumo para a ração com 40% de farelo de arroz.

Ao se compararem as médias de consumo de cada tratamento com a testemunha, observa-se que o consumo de ração das aves que receberam ração sem xilanase somente foi diferente do das aves do tratamento testemunha ($P < 0,05$) quando a ração continha 18 e 24% de farelo de arroz. Estes resultados confirmam os achados no experimento I, em que foi observado que para a ração com até 10% de farelo de arroz o consumo também não diferiu da testemunha.

Já para as aves que receberam a ração com 400 g de xilanase, foi observado consumo inferior ao consumo das aves do tratamento testemunha ($P < 0,05$) para aquelas que consumiram a ração contendo 6 e 24% de farelo de arroz. Para as aves que receberam ração com 12 e 18% de farelo de arroz suplementada com xilanase, o consumo foi semelhante ao das aves do tratamento testemunha ($P > 0,05$). Possivelmente houve algum problema não detectado com as aves que receberam 6% de farelo de arroz e 400 g de xilanase na ração, pois não há razão biológica para esta redução no consumo de ração.

Assim, com base nas comparações de médias pelo teste de Dunnett, pode-se deduzir que a inclusão do farelo de arroz em até 12% na ração não afeta significativamente o consumo de ração das aves, mesmo sem a utilização da xilanase. Para ração com até 18% de farelo de arroz, 400 g de xilanase são suficientes para prevenir a redução no consumo. Por outro lado, a inclusão de 24% de farelo de arroz causa redução no consumo de ração mesmo com suplementação de 400 g de xilanase, o que confirma os resultados obtidos no

experimento I, em que foi verificado que para 20% de farelo de arroz há necessidade de adição de pelo menos 600 g de xilanase por tonelada de ração.

A redução no consumo de ração de aves que recebem níveis elevados de farelo de arroz pode ser explicada pela redução da velocidade de passagem da digesta, ocasionada pela elevação da viscosidade provocada pelos polissacarídeos não-amídicos presentes no farelo de arroz.

A xilanase, em quantidade adequada, é efetiva em reduzir os efeitos negativos provocados pelos fatores antinutricionais do farelo de arroz sobre o consumo de ração, o que foi evidenciado em ambos experimentos, pelas comparações de médias pelo teste de Dunnett.

Os valores médios de ganho de peso de 1 a 21 dias de idade são apresentados na Tabela 29, e a análise de variâncias, na Tabela 6A.

TABELA 29. Ganho de peso médio dos frangos no período de 1 a 21 dias de idade, em função dos níveis de farelo de arroz e xilanase na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | GANHO DE PESO (g) | |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| | ZERO XILANASE ¹ | 400 g XILANASE ²⁵ |
| 6 | 753 | 754 |
| 12 | 741 | 731 |
| 18 | 673 * | 745 |
| 24 | 660 * | 743 |
| MÉDIA | 707 b | 743 a |
| TESTEMUNHA | 784 | |
| CV (%) | 6,46 | |

¹ Efeito linear para nível de farelo de arroz (P<0,01).

²⁵ Regressão não significativa (P>0,05).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F (P<0,05).

A utilização de 400 g de xilanase por tonelada de ração melhorou (P<0,05) em 5,1% o ganho de peso das aves no período de 1 a 21 dias, quando comparado ao das que consumiram ração sem xilanase. Estes resultados

confirmam aqueles obtidos no experimento I, em que, nesta fase, o ganho de peso melhorou em função da suplementação da ração com xilanase.

Contrariamente aos resultados deste trabalho, Conte (2000) não verificou efeito da xilanase sobre o ganho de peso de frangos na fase de 1 a 21 dias, alimentados com ração contendo 15% de farelo de arroz. Há que se observar que no trabalho de Conte (2000) foram utilizados níveis de fitase variando de zero a 1200 FTU/kg e, portanto, as médias de ganho de peso comparadas com e sem xilanase se referem à média dos tratamentos, enquanto, no presente trabalho, todas as rações com farelo de arroz foram suplementadas com 900 FTU/kg.

Aboosadi et al. (1996), também relataram resultados contrários aos obtidos no presente trabalho, os quais, em trabalho com frangos de corte no período de 1 a 21 dias, alimentados com ração contendo 30% de farelo de arroz, não apresentaram diferença significativa para o ganho de peso quando receberam 225 unidades xilanase por kg de ração. Nota-se que a quantidade de enzima testada possivelmente foi menor que aquela necessária para níveis tão elevados de farelo de arroz, o que deve ter levado os autores a não encontrarem efeito benéfico da enzima.

Os resultados do presente trabalho também discordam dos resultados obtidos por Farrel & Martin (1998), que em estudo para avaliar o efeito de duas enzimas carboidrases sobre o desempenho de frangos de corte de 4 a 23 dias de idade, alimentados com ração contendo de zero a 40% de farelo de arroz, não verificaram diferença significativa para o ganho de peso entre aquelas aves que receberam a ração sem enzimas, com o complexo de carboidrases e fitase isoladamente ou com as duas enzimas combinadas. Isto provavelmente ocorreu devido aos baixos níveis de enzimas utilizados, e os altos níveis de cálcio, o que pode ter prejudicado o desempenho das aves.

Os níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase afetaram o ganho de peso das aves, com redução linear ($P < 0,01$) do ganho de peso em função da

elevação dos níveis de farelo de arroz na ração, como pode ser visto na Figura 15. Isto confirma que o farelo de arroz contém fatores antinutricionais que prejudicam a digestibilidade dos nutrientes da ração, resultando em reduzido ganho de peso.

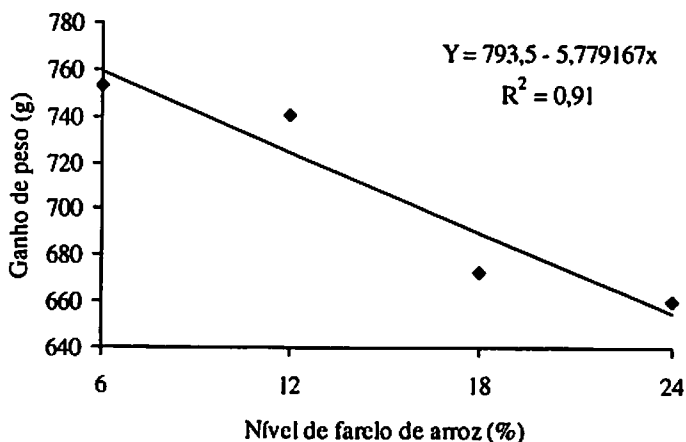


FIGURA 15. Efeito dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase sobre o ganho de peso dos frangos no período de 1 a 21 dias de idade.

Pelos resultados das variáveis até aqui analisadas neste trabalho, nota-se que uma das variáveis de desempenho que mais é influenciada negativamente pela elevação dos níveis de inclusão de farelo de arroz é o ganho de peso, quando a ração não é suplementada com xilanase.

Comparando as médias de cada tratamento com a testemunha, verifica-se que apenas o ganho de peso das aves que consumiram ração com 18 e 24% de farelo de arroz e sem xilanase foi inferior ao das aves do tratamento testemunha, refletindo a redução de consumo ocorrida nestes mesmos tratamentos. Daí, pode-se inferir que para rações com mais de 12% de farelo de arroz é necessária a suplementação com xilanase para reduzir os efeitos decorrentes dos polissacarídeos presentes no farelo de arroz, sobre o ganho de peso das aves.

Estes resultados confirmam as observações feitas no experimento I, em que se verificou a necessidade de suplementação de pelo menos 200 g de xilanase por tonelada de ração com 10% de farelo de arroz e de 400 g para a ração com 20% de farelo de arroz, visando não prejudicar o ganho de peso. Confirmam também que a xilanase é capaz de reduzir e/ou eliminar os efeitos negativos dos fatores antinutricionais relacionados aos polissacarídeos não-amídicos, possibilitando ganho de peso estatisticamente semelhante ao das aves que consumiram ração sem farelo de arroz.

Os valores médios de conversão alimentar de 1 a 21 dias de idade são apresentados na Tabela 30, e a análise de variâncias, na Tabela 6A.

TABELA 30. Conversão alimentar média dos frangos no período de 1 a 21 dias de idade, em função dos níveis de farelo de arroz e xilanase na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | CONVERSÃO ALIMENTAR | |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | ZERO XILANASE ^{ns} | 400 g XILANASE ^{ns} |
| 6 | 1,461 | 1,340 |
| 12 | 1,504 | 1,427 |
| 18 | 1,484 | 1,391 |
| 24 | 1,465 | 1,349 |
| MÉDIA | 1,479 b | 1,377 a |
| TESTEMUNHA | 1,468 | |
| CV (%) | 4,32 | |

^{ns} Regressão não significativa pelo teste F ($P > 0,05$).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F ($P < 0,05$).

Os níveis de xilanase na ração com farelo de arroz influenciaram ($P < 0,05$) a conversão alimentar na fase de 1 a 21 dias de idade. A conversão foi 7,4% melhor para os frangos que consumiram a ração com 400 g de xilanase por tonelada de ração, quando comparada com a das aves que receberam a ração sem xilanase.

Estes resultados são semelhantes aos encontrados no experimento I, em que os níveis de xilanase na ração com farelo de arroz melhoraram a conversão

alimentar em 5,2%, quando da adição de 395 de xilanase por tonelada, na ração com farelo de arroz, comparada à ração sem xilanase.

Em estudo do efeito da adição de Avizyme 1300, na dosagem de 1 kg por tonelada, na ração com 15% de farelo de arroz para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, Conte (2000) também observou melhora de 5,8% na conversão alimentar, em função da utilização da enzima, resultado muito parecido com o obtido no presente experimento.

Contrariamente aos resultados obtidos neste trabalho, Aboosadi et al. (1996) não encontraram diferença significativa para a conversão alimentar quando adicionaram 250 unidades de xilanase por kg de ração de frangos de corte alimentados com ração contendo 30% de farelo de arroz. Porém, possivelmente a quantidade de enzima testada pelos autores foi inferior a quantidade efetivamente necessária para níveis tão elevados de farelo de arroz, o que pode ter levado os autores a não encontrar efeito benéfico da enzima. Mesmo assim, os autores relataram que houve uma melhora numérica de 4,4% na conversão alimentar das aves que receberam a ração com xilanase, em relação àquelas alimentadas com ração sem xilanase.

Os resultados do presente trabalho discordam dos resultados obtidos por Farrel & Martin (1998), que não verificaram efeito da suplementação enzimática sobre a conversão alimentar de frangos de corte de 4 a 23 dias, alimentados com ração contendo zero, 20 ou 40% de farelo de arroz.

A melhora bastante sensível na conversão alimentar dos frangos, propiciada pela adição da xilanase na ração com farelo de arroz neste experimento, permite deduzir que a enzima é realmente eficiente na eliminação e/ou redução dos fatores antinutricionais relacionados principalmente aos polissacarídeos não-amídicos. Assim, a ação das enzimas possivelmente melhora a digestibilidade dos nutrientes da ração como um todo, o que resulta na

melhoria da conversão alimentar que foi observada em ambos experimentos realizados neste trabalho.

Conte (2000), estudando o efeito da xilanase sobre a energia metabolizável de rações com 15% de farelo de arroz, fitase e xilanase, demonstrou o efeito positivo da xilanase sobre a energia metabolizável da ração, verificando uma melhora média de 8% na energia metabolizável, achados que são confirmados neste trabalho tendo em vista a melhora na conversão alimentar, que reflete a melhor utilização da energia dos alimentos.

Resultados condizentes com os observados neste experimento foram relatados por Pack & Bedford (1997), os quais citaram melhora de 2,8% na conversão alimentar média para frangos de corte que receberam rações à base de milho e farelo de soja ou sorgo e farelo de soja, suplementadas com enzimas semelhantes às utilizadas neste experimento.

Na fase de 1 a 21 dias de idade, a conversão alimentar não foi afetada ($P>0,05$) pelos níveis de farelo de arroz na ração. Estes resultados não estão condizentes com aqueles obtidos no experimento I, em que a conversão alimentar foi melhor para o nível mais elevado de farelo de arroz. Também não corroboram os resultados obtidos por Farrel & Martin (1998), que verificaram redução de aproximadamente 3,9 e 13% na conversão alimentar em função da inclusão de 20 e 40% de farelo de arroz na ração, respectivamente, em relação à ração sem farelo de arroz, independente da utilização ou não de enzimas. Esta diferença pode ser devido à utilização de quantidade muito baixa de fitase, apenas 170 FTU/kg, enquanto a necessidade para níveis tão elevados de farelo de arroz seguramente ultrapassa 900 FTU/kg.

Em relação à testemunha, não houve diferença para a média da conversão alimentar das aves que receberam ração contendo farelo de arroz, independente da utilização ou não da xilanase.

4.7 Experimento II – Desempenho de 1 a 42 dias

Os valores médios de consumo de ração de 1 a 42 dias de idade são apresentados na Tabela 31, e a análise das variâncias, na Tabela 7A.

TABELA 31. Consumo de ração médio dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade, em função dos níveis de farelo de arroz e xilanase na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | CONSUMO DE RAÇÃO (g) | |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | ZERO XILANASE ^{ns} | 400 g XILANASE ^{ns} |
| 6 | 4161 | 4278 |
| 12 | 4318 | 4239 |
| 18 | 4083 * | 4126 * |
| 24 | 4062 * | 4160 |
| MÉDIA | 4156 a | 4201 a |
| TESTEMUNHA | 4440 | |
| CV (%) | 3,36 | |

^{ns} Regressão não significativa pelo teste F ($P>0,05$).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett ($P<0,05$).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F ($P>0,05$).

O consumo de ração não foi afetado ($P>0,05$) pelos níveis de farelo de arroz da ração e nem pela utilização ou não de xilanase na fase de 1 a 42 dias de idade. Estas observações são semelhantes àquelas para a fase inicial (1 a 21 dias de idade), em que também não houve diferença no consumo de ração em função da utilização ou não da xilanase. Porém, na primeira fase, a elevação dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase provocou redução do consumo de ração.

Estes resultados indicam que aves mais velhas toleram melhor nível mais elevado de farelo de arroz na ração, mesmo sem a suplementação com xilanase, o que possivelmente se deve à sua maior capacidade digestiva, aproveitando melhor os nutrientes de alimentos, principalmente aqueles com maior teor de fatores antinutricionais.

Os resultados observados neste experimento coincidem com as observações verificadas no experimento I, em que também não houve diferenças

no consumo de ração das aves em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz utilizados.

Os resultados deste trabalho são comparáveis aos obtidos por Conte (2000), que também não notou diferença de consumo de ração quando testou os efeitos da xilanase em rações com 15% de farelo de arroz e fitase para frangos de corte de 1 a 42 dias. De forma similar, Zanella (1998), em estudo com frangos de corte de 1 a 45 dias de idade, também não encontrou diferença no consumo de ração em função da utilização de um complexo enzimático.

Quando as médias são comparadas pelo teste de Dunnett, somente os frangos que receberam ração com 18 e 24% de farelo de arroz sem xilanase são suplantados pelo tratamento testemunha. Para ração com 400 g de xilanase, somente as aves que receberam ração com 18% de farelo de arroz apresentaram consumo de ração inferior à testemunha. Este resultado reforça a possibilidade de utilização de até 12% de farelo de arroz na ração suplementada com 900 FTU/kg para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, sem prejudicar o consumo de ração, mesmo sem a suplementação com xilanase.

Na fase final, que é a fase em que ocorre o consumo da maior quantidade de ração na produção de um frango, provavelmente teores mais elevados podem ser utilizados do que os testados neste experimento, sem comprometer a capacidade de consumo dos frangos.

A inclusão de níveis mais elevados de farelo de arroz na ração de frangos após 21 dias de idade é justificável devido à sua contribuição na redução dos custos da ração, sem inviabilizar a obtenção de resultados de desempenho favoráveis, resultando em ganhos econômicos superiores ao que poderiam ser alcançados com ração à base de milho e farelo de soja, considerando os preços de ingredientes para a ração utilizados neste trabalho.

Os valores médios de ganho de peso das aves de 1 a 42 dias de idade são apresentados na Tabela 32, e a análise das variâncias, na Tabela 7A.

TABELA 32. Ganho de peso médio dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade, em função dos níveis de farelo de arroz e xilanase na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | GANHO DE PESO (g) | |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| | ZERO XILANASE ¹ | 400 g XILANASE ^{2b} |
| 6 | 2408 | 2412 |
| 12 | 2410 | 2429 |
| 18 | 2297 * | 2370 |
| 24 | 2285 * | 2358 |
| MÉDIA | 2350 b | 2392 a |
| TESTEMUNHA | 2415 | |
| CV (%) | 2,06 | |

¹ Efeito linear para níveis de xilanase ($P < 0,01$).

^{2b} Regressão não significativa pelo teste F ($P > 0,05$).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F ($P < 0,05$).

O ganho de peso dos frangos que receberam ração com farelo de arroz e 400 g de xilanase na fase de 1 a 42 dias de idade suplantou em 1,8% ($P < 0,05$) o resultado observado para aquelas aves que não receberam xilanase na ração com farelo de arroz.

Quando comparados com a fase de 1 a 21 dias de idade, percebe-se que os mesmos são semelhantes em ambas as fases, porém, na fase inicial o ganho de peso teve incremento de 5,1% devido à utilização da xilanase, portanto melhora bem mais expressiva do que a observada de 1 a 42 dias de idade. Estes resultados reforçam a dedução de que aves de idade mais avançada são mais tolerantes aos fatores antinutricionais dos alimentos.

Os resultados de ganho de peso obtidos para esta fase, neste experimento, confirmam os relatados por Zanella (1998), que também verificou melhora para o ganho de peso das aves que receberam a ração suplementada com enzimas em relação àquelas que não receberam enzimas. Por outro lado, discordam dos relatados por Conte (2000), que encontrou médias de ganho de peso idênticos para os frangos que receberam ração contendo 15% de farelo de arroz com ou sem xilanase na fase de 1 a 42 dias.

Os níveis de farelo de arroz adicionados à ração sem xilanase influenciaram o ganho de peso de 1 a 42 dias, apresentando redução linear ($P < 0,01$) em função da elevação do nível de farelo de arroz utilizado na ração, sendo seu efeito descrito por uma regressão linear, conforme a Figura 16.

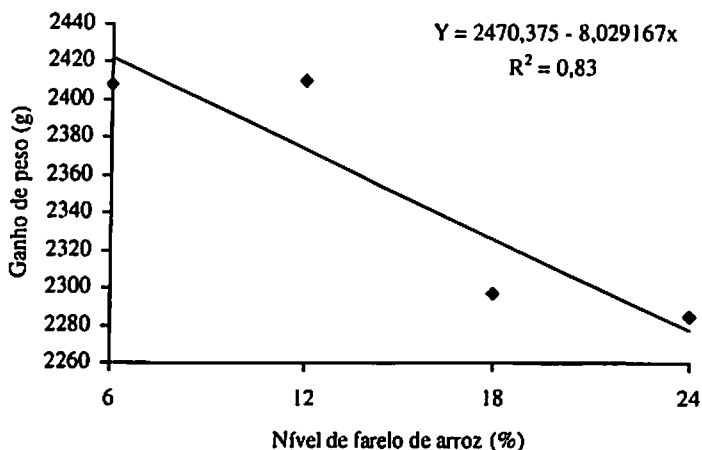


FIGURA 16. Efeitos dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase sobre o ganho de peso dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade.

Para os frangos que receberam ração com 400 g de xilanase, não houve diferença ($P > 0,05$) no ganho de peso em função dos níveis de farelo de arroz na ração. Estes resultados são semelhantes aos obtidos para a fase de 1 a 21 dias, e refletem a eficácia da xilanase na melhora da digestibilidade, permitindo ganhos no desempenho para níveis mais elevados de farelo de arroz, semelhantes aos resultados obtidos para ração com baixo nível de farelo de arroz.

A redução no ganho de peso em função da utilização de níveis de farelo de arroz é condizente com os resultados de trabalhos realizados por Souza & López (1994). Estes autores verificaram que a elevação dos níveis de inclusão do farelo de arroz na ração para frangos de corte de 14,4% para 19,2% causou redução no consumo de ração e no o ganho de peso.

Segundo Farrel (1994), a inclusão de farelo de arroz acima de 20% na ração causa redução no desempenho, atribuindo tal efeito ao fitato e à fibra, além de outros fatores antinutritivos, tais como o excesso de lipídios, os inibidores de tripsina e de uma lectina específica do farelo de arroz.

Pela comparação das médias do fatorial com o tratamento testemunha pelo teste de Dunnett, observa-se que com a utilização de até 12% de farelo de arroz não há nenhuma diferença significativa no ganho de peso de 1 a 42 dias, independente do uso ou não de xilanase. Entretanto, a partir de 18% de farelo de arroz na ração, o ganho de peso dos frangos que receberam ração com farelo de arroz sem xilanase foram significativamente menores em relação à testemunha, enquanto para as aves que receberam a ração com xilanase não houve diferença. Este resultado é semelhante e confirma as observações do experimento I, em que o teste de Dunnett também mostrou que apenas a utilização de 20% de farelo de arroz e zero de suplementação de xilanase foi inferior ao tratamento testemunha para o ganho de peso de 1 a 42 dias.

Os efeitos positivos da xilanase na ração sobre o ganho de peso mantiveram-se até os 42 dias de idade. Porém, foram mais expressivos na fase inicial (1 a 21 dias), indicando que nesta fase a suplementação enzimática contribui mais para o ganho de peso do que em aves mais velhas.

Os valores médios de conversão alimentar das aves de 1 a 42 dias de idade são apresentados na Tabela 33, e a análise das variâncias, na Tabela 7A.

A conversão alimentar dos frangos de 1 a 42 dias não foi afetada ($P>0,05$) pelos níveis de farelo de arroz e nem pela utilização de xilanase.

Na fase inicial, observou-se uma melhora de 7,4% na conversão alimentar das aves que receberam a ração com xilanase em comparação com aquelas que não receberam a xilanase. Esta diferença expressiva observada entre a fase inicial e todo o período de criação sobre a conversão alimentar indica que a capacidade de utilizar adequadamente alimentos menos digestíveis aumenta

acentuadamente após os primeiros 21 dias de vida das aves. Isto reforça a opinião de que a utilização do farelo de arroz em rações iniciais para frangos deve ser feita com cautela, principalmente quando a ração não for suplementada com enzimas.

TABELA 33. Conversão alimentar média dos frangos no período de 1 a 42 dias de idade, em função dos níveis de farelo de arroz e xilanase na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | CONVERSÃO ALIMENTAR | |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | ZERO XILANASE ^{ns} | 400 g XILANASE ^{ns} |
| 6 | 1,728 * | 1,774 |
| 12 | 1,792 | 1,745 * |
| 18 | 1,777 | 1,741 * |
| 24 | 1,778 | 1,764 |
| MÉDIA | 1,769 a | 1,756 a |
| TESTEMUNHA | 1,839 | |
| CV (%) | 4,32 | |

^{ns} Regressão não significativa pelo teste F (P>0,05).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras iguais na linha não diferem pelo teste F (P>0,05).

Estes resultados contradizem os relatados por Conte (2000), que verificou melhora de 2,1% na conversão alimentar de frangos de 1 a 42 dias em função da utilização de xilanase na ração contendo 15% de farelo de arroz. Também discordam dos resultados observados por Zanella (1998), que verificou melhora de 2,04% para a conversão alimentar para as aves que receberam ração à base de milho e farelo de soja suplementada com um complexo enzimático para frangos de 1 a 45 dias de idade. Como não houve diferença no consumo de ração, o autor atribuiu a melhora de ganho de peso e conversão alimentar das aves ao aumento do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes da ração.

A média de conversão alimentar foi melhor para aquelas aves que consumiram ração com 6% de farelo de arroz sem xilanase do que para as aves que receberam a ração do tratamento testemunha, quando comparadas pelo teste

de Dunnett. As aves que receberam ração com 12 e 18% de farelo de arroz, suplementada com 400 g de xilanase por tonelada, apresentaram conversão alimentar significativamente melhor que as aves do tratamento testemunha. Os demais tratamentos apresentaram conversão semelhante ao tratamento testemunha.

Em resumo, pode-se afirmar que a utilização da xilanase em ração contendo farelo de arroz, em níveis variando de 6 a 24% é benéfica para a melhora o desempenho dos frangos. Na fase de 1 a 21 dias de idade, a utilização de xilanase melhorou o ganho de peso e a conversão alimentar das aves. Já no período todo, de 1 a 42 dias, somente foi observado melhora sobre o ganho de peso.

Os resultados do presente trabalho mostram que a inclusão de níveis de farelo de arroz acima de 12% só deve ser recomendada quando acompanhada pela suplementação com fitase e xilanase em quantidades adequadas. Ao mesmo tempo, confirma-se a eficiência da xilanase e fitase utilizadas combinadas na melhoria da disponibilidade dos nutrientes da ração, haja vista as diferenças ocorridas no desempenho, sempre melhores com a utilização de xilanase em relação ao mesmo nível de farelo de arroz na ração sem xilanase.

Os resultados de desempenho observados para a suplementação com xilanase, tanto no experimento I como no II foram, mais expressivos para a fase inicial. Da mesma forma, a elevação dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase causou prejuízos mais severos na fase inicial.

Estes resultados podem ser explicados pela menor capacidade digestiva das aves na primeira semana de vida. Segundo Sklan (2001), o intestino delgado das aves atinge o seu crescimento máximo em 6 a 8 dias em frangos, embora órgãos do trato digestivo, como a moela e pâncreas, mostrem crescimento mais lento.

4.8 Experimento II – Mineralização óssea

Na Tabela 34 são apresentados os valores médios dos teores de cinzas, cálcio e fósforo nas tíbias dos frangos aos 42 dias de idade, e na Tabela 8A, as respectivas análises de variâncias. Os valores apresentados são a média dos dois níveis de farelo de arroz estudados, pois não houve interação e não há interesse prático em seu desdobramento.

TABELA 34. Conteúdo de cinzas, cálcio e fósforo médio nos ossos das tíbias dos frangos aos 42 dias de idade, em função dos níveis de farelo de na ração.

| XILANASE (g/ton.) | CINZAS (%) | CÁLCIO (%) | FÓSFORO (%) |
|-------------------|------------|------------|-------------|
| 0 | 58,9 | 21,9 | 10,0 |
| 200 | 58,8 | 21,3 | 10,0 |
| 400 | 58,6 | 20,9 | 9,1 |
| 600 | 59,0 | 21,5 | 10,1 |
| MÉDIA | 58,8 | 21,4 | 9,8 |
| TESTEMUNHA | 60,1 | 22,0 | 10,2 |
| CV (%) | 2,37 | 3,63 | 9,62 |

Não houve efeito significativo do nível de xilanase e nem do nível de farelo de arroz nas variáveis de mineralização óssea estudados ($P>0,05$). A comparação das médias de cada tratamento com farelo de arroz com o tratamento testemunha sem farelo de arroz e sem enzimas pelo teste de Dunnett também não indicou nenhuma diferença significativa.

Os resultados de mineralização óssea indicam que a utilização de rações com baixos teores de fósforo não afetam a deposição de minerais no osso, quando estas rações são suplementadas com a enzima fitase e contêm uma fonte orgânica de fósforo, como é o caso do farelo de arroz. Assim, é possível substituir parte da suplementação inorgânica de fósforo (fosfato bicálcio) pela utilização de farelo de arroz e fitase, sem afetar a deposição óssea de minerais,

uma vez que a enzima fitase disponibilizará o fósforo fítico contido no farelo de arroz.

4.9 Experimento II – Viscosidade e digestibilidade ileal

Na Tabela 35 estão apresentados os valores médios da viscosidade da digesta dos frangos coletada aos 42 dias de idade e na Tabela 9A, a respectiva análise de variâncias. Houve interação entre os níveis de farelo de arroz e suplementação da ração com xilanase.

TABELA 35. Viscosidade média da digesta dos frangos aos 42 dias de idade, em função dos níveis de farelo de arroz e xilanase na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | VISCOSIDADE DA DIGESTA (cPs) | |
|---------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | ZERO XILANASE ¹ | 400 g XILANASE ¹ |
| 6 | 3,95 b | 10,73 a |
| 12 | 3,15 a | 8,33 a |
| 18 | 11,93 a | 5,08 b |
| 24 | 8,75 a | 5,08 a |
| TESTEMUNHA | 9,50 | |
| CV (%) | 54,78 | |

¹ Efeito linear para níveis de farelo de arroz (P>0,05).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F (P<0,05).

A análise de variância indicou diferenças (P<0,05) para a viscosidade da digesta das aves aos 42 dias em função da utilização de xilanase para as rações com 6 e 18% de farelo de arroz. Já para as aves que consumiram ração contendo 12 e 24% de farelo de arroz não houve diferença (P>0,05).

Observa-se que a elevação dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase causou um aumento linear na viscosidade da digesta (Figura 17), o que se pode atribuir à elevação dos teores de polissacarídeos não-amídicos presentes que possuem a propriedade de aumentar a viscosidade da digesta. Contrariamente, quando a ração foi suplementada com 400 g de xilanase por

tonelada, o efeito sobre a viscosidade da digesta foi de redução linear, conforme representado pela Figura 17.

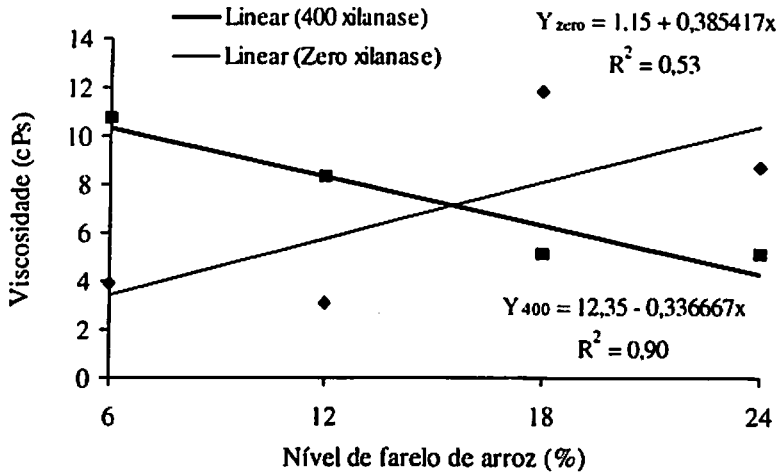


FIGURA 17. Efeito dos níveis de farelo de arroz sobre a viscosidade da digesta aos 42 dias, na ração sem e com xilanase.

Tendo em vista o alto coeficiente de variação observado para a viscosidade da digesta, estes resultados são de pouca utilidade para a avaliação do efeito dos tratamentos aplicados. Também não há uma explicação biológica para a redução da viscosidade da digesta que foi observada pelo estudo de regressão para a ração com 400 g de xilanase.

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca da ração aos 42 dias de idade dos frangos são apresentados na Tabela 36, e a análise de variâncias, na Tabela 10A.

A utilização de 400 g de xilanase por tonelada de ração melhorou ($P < 0,05$) a média do coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria da ração com farelo de arroz quando comparada àquela sem xilanase, obtendo-se uma melhora de 2%.

TABELA 36. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDAMS) médio aos 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | CDAMS (%) | |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| | ZERO XILANASE ¹ | 400 g XILANASE ^{2b} |
| 6 | 75,6 | 76,0 |
| 12 | 76,5 | 76,6 |
| 18 | 75,3 | 77,7 |
| 24 | 73,7 * | 76,4 |
| MÉDIA | 75,2 b | 76,7 a |
| TESTEMUNHA | 77,0 | |
| CV (%) | 1,51 | |

¹ Efeito quadrático para níveis de farelo de arroz ($P < 0,05$).

^{2b} Regressão não significativa pelo teste F ($P > 0,05$).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F ($P < 0,05$).

De maneira semelhante aos resultados deste experimento, Boros e Rekciepla (2001) verificaram melhora de 5% na digestibilidade da matéria seca para frangos quando suplementaram a ração contendo 60% de centeio com xilanase. Danicke et al. (1999c) também verificaram melhora na digestibilidade da matéria seca no íleo terminal, de frangos recebendo ração à base de centeio, que foi de 61,2 para a ração sem enzima e 65,5% quando suplementada com Avizyme 1300 na dosagem de 1 kg por tonelada. Os principais polissacarídeos não-amídicos presentes no farelo de arroz são idênticos aos do centeio, que possui níveis elevados de arabinoxilanos.

Contrariamente aos resultados deste experimento, Giacometti (2002) não encontrou diferença para o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca do farelo de arroz quando suplementou a ração teste com 30% de farelo de arroz, com enzimas semelhantes às utilizadas neste experimento. Determinou a digestibilidade aparente da matéria seca do farelo de arroz suplementado com enzimas em 59,3% para frangos com 30 dias de idade e 57,2% quando não utilizou enzimas.

A elevação dos níveis de farelo de arroz não afetou a digestibilidade da matéria seca da ração ($P>0,05$) quando a mesma foi suplementada com 400 g de xilanase por tonelada. Para a ração sem xilanase, a regressão quadrática ($P<0,05$) indica que a digestibilidade máxima pode ser estimada em 76,2% para a ração com 11,6% de farelo de arroz (Figura 18). Estes resultados indicam que a inclusão de farelo de arroz na ração não deve ultrapassar 12% para ração sem suplementação com xilanase.

Quando a ração é suplementada com 400 g de xilanase por tonelada, pode se recomendar a inclusão de até 24% de farelo de arroz, sem nenhum prejuízo na digestibilidade da matéria seca. Estas observações são coerentes com os resultados de ganho de peso observados neste experimento, conforme discutido anteriormente.

Pelo teste de Dunnett, ficou evidenciado que apenas as aves que consumiram ração contendo 24% de farelo de arroz e sem xilanase apresentaram coeficiente de digestibilidade inferior ao das aves do tratamento testemunha.

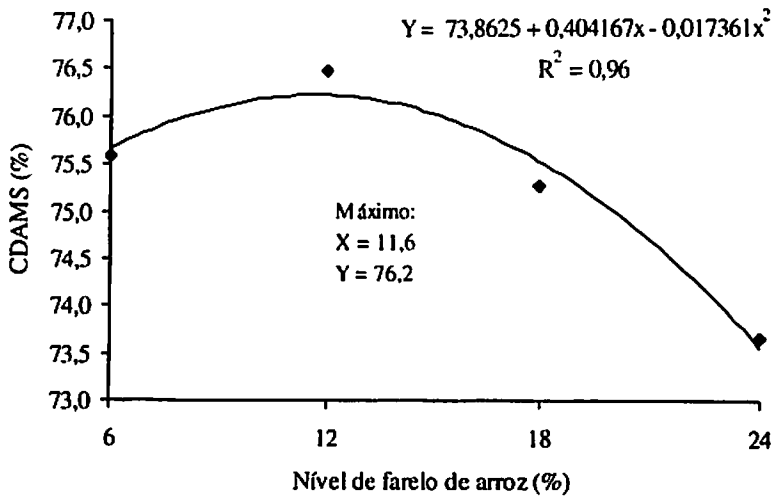


FIGURA 18. Efeito dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase, sobre o coeficiente da digestibilidade ileal aparente da matéria seca da ração aos 42 dias.

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta da ração aos 42 dias de idade dos frangos são apresentados na Tabela 37, e a análise de variâncias, na Tabela 10A.

TABELA 37. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente médio da proteína bruta (CDAPB) médio aos 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | CDAPB (%) | |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | ZERO XILANASE ^{ns} | 400 g XILANASE ^{ns} |
| 6 | 75,5 | 76,3 |
| 12 | 75,3 | 75,8 |
| 18 | 75,8 | 77,3 |
| 24 | 73,8 | 77,0 |
| MÉDIA | 75,1 b | 76,6 a |
| TESTEMUNHA | 76,9 | |
| CV (%) | 2,55 | |

^{ns} Regressão não significativa pelo teste F (P>0,05).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F (P<0,05).

A utilização de 400 g de xilanase por tonelada de ração melhorou (P,0,05) o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta da ração com farelo de arroz, quando comparada àquela sem xilanase.

Os níveis de farelo de arroz não afetaram (P>0,05) a digestibilidade da proteína bruta. Estes resultados são semelhantes aos obtidos no experimento I, em que também não houve diferença na digestibilidade da proteína entre a ração com 10 e 20% de farelo de arroz e uma melhora em função da suplementação com a xilanase.

Danicke et al. (1999c) também verificaram melhora na digestibilidade do nitrogênio no fêo terminal para frangos recebendo ração à base de centeio, que foi de 80,3 para a ração sem enzima e 83,7 quando suplementada com Avizyme 1300 (1kg/tonelada).

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da energia bruta da ração aos 42 dias de idade dos frangos são apresentados na Tabela 38, e a análise de variâncias, na Tabela 10A.

TABELA 38. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da energia bruta (CDAEB) médio da ração aos 42 dias de idade, em função dos níveis de xilanase e farelo de arroz na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | CDAEB (%) | |
|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | ZERO XILANASE ² | 400 g XILANASE ¹ |
| 6 | 76,5 | 77,3 |
| 12 | 78,3 | 78,3 |
| 18 | 77,8 | 80,0 |
| 24 | 76,0 | 79,0 |
| MÉDIA | 77,3 b | 78,6 a |
| TESTEMUNHA | | 78,4 |
| CV (%) | | 1,44 |

² Efeito quadrático para níveis de farelo de arroz (P<0,01).

¹ Efeito linear para níveis de farelo de arroz (P<0,05).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F (P<0,05).

A utilização de 400 g de xilanase por tonelada de ração melhorou ($P<0,05$) o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da energia bruta da ração com farelo de arroz quando comparada àquela sem xilanase. Estes resultados são semelhantes aos obtidos no experimento I, em que também houve melhora para a digestibilidade da proteína quando a ração foi suplementada com xilanase.

Os níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase afetaram a digestibilidade da energia bruta. Observou-se um efeito quadrático ($P<0,01$), podendo-se estimar em 78,2% a digestibilidade máxima para a energia bruta, que pode ser obtida quando a ração contém 14,3% de farelo de arroz (Figura 19).

Este resultado está coerente com as estimativas de inclusão de farelo de arroz em ração sem xilanase feitas para as variáveis de desempenho, para as quais os melhores resultados são obtidos quando se utiliza uma ração com até 12% de farelo de arroz.

Para a ração com 400 g de xilanase os níveis de farelo de arroz na ração propiciaram aumento linear ($P<0,05$) na digestibilidade da energia bruta, em função de sua elevação (Figura 19).

Este resultado possivelmente explica a melhora verificada no ganho de peso das aves que receberam a ração suplementada com xilanase, tanto na fase de 1 a 21 como de 1 a 42 dias.

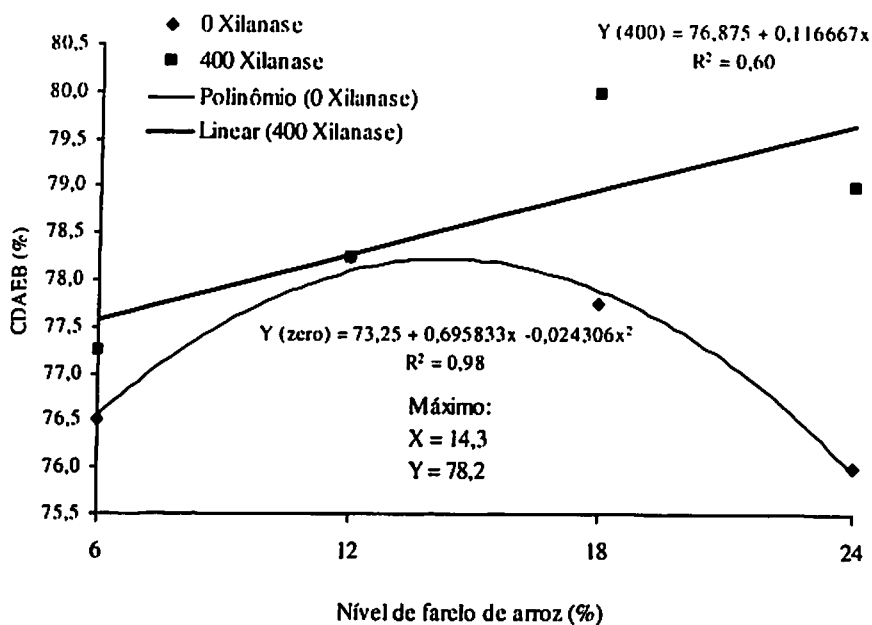


FIGURA 19. Efeito dos níveis de farelo de arroz na ração sem e com 400 g de xilanase, sobre o coeficiente da digestibilidade ileal aparente da energia bruta da ração aos 42 dias.

4.10 Experimento II - Análise bioeconômica

Na Tabela 39 está apresentada a média dos índices bioeconômicos em função dos níveis de farelo de arroz e xilanase utilizados na ração e na Tabela 10A, a respectiva análise de variâncias. Houve interação entre os níveis de inclusão de farelo de arroz e suplementação com xilanase ($P < 0,05$).

TABELA 39. Índice bioeconômico médio calculado aos 42 dias de idade dos frangos, em função dos níveis de farelo de arroz e níveis de xilanase na ração.

| FARELO DE ARROZ (%) | ÍNDICE BIOECONÔMICO (g) | |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| | ZERO XILANASE ¹ | 400 g XILANASE ^{ns} |
| 6 | 1231 b* | 1224 a* |
| 12 | 1185 a* | 1248 a* |
| 18 | 1136 b | 1216 a* |
| 24 | 1125 b | 1190 a* |
| TESTEMUNHA | 1097 | |
| CV (%) | 2,55 | |

¹ Efeito linear para nível de farelo de arroz (P<0,01).

^{ns} Regressão não significativa pelo teste F (P>0,05).

* Diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Médias com letras diferentes na linha diferem pelo teste F (P<0,05).

A suplementação com xilanase melhorou significativamente o índice bioeconômico, exceto para a ração com 12% de farelo de arroz. Para os demais níveis do farelo de arroz, a ração com 400 g de xilanase propiciou índices superiores aos obtidos com a ração sem xilanase. Isso indica que, levando em consideração os preços praticados para os ingredientes à época da realização do experimento, é interessante sob o ponto de vista econômico suplementar a ração com xilanase.

Resultado semelhante foi relatado por Swain & Johri (1999a), que obtiveram índice de desempenho melhor para as aves que receberam a ração com 1,5 kg/tonelada de um complexo enzimático na ração contendo farelo de arroz autoclavado, farelo de trigo e torta de girassol. O custo de produção por quilograma de peso vivo para frangos alimentados com a ração de alta fibra e enzimas foi inferior ao da ração com baixa fibra, sem enzimas.

A elevação dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase causou redução linear (P<0,01) no índice bioeconômico (Figura 20). Porém, ao comparar com a média da ração testemunha, observa-se que o uso de até 12% de

farelo de arroz na ração sem xilanase e até 24% de farelo de arroz na ração com xilanase propiciaram um índice bioeconômico melhor do que a testemunha ($P < 0,05$). Para a ração suplementada com xilanase, não houve diferença ($P > 0,05$).

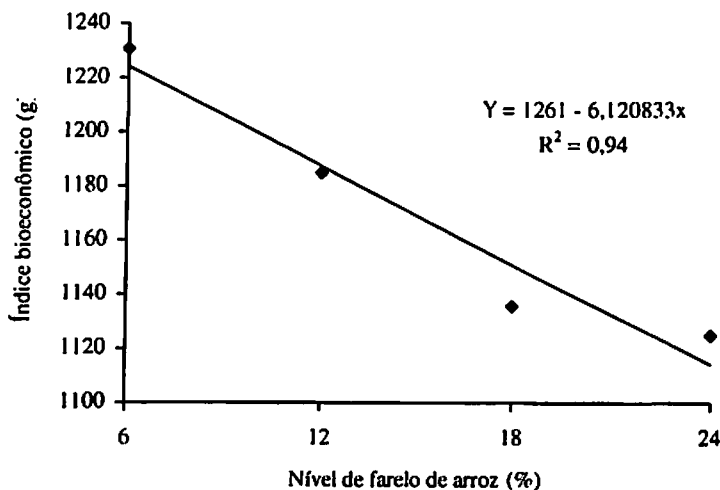


FIGURA 20. Efeito dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase sobre o índice bioeconômico aos 42 dias.

Pode-se notar que as aves que consumiram a ração com 18 e 24% farelo de arroz, sem xilanase, apresentaram índices bioeconômicos semelhantes estatisticamente aos das aves do tratamento testemunha indicando que, sob o ponto de vista econômico, não há nenhuma desvantagem na utilização de até 24% de farelo de arroz na ração, em comparação à uma ração à base de milho e farelo de soja e sem enzimas, sendo as maiores vantagens observadas para as aves que receberam xilanase na ração.

De forma semelhante ao que foi verificado no presente trabalho, Osei & Oduro (2000) relataram que a utilização de uma enzima carboidrase diminuiu o

custo total de alimento por ave e o custo por quilograma de ganho para frangos alimentados com ração contendo 17% de farelo de trigo.

Assim, considerando-se o desempenho obtido neste experimento com a utilização de farelo de arroz na ração, os preços fixos para os ingredientes utilizados na ração, exceto para o farelo de arroz, e simulando o índice bioeconômico que seria obtido caso o farelo de arroz dobrasse de preço, mesmo assim todos os tratamentos com farelo de arroz apresentariam índice bioeconômico superior ao da testemunha. Se o farelo de arroz apresentasse preço igual ao do milho, o índice seria inferior para a ração sem xilanase. Porém, com a suplementação de 400 g de xilanase, os índices para os quatro níveis de farelo de arroz seriam superiores aos da testemunha. Esta simulação mostra claramente a vantagem econômica para a utilização do farelo de arroz, xilanase e fitase em ração para frangos de corte.

Sabendo-se que o custo da ração pode oscilar bastante no decorrer do ano, o índice bioeconômico deve ser utilizado com cautela para a tomada de decisões, pois os resultados obtidos em uma época podem não ser verdadeiros para outras épocas do ano ou para outras regiões. Assim, é importante que antes da decisão de inclusão deste alimento alternativo na ração, proceda-se previamente uma simulação dos índices bioeconômicos que são possíveis de serem alcançados em função dos preços dos ingredientes vigentes naquela época.

4.11 Experimento II - Resumo dos resultados

Nas Tabelas 40 e 41 é apresentado um resumo das variáveis avaliadas em que foi verificada diferença significativa, com os respectivos níveis de farelo de arroz estimados para a obtenção do melhor resultado na respectiva variável. As estimativas foram obtidas pela derivação das equações.

TABELA 40. Resumo dos resultados obtidos em função dos níveis de farelo de arroz na ração sem xilanase.

| VARIÁVEL | EQUAÇÃO DE REGRESSÃO | NÍVEL FARELO DE ARROZ | RESPOSTA MÁXIMA ESTIMADA |
|-----------|---|-----------------------|--------------------------|
| CR 1 a 21 | $Y = 1173,25 - 8,591667x$ | < 6 | 1122 g |
| GP 1 a 21 | $Y = 793,5 - 5,779167x$ | < 6 | 759 g |
| GP 1 a 42 | $Y = 2470,375 - 8,029167x$ | < 6 | 2422 g |
| IBE 42 | $Y = 1261 - 6,120833x$ | < 6 | 1225 g |
| CDAMS 42 | $Y = 73,8625 + 0,404167x - 0,017361x^2$ | 11,6 | 76,2 % |
| CDAEB 42 | $Y = 73,25 + 0,695833x - 0,024306x^2$ | 14,3 | 78,2% |

TABELA 41. Resumo dos resultados obtidos em função dos níveis de farelo de arroz na ração com xilanase.

| VARIÁVEL | EQUAÇÃO DE REGRESSÃO | NÍVEL FARELO ARROZ. | RESPOSTA MÁXIMA ESTIMADA |
|---------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| CDAEB 42 dias | $Y = 76,875 + 0,116667x$ | 24 | 79,7% |

Na fase de 1 a 42 dias de idade, o nível de 400 g de xilanase por tonelada de ração afetou de maneira linear e crescente apenas o coeficiente de digestibilidade da energia; podendo-se assim deduzir que a utilização de até 24% de farelo de arroz na ração suplementada com as enzimas xilanase e fitase não prejudica o desempenho das aves. Há a necessidade de mais investigações com níveis mais elevados de farelo de arroz do que os utilizados neste trabalho para verificar até que nível de inclusão do farelo não prejudica o desempenho das aves.

Sem xilanase, os melhores resultados de desempenho podem ser obtidos com a ração contendo menos de 6% de farelo de arroz. No entanto, considerando as constatações verificadas pelas comparações pelo teste de Dunnett, não há razão econômica para se recomendar a utilização de xilanase na ração quando a inclusão de farelo de arroz é de até 12%. Este resultado confirma o que foi

observado no experimento I, quando também não foi verificada vantagem para a suplementação da ração com até 10% de farelo de arroz. Os resultados deste trabalho para os níveis de inclusão de farelo de arroz sem enzimas são próximos dos relatados por Asit et al. (2001) que concluíram que o farelo de arroz pode ser incluído em até 15% na ração de frangos.

As maiores diferenças encontradas para os dados de desempenho na fase inicial de 1 a 21 dias de idade, em função da suplementação com xilanase ou devido à elevação dos níveis de farelo de arroz na ração em relação ao período de 1 a 42 dias, são coerentes com os resultados encontrados por Fialho (1991), que verificou maior prejuízo no desempenho de frangos nas primeiras semanas, quando elevou os níveis de inclusão do farelo de arroz na ração de zero a 24%.

Os efeitos mais expressivos observados na fase inicial podem ser explicados com a observação de Petersen et al. (1999), que relatam que a viscosidade da digesta ileal tende a decrescer com o avanço da idade das aves. Assim, os resultados deste trabalho estão de acordo com a observação de Acamovic (2001), que sugere que a redução da viscosidade da digesta de aves mais velhas pode explicar a observação de que geralmente a suplementação enzimática da ração apresenta maior efeito em aves jovens.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que em rações contendo farelo de arroz e suplementadas com 900 FTU/kg a suplementação com xilanase é efetiva para melhorar o desempenho e digestibilidade de nutrientes;

Os efeitos da suplementação de xilanase são mais pronunciados na ração com níveis mais elevados de farelo de arroz com 900 FTU/kg;

A elevação dos níveis de inclusão de farelo de arroz na ração sem xilanase prejudica o desempenho produtivo e econômico mesmo com 900 FTU/kg;

O nível máximo de farelo arroz na ração suplementada com 900 FTU/kg não deve ultrapassar 12% na ração sem suplementação com xilanase;

Em ração contendo até 24% de farelo de arroz e 900 FTU/kg, deve-se utilizar níveis de xilanase acima de 600 g por tonelada para maximizar o ganho de peso;

É viável economicamente a formulação de rações para frangos com até 24% de farelo de arroz e 900 FTU/kg com a utilização de 400 g da enzima xilanase por tonelada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOOSADI, M. A.; SACIFE, J. R.; MURRAY, I.; BEDFORD, M. Effect of supplementation cell wall degradation enzymes on the growth the performance of broiler chickens fed diets containing rice bran. **British Poultry science**, Edinburgh, v. 37, S42, Sept. 1996. Abstract.

ACAMOVIC, T. Comercial application of enzyme technology for poultry production. **World's Poultry Science Journal**, Beekbergen, v. 57, n. 3, p. 225-242, Sept. 2001.

ADRIZAL, P. E. P.; SELL, J. L. Utilization of defatted rice bran by broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 8, p. 1012-1017, Aug. 1996.

AGRIANUAL'01 - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP/Editora Argos, 2001.

AGROCERES ROSS. **Manual de manejo de frangos de corte Ross**. São Paulo: Agrocere Ross melhoramento genético de aves, 2001.

ALI, M. M.; HUSSAIN, M. G.; NURUL, A. B. S. A. R.; SHAHJAHAN. M.; ABSAR, N. Investigation on rice bran: composition of rice bran and its oil. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, Dhaka, v. 33, n. 2, p. 170-177, 1998.

ALLEN, C.M.; BEDFORD, M. R.; McCracken, K. J. Effect of rate of wheat inclusion and enzyme supplementation on diet metabolisability and broiler performance. **British Poultry Science**, v. 37, p. S41-S42, Sept. 1996. Abstratc.

ALVAREZ, R. J. e SANS, M. The effect of rice polishings diets on the rate of passage and intestinal disaccharidase activity of broilers. **Cuban Journal of Agricultural Science**, La Habana, v. 18, n. 2, p 173-177, July 1984.

ANNISON, G.; CHOCT, M. Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. **World's Poultry Science Journal**, Beekbergen, v. 47, n. 4, p. 232-242, Nov. 1991.

ANUÁRIO'2001 DA AVICULTURA INDUSTRIAL. Porto Feliz, SP, v. 91, n. 1085, p. 30, dez./jan. 2000/2001.

ASIT, D. A. S.; GHOSH, S. K.; DAS, A. Effect of feeding different levels of rice bran on performance of broilers. *Indian Journal of Animal Nutrition*, New Delhi, v. 17, n. 4, p. 333-335, Dec. 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST - AOAC. **Official methods of analysis: agricultural chemicals, contaminants and drugs.** 15. ed. Washington: Association of official analytical chemists, 1990. v. 1, 684p.

BEDFORD, M. R. The effect of enzymes on digestion. *Journal of Applied Poultry Science*, Athens, v. 5, n. 4, p. 370-378, Win. 1996.

BEDFORD, M. R.; MORGAN, A. J. The use of enzymes in poultry diets. *World's Poultry Science*, Beekbergen, v. 52, n. 1, p. 61-68, Mar. 1996.

BEDFORD, M. R.; SCHULZE, H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutrition Research Reviews*, Wallingford, v. 11, n. 1, p. 91-114, June 1998.

BERTECHINI, A. G. *Nutrição de monogástricos.* Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 255 p.

BONATO, E. L.; ZANELLA, I.; ROSA, A. P.; PADILHA, L.; MAGON, L.; SANTOS, R.; GASPARINI, S. P. Efeitos da suplementação com enzimas em dietas à base de milho e farelo de soja com níveis crescentes de farelo de arroz integral sobre o desempenho de frangos de corte. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. *Anais.* . Piracicaba: SBZ, 2001. p. 864-865.

BORGES, F. M. O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. *Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG*, Belo Horizonte, n. 20, p. 5-30, jun. 1997.

BOROS, D.; BEDFORD, M. R. Influence of water extract viscosity and exogenous enzymes on nutritive value of rye hybrids in broiler diets. *Journal of Animal and Feed Sciences*, Jablonna, v. 8, n. 4, p. 579-588, 1999.

BOROS, D.; REK-CIEPLA, B. A note on the effect of supplementation of rye diets with arabinoxylan degrading enzymes on production parameters of broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, V. 10, n. 3, p. 497-504, 2001.

BRENES, A.; LÁZARO, R.; GARCIA, M.; MATEOS, G. G. Utilización practica de complejos enzimaticos en avicultura. In: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal.* FEDNA. Madrid, 1996. p. 135-151.

CAMPBELL, G. L.; BEDFORD, M. R. Enzyme applications for monogastric feeds: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v. 72, n. 2, p. 449-466, June 1992.

CANTOR, A. Enzimas usadas na Europa, Estados Unidos e Ásia. Possibilidades para uso no Brasil. In: RONDA LATINOAMERICANA DE BIOTECNOLOGIA, 5., 1995, Curitiba, 1995. p. 31-42.

CARVALHO, R. C. Utilização do farelo de arroz na alimentação: Revisão da literatura no período 1970-1998. 1998. 122 p. Dissertação (Mestrado em nutrição) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, São Paulo.

CHAE, B. J.; LEE, K. H.; LEE, S. K. Effects of feeding rancid rice bran on growth performance and chicken meat quality in broiler chicks. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 15, n. 2, p. 266-273, Feb. 2002.

CHESSON, A. Non-starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities. *World's Poultry Science Journal*, Beekbergen, v. 57, n. 3, p. 251-263, Sept. 2001.

CHESSON, A. Supplementary enzymes to improve the utilization of pigs and poultry diets. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. London: Butterworths, 1987. p. 71-87.

CHOCT, M.; HUGHES, R. J.; BEDFORD, M. R. Effects of a xylanase on individual bird variation, starch digestion throughout the intestine, and ileal and caecal volatile fatty acid production in chickens fed wheat. *British Poultry Science*, Edinburgh, v. 40, n. 3, 419-422, July 1999.

CHOCT, M.; HUGUES, R. J.; WANG, J.; BEDFORD, M. R.; MORGAN, A. J.; ANNISON, G. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *British Poultry Science*, Edinburgh, v. 37, n. 3, p. 609-621, July 1996.

CLASSEN, H. L. Enzymes in action: successful application of enzymes relies on knowledge of the chemical retention to be affected and the conditions under which the reaction will occur. *Feed Mix*, Doetinchen, v. 4, n. 2, p. 22-28, Apr. 1996.

CONTE, A. J. Valor Nutritivo do Farelo de Arroz em Dietas para Frangos de Corte, com Utilização das Enzimas Fitase e Xilanase. 2000. 151 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

COSTA, P. T. Arroz na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL – COLEGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL - 2001. *Anais. . . Campinas*, 2001. p. 77-84.

COUSINS, B. Enzimas na Nutrição de Aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV – EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1., 1999, Concórdia. *Anais. . . Concórdia*, 1999. p. 118-132.

DANICKE, S.; HALLE, I.; STROBEL, E.; FRANKE, E.; JEROCH, H. Effect of energy source and xylanase addition on energy metabolism, performance, chemical body composition and total body electrical conductivity (TOBEC) of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Berlin, v. 85, n. 9/10, p. 301-313, Oct. 2001.

DANICKE, S.; JEROCH, H.; SIMON, O. Endogenous N-losses in broilers estimated by a [15N]-isotope dilution technique: effect of dietary fat type and xylanase addition. *Archives of Animal Nutrition*, Reading, v. 53, n. 1, p. 75-97, 2000.

DANICKE, S.; SIMON, O.; JEROCH, H. Effects of supplementation of xylanase or beta-glucanase containing enzyme preparations to either rye- or barley-based broiler diets on performance and nutrient digestibility. *Archiv fur Geflugelkunde*, Stuttgart, v. 63, n. 6, p. 252-259, Dec. 1999a.

DANICKE, S.; SIMON, O.; JEROCH, H.; KELLER, K.; GLASER, K.; KLUGE, H.; BEDFORD, M. R. Effects of dietary fat type, pentosan level and xylanase supplementation on digestibility of nutrients and metabolizability of energy in male broilers. *Archives of Animal Nutrition*, Reading, v. 52, n. 3, p. 245-261, 1999b.

DANICKE, S.; VAHJEN, W.; SIMON, O.; JEROCH, H. Effects of dietary fat type and xylanase supplementation to rye-based broiler diets on selected bacterial groups adhering to the intestinal epithelium, on transit time of feed, and on nutrient digestibility. *Poultry-Science*, Champaign, v. 78, n. 9, p. 1292-1299, Sept. 1999c.

DAVIS, G.; KELLOGG, W.; KEGLEY, B.; GADBERRY, S. Effects of rice milling procedures on nutrient composition of rice bran. *Research Series Arkansas Agricultural Experiment Station*, Fayetteville, n. 478, p. 100-103, 2000.

DOMENE, S. M. A. Estudo do valor nutritivo mineral do farelo de arroz. Utilização do zinco, ferro, cobre e cálcio pelo rato em crescimento. 1996. 104p. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

DUSEL, G.; KLUGE, H.; JEROCH, H.; SIMON, O. Xylanase supplementation of wheat-based rations for broilers: Influence of wheat characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, Athens, v. 7, n. 2, p. 119-131, Sum. 1998.

EBERT, A. R.; KESSLER, A. M.; PENS Jr. A. M.; POPHAL, S.; RIBEIRO, A. M. L. Effect of adding Vegpro in two energy level diets on the performance of broilers exposed to heat stress. *Poultry Science*, Champaign, v. 79, p. 19-20, 2000. Supplement, 1.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESSQUISA AGROPECUÁRIA. Centro nacional de pesquisa de Suínos e Aves. Tabela de Composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves. 3. ed. Concórdia-SC, 1991. 97 p. (Documento, 19).

ENGELN, A. J.; HEEFT, F. C. V. D.; RANDOSDORP, P. H. G.; SMITH, L. C. Simple and rapid determination of phytase activity. *Journal of AOAC International*, Washington, v. 77, n. 3, May/June 1994.

ESTAT 2.0 – Sistema de análise estatística. Jaboticabal: pólo Computacional – Departamento de ciências exatas – UNESP, 1992.

FARREL, D. J. Utilization of rice bran in diets for domestic fowl and duckings. *World's Poultry Science Journal*, London, v. 50, n. 2, p. 115-131, July 1994.

FARREL, D. J.; MARTIN, E. A. Strategies to improve the nutritive value of rice bran in poultry diets. I. The addition of food enzymes to target the non-starch polysaccharide fractions in diets of chickens and ducks gave no response. *British Poultry Science*, Cambridge, v. 39, n. 4, p. 549-554, Sept. 1998.

FERNANDEZ, F.; SHARMA, R.; HINTON, M.; BEDFORD, M. R. Diet influences the colonisation of *Campylobacter jejuni* and distribution of mucin carbohydrates in the chick intestinal tract. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v. 57, n. 12, p. 1793-1801, Nov. 2000.

FIALHO, F. B. Disponibilidade do manganês do farelo de arroz para frangos de corte. 1991. 156 p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FIREMAN, F. A. T.; LOPEZ, J.; BARBOSA, A. K.; FIREMAN, A. T. Desempenho e custo de suínos alimentados com dietas contendo 50% de farelo de arroz integral suplementados com fitase e/ou celulase. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, Mayaguez, v. 8, n. 1, p. 18-23, 2000.

FISCHER, G.; MAIER, J. C.; RUTZ, F.; BERMUDEZ, V. L.; VIEIRA, N. S. Efeito da inclusão de enzimas em rações para frangos de corte, à base de milho e farelo de soja sobre o peso médio e consumo de ração. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. *Anais....* Piracicaba: SBZ, 2001. p. 765-766.

FRANCESCH, M. Bases de la utilización de complejos enzimáticos en avicultura. In: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. Madrid: FEDNA, 1996. p. 119-131.

FRY, R. M.; ALLRED, J. B.; JENSEN, L. S.; MCGINNIS, J. Influence of enzyme supplementation and water treatment on the nutritional value of different grains of poults. *Poultry Science*, Champaign, v. 37, p. 372-376, 1958.

GARCIA, O. Enzimas: recentes contribuições para a sua aplicação em nutrição animal. In: ENCONTRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3., 1997, São Paulo-SP. *Anais...* São Paulo, 1997. p. 1-9.

GIACOMETTI, R. A. Valores energéticos e digestibilidade de nutrientes do farelo de arroz integral suplementado com complexos enzimáticos para frangos de corte. 2002. 54 p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GRAHAM, H.; INBORR, J. Stability of enzymes during processing. *Feed Mix*, Doetinchen, v. 1, n. 3, 1993.

GUIDONI, A. L. Alternativas para comparar tratamentos envolvendo o desempenho nutricional animal. 1994. 105 p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônômica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

ISMAIL, F. A.; EL-DASH, S. M.; DOSS, H. A.; TAWFEEK, M. M. Effect of stabilization techniques on quality characteristics of rice bran. *Bulletin of Faculty of Agriculture - Cairo University*, Cairo, v. 52, n. 4, p. 573-584, 2001.

JESWANI, A.; SRIVASTAVA, R. K.; SHUKLA, P. K. Effect of autoclaved and acid treated rice bran on growth and feed efficiency in broilers. **Indian Journal of Poultry Science**, New Delhi, v. 33, n. 2, p. 162-165, 1998.

JIN, S.; PALO, P. E.; SELL, J. L.; SOTO-SALANOVA, F. Influence of dietary supplementation on young turkeys fed different grain sources. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, p. 84, 1998. Supplement, 1. (Abstrac).

JONGBLOED, A. W.; JONGE, L.; KEMME, P. A.; MROZ, Z.; KIES, A. K. Phytate, phytase, phosphorus, protein and performance in pigs. In: **BASF FORUM ON ANIMAL NUTRITION**, 6., 1997, Ludwigshafen, Germany. **Proceedings...** Ludwigshafen, Germany: BASF, 1997.

✓ JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KEMME, P. A. The effect of supplementary *Aspergillus Niger* phytase in diet for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total P, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 4, p. 1159-1168, Apr. 1992.

KAOMA, C.; BLAHA, J.; HEGER, J. A note on the effect of enzyme supplementation on nitrogen retention and metabolizable energy in broilers fed barley based diets. **Cuban Journal of Agricultural Science**, La Habana, v. 32, n. 3, p. 275-277, Sept. 1998.

KELSAY, J. L. A review of research on effects of fiber intake on mam. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 31, n. 1, p. 142-159, Jan. 1978.

LEESON, S. Enzimas para aves. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES**, 1999, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: FACTA, 1999. p. 173-185.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p.

LÓPEZ, J.; FERNANDES, J. M.; PEIXOTO, R. R. ,MAIER, J. C. Farelo desengordurado de arroz na alimentação de pintos. **Revista de Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 43-52, jan./fev. 1978.

LÓPEZ, S. E.; LÓPEZ, J.; TEICHMANN, H. F. Efeito da fitase na biodisponibilidade de minerais em dietas com farelo de arroz integral para

frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: Gnosis, 1998. CD-ROM.

MALATHI, V.; DEVEGOWDA, G. In vitro evaluation of nonstarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. *Poultry Science*, Champaign, v. 80, n. 3, p. 302-305, Mar. 2001.

MAXIMO, J. M.; et al. Effect of Allzyme Vegpro supplementation to a com/soya-based diet on broiler performance and production economics. *Poultry Science*, Champaign, v. 79, p. 14, 2000. Supplement, 1.

MCCRACKEN, K. J.; BEDFORD, M. R.; STEWART, R. A. Effects of variety, the 1B/1R translocation and xylanase supplementation on nutritive value of wheat for broilers. *British Poultry Science*, Champaign, v. 42, n. 5, p. 638-642, Dec. 2001.

MUNARO, F. A.; LÓPEZ, J.; LÓPEZ, S. E.; RUTZ, F. Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo em rações com farelo de arroz desengordurado para frangos de corte. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 25, n. 5, p. 932-943, set./out. 1996b.

MUNARO, F. A.; LÓPEZ, J.; TEIXEIRA, A.; LÓPEZ, S. E. Efeito da fitase em rações com 15% de farelo de arroz desengordurado no desempenho de frangos de corte. *Revista de Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 25, n. 5, p. 910-920, set./out. 1996a.

NAHAS, J.; LEFRANÇOIS, M. R. Effects of feeding locally grown whole barley with or without enzyme addition and whole wheat on broiler performance and carcass traits. *Poultry Science*, Champaign, v. 80, n. 2, p. 195-202, Feb. 2001.

NAMKUNG, H.; LEESON, S. The effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. *Poultry Science*, Champaign, v. 78, n. 9, p. 1317-1319, Sept. 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of poultry*. 9. ed. Washington, DC: National Academy of Science, 1994. 155 p.

NELSON, T. S.; SHIEH, T. R.; WODZINSKI, R. J.; WARE, J. H. The availability of phytate phosphorus in soybean meal before and after treatment

with a mold phytase. **Poultry Science**, Champaign, v. 47, n. 6, p. 1842-1848, Nov. 1968.

OSEI, S. A.; ODURO, S. Effects of dietary enzyme on broiler chickens fed diets containing wheat bran. **Journal of Animal and Feed Sciences**, Jablonna, v. 9, n. 4, p. 681-686, 2000.

OUHIDA, I.; PEREZ, J. F.; GASA, J.; PUCHAL, F. Enzymes (β -glucanase and arabinoxylanase) and/or sepiolite supplementation and the nutritive value of maize-barley-wheat based diets for broiler chickens. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 41, n. 5, p. 617-624, Dec. 2000.

OUHIDA, I. M. E. D.; PEREZ, J. F.; GASA, J. O. S. E. P. Soybean (*Glycine max*) cell wall composition and availability to feed enzymes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 7, p. 1933-1938, Mar. 2002.

PACK, M.; BEDFORD, M. Feed enzymes for corn-soybean broiler diets. A new concept to improve nutritional value and economics. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 53, n. 1, p. 87-93, Mar. 1997.

PENZ Jr. M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais dos Simpósios...** Botucatu: Gnosis, 1998. CD-ROM.

PETERSEN, S. T.; WISEMAN, J.; BEDFORD, M. R. Effects of age and diet on the viscosity of intestinal contents in broiler chicks. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 40, n. 3, p. 364-370, July 1999.

PRESTON, C. M.; McCracken, K. J.; BEDFORD, M. R. Effect of wheat content, fat source and enzyme supplementation on diet metabolisability and broiler performance. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 42, n. 5, p. 625-632, Dec. 2001. Abstract.

RAVINDRAN, V.; BLAIR, R. Feed resources for poultry production in asia and the Pacific region. I. Energy sources. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 47, n.4 p. 211-231, Nov. 1991.

RAVINDRAN, V.; SELLE, P. H.; BRYDEN, W. L. Effects of phytase supplementation, individually an in combination with glycanase, on the nutritive value of wheat and barley. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 11, p. 1588-1595, Nov. 1999a.

- RAVINDRAN, V. S.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W. L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. *Poultry Science*, Champaign, v. 78, n. 4, p. 699-706, Apr. 1999b.
- RICKES, E. L.; HAN, E. A.; MOSCATELLI, E. A.; OTT, W. H. The isolation and biological properties of beta-glucanase from *B. subtilis*. *Archives of Biochemistry and Biophys*, San Diego, v. 69, n. 2, p. 371-375, 1962.
- ROSTAGNO, H. D.; FEATHERSON, W. R. Studies on the nutritional values of sorghum grains with varying tannin contents for chicks. I Growth Studies. *Poultry Science*, Champaign, v. 52, n. 2, p. 772, Mar. 1977.
- ROSTAGNO, H. S. Carboidratos. In: *Fisiologia da digestão e absorção das aves*. Campinas, 1994, p. 43-58. Coleção FACTA.
- ROSTAGNO, H. S. Exigências nutricionais e biodisponibilidade de fósforo para frangos de corte. In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES*, 1998, Campinas. Anais... Campinas: CBNA, 1998. p. 1-27.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. *Tabela brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2000. 141 p.
- RUTHERFURD, S. M.; EDWARDS, A. C.; SELLE, P. H. Proceedings of Sixth Biennial Conference of the Australian Pig Science Association, 1997. 248 p.
- * SCHOULTEN, N. A. Níveis de cálcio em dietas para frangos de corte suplementadas com fitase. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAGUE, P. C. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. *Poultry Science*, Champaign, v. 76, n. 12, p. 1760-1769, Dec. 1997.
- SHIBUTA, N.; NAKANE, R.; YASUI, A.; TANAKA, K.; IWASAKI, T. Comparative studies on cell wall preparations from rice bran, germ, and endosperm. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v. 62, n. 4, p. 252-258, July/Aug. 1985.

SIENER, R.; HEYNCK, H.; HESSE, A. Calcium-binding capacities of different brans under simulated gastrointestinal pH conditions. In vitro study with ⁴⁵Ca. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 9, p. 4397-4401, Sept. 2001.

SILVA, S. S. P.; SMITHARD, R. R. Effect of enzyme supplementation of a rye-based diet on xylanase activity in the small intestine of broilers, on intestinal crypt cell proliferation and on nutrient digestibility and growth performance of the birds. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 43, n. 2, p. 274-282, May 2002.

SKLAN, D. Development of the digestive tract of poultry. **World's Poultry Science Journal**, Beekbergen, v. 57, n. 4, p. 415-428, Dec. 2001.

SMITS, C. H. N.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition- towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 52, n.2, p. 203-221, July 1996.

SOTO-SALANOVA, M. F. Uso de enzimas em dietas de milho e soja para frangos de corte. In: CONFERENCIA APINCO 1996 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: APINCO, 1996. p. 71-76.

SOUZA, G. A.; LÓPEZ, J. Farelo de arroz integral como fonte de fósforo em rações para frangos de corte: I. Desempenho e produtividade animal. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 73-84, jan./fev. 1994.

SWAIN, B. K.; JOHRI, T. S. Cost benefit analysis of broilers on diet incorporated with autoclaved high fibre ingredients and enzyme feed supplement. **Indian Journal of Poultry Science**, New Delhi, v. 34, n. 3, p. 400-402, 1999a.

SWAIN, B. K.; JOHRI, T. S. Effect of in vitro digestion on the chemical composition of broiler feed incorporated with enzymes. **Indian Journal of Poultry Science**, New Delhi, v. 34, n. 2, p. 187-191, 1999b.

TEICHMANN, H. F.; LÓPEZ, J.; LÓPEZ, S. E. Efeito da fitase na biodisponibilidade de fósforo em dietas com farelo de arroz integral para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 338-344, mar./abr. 1998.

TORIN, H. R. Dietas a base de farelo de arroz. Efeito na composição mineral do fêmur de rato, avaliado por processamento de imagem radiográfica. 1996. 104 p. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

TORIN, H. R. Utilização do farelo de arroz industrial. Composição e valor nutritivo em dietas recuperativas. 1991. 147 p. Tese (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

TORRES, D. M. Suplementação de rações para frangos de corte com protease, amilase e xilanase. 1999. 80 p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VAHJEN, W.; GLASER, K.; SCHAFFER, K.; SIMON, O. Influence of xylanase-supplemented feed on the development of selected bacterial groups in the intestinal tract of broiler chicks. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v. 130, n. 4, p. 489-500, June 1998.

VAHJEN, W.; SIMON, O. Biochemical characteristics of non starch polysaccharide hydrolyzing enzyme preparations designed as feed additives for poultry and piglet nutrition. *Archives of Animal Nutrition, Reading*, v. 52, n 1, p. 1-14, 1999.

VUKIC VRANJES, M.; WENK, C. Influence of dietary enzyme complex on the performance of broilers fed on diets with and without antibiotic supplementation. *British Poultry Science, Cambridge*, v. 36, n. 2, p. 265-275, May 1995.

WARREN, B. E.; FARELL, D. J. The nutritive value of full-fat and defatted Australian rice brain. V. The apparent retention of minerals and apparent digestibility of amino acids in chickens and adult cockerels fitted with ileal cannulate. *Animal Feed Science and Technology, Amsterdam*, v. 34, n. 3/4, p. 323-342, Sept. 1991.

WHITE, W. B.; BIRD, H. R.; SUNDE, M. L.; MARLET, J. A. Viscosity of β -D-glucan as a factor in the enzymatic improvement of barley for chicks. *Poultry Science, Champaign*, v. 62, n. 5, p. 853-862, May 1983.

WYATT, C. L.; BEDFORD, M. R.; WALDRON, L. A. Role of enzymes in reducing variability in nutritive value of maize using the ileal digestibility method. In: AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM, 1999, Sydney. *Proceedings...* Sydney: University of Sydney, 1999. v. 11, p. 108-111.

YIN, Y. L.; MCEVOY, J. D. G.; SCHULZE, H.; HENNIG, U.; SOUFFRANT, W. B.; MCCRACKEN, K. J. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v. 62, n. 2, p. 119-132, Jan. 2000. Abstract.

ZANELLA, I. **Suplementação enzimática em dietas a base de milho e sojas processadas sobre a digestibilidade de nutrientes e desempenho de frangos de corte.** 1998. 179 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

ZAVALA POPI, J. M. **Obtenção industrial do óleo do farelo de arroz.** Campinas: UNICAMP, 1972. 49 p.

ZHANG, Z.; MARQUARDT, R. R.; GUENTER, W.; CROW, G. H. Development of a multipurpose feed enzyme analyzer to estimate and evaluate the profitability of using feed enzyme preparations for poultry. *Poultry Science*, Champaign, v. 80, n. 11, p. 1562-1571, Nov. 2001.

ANEXO

| | |
|---|-----|
| TABELA 1A. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 21 dias de idade do experimento I. | 159 |
| TABELA 2A. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 42 dias de idade do experimento I. | 159 |
| TABELA 3A. Quadrados médios da análise da variância para a cinza, cálcio e fósforo nos ossos da tíbia dos frangos aos 42 dias de idade do experimento I. | 160 |
| TABELA 4A. Quadrados médios da análise da variância para a viscosidade da digesta ileal e o índice bioeconômico dos frangos aos 42 dias de idade do experimento I. | 160 |
| TABELA 5A. Quadrados médios da análise da variância para a digestibilidade ileal da matéria seca e proteína bruta e da energia bruta dos frangos aos 42 dias de idade do experimento I. | 161 |
| TABELA 6A. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 21 dias de idade do experimento II. | 161 |
| TABELA 7A. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 42 dias de idade do experimento II. | 162 |
| TABELA 8A. Quadrados médios da análise da variância para a cinza, cálcio e fósforo nos ossos da tíbia dos frangos aos 42 dias de idade do experimento II. | 162 |
| TABELA 9A. Quadrados médios da análise da variância para a viscosidade da digesta ileal e o índice bioeconômico dos frangos aos 42 dias de idade do experimento II. | 163 |
| TABELA 10A. Quadrados médios da análise da variância para a digestibilidade ileal da matéria seca e proteína bruta e da energia bruta dos frangos aos 42 dias de idade do experimento II. | 163 |

TABELA 1A. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 21 dias de idade do experimento I.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | CONSUMO DE RAÇÃO | GANHO DE PESO | CONVERSÃO ALIMENTAR |
|---------------------------------|----|------------------|---------------|---------------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 14478,3472 ** | 5008,3368 ** | 0,0008 ns |
| Níveis de xilanase | 3 | 290,0417 ns | 2360,7813 ** | 0,0091 ** |
| Níveis de farelo de arroz | 1 | 5202,0000 * | 63,2813 ns | 0,0074 ** |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 | 773,0833 ns | 166,8646 ns | 0,0009 ns |
| Xilanase dentro de 10% f. arroz | 3 | 306,0625 ns | 1220,0833 ** | 0,002256 ns |
| Xilanase dentro de 20% f. arroz | 3 | 757,0625 ns | 1307,5625 ** | 0,007719 ** |
| Efeito linear 10% f. arroz | 1 | 525,3125 ns | 1862,45 ** | 0,003173 ns |
| Efeito quadrático 10% f. arroz | 1 | 390,0625 ns | 1764 ** | 0,003364 ns |
| Desvio regressão 10% f. arroz | 1 | 2,8125 ns | 33,8 ns | 0,00023 ns |
| Efeito linear 20% f. arroz | 1 | 70,3125 ns | 3658,5125 ** | 0,012633 ** |
| Efeito quadrático 20% f. arroz | 1 | 2185,5625 ns | 264,0625 ns | 0,010481 ** |
| Desvio regressão 20% f. arroz | 1 | 15,3125 ns | 0,1125 ns | 0,000042 ns |
| Erro | 27 | 972,7130 | 263,9167 | 0,0008 |
| CV (%) | | 3,14 | 6,46 | 2,04 |

** (P<0,01); * (P<0,05); ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 2A. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 42 dias de idade do experimento I.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | CONSUMO DE RAÇÃO | GANHO DE PESO | CONVERSÃO ALIMENTAR |
|---------------------------------|----|------------------|---------------|---------------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 73600,0556 * | 793,3472 ns | 0,0089 * |
| Níveis de xilanase | 3 | 10391,0000 ns | 8345,2083 ** | 0,0076 ** |
| Níveis de farelo de arroz | 1 | 13944,5000 ns | 435,1250 ns | 0,0012 ns |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 | 6310,3333 ns | 2988,5417 ns | 0,0004 ns |
| Xilanase dentro de 10% f. arroz | 3 | 1075,5 ns | 2889,666 ns | 0,002507 ns |
| Xilanase dentro de 20% f. arroz | 3 | 15625,8333 ns | 8444,0833 ** | 0,005419 ** |
| Efeito linear 10% f. arroz | 1 | 125 ns | 1881,8 ns | 0,001472 ns |
| Efeito quadrático 10% f. arroz | 1 | 2550,25 ns | 4624 ns | 0,005402 * |
| Desvio regressão 10% f. arroz | 1 | 551,25 ns | 2163,2 ns | 0,000646 ns |
| Efeito linear 20% f. arroz | 1 | 10951,2 ns | 23805 ** | 0,005463 * |
| Efeito quadrático 20% f. arroz | 1 | 31152,25 ns | 1122,25 ns | 0,010511 ** |
| Desvio regressão 20% f. arroz | 1 | 4774,05 ns | 405 ns | 0,000284 ns |
| Erro | 27 | 9877,0000 | 1317,7500 | 0,0014 |
| CV (%) | | 2,43 | 1,57 | 2,14 |

** (P<0,01); * (P<0,05); c ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 3A. Quadrados médios da análise da variância para a cinza, cálcio e fósforo nos ossos da tibia dos frangos aos 42 dias de idade do experimento I.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | CINZAS | CÁLCIO | FÓSFORO |
|----------------------------------|----|--------------|-------------|-------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 34,4796 ns | 1,7314 ns | 1,2364 ns |
| Níveis de xilanase | 3 | 2,0881 ns | 0,6815 ns | 0,2299 ns |
| Níveis de farelo de arroz | 1 | 3,1941 ns | 5,9254 ns | 1,8193 ns |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 | 14,4944 ns | 3,0740 ns | 0,5302 ns |
| Xilanase dentro de 10% f. arroz. | 3 | 11,901223 ns | 3,008783 ns | 0,133492 ns |
| Xilanase dentro de 20% f. arroz. | 3 | 4,681233 ns | 0,746706 ns | 0,62654 ns |
| Efeito linear 10% f. arroz | 1 | 17,456461 ns | 6,82112 ns | 0,248645 ns |
| Efeito quadrático 10% f. arroz. | 1 | 0,016256 ns | 2,205225 ns | 0,055225 ns |
| Desvio regressão 10% f. arroz. | 1 | 18,230951 ns | 0,000005 ns | 0,096605 ns |
| Efeito linear 20% f. arroz | 1 | 4,34312 ns | 0,631901 ns | 1,570801 ns |
| Efeito quadrático 20% f. arroz. | 1 | 4,0401 ns | 1,035306 ns | 0,000056 ns |
| Desvio regressão 20% f. arroz. | 1 | 5,66048 ns | 0,572911 ns | 0,308761 ns |
| Erro | 27 | 13 | 2,2302 | 0,8778 |
| CV (%) | | 6,94 | 7,75 | 10,02 |

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 4A. Quadrados médios da análise da variância para a viscosidade da digesta ileal e o índice bioeconômico dos frangos aos 42 dias de idade do experimento I.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | ÍNDICE BIOECONÔMICO | VISCOSIDADE DA DIGESTA ILEAL |
|----------------------------------|----|---------------------|------------------------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 28084,5000 ** | 1,0035 ns |
| Níveis de xilanase | 3 | 7853,2500 ** | 6,4537 ns |
| Níveis de farelo de arroz | 1 | 4608,0000 ns | 8,2012 ns |
| Níveis de xilanase * f. arroz. | 3 | 1320,2500 ns | 0,0621 ns |
| Xilanase dentro de 10% f. arroz. | 3 | 3053,0833 ns | 2,861667 ns |
| Xilanase dentro de 20% f. arroz. | 3 | 6120,416667 ** | 3,654167 ns |
| Efeito linear 10% f. arroz. | 1 | 768,8 ns | 0,6125 ns |
| Efeito quadrático 10% f. arroz. | 1 | 6806,25 * | 0,16 ns |
| Desvio regressão 10% f. arroz. | 1 | 1584,2 ns | 7,8125 ns |
| Efeito linear 20% f. arroz. | 1 | 11472,05 ** | 0,45 ns |
| Efeito quadrático 20% f. arroz. | 1 | 6889 * | 0,000000 ns |
| Desvio regressão 20% f. arroz. | 1 | 0,2 ns | 10,5125 ns |
| Erro | 27 | 1141,1111 | 3,2174 |
| CV (%) | | 2,93 | 23,67 |

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 5A. Quadrados médios da análise da variância para a digestibilidade ileal da matéria seca e proteína bruta e da energia bruta dos frangos aos 42 dias de idade do experimento I.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | CDAMS | CDAPB | CDAEB |
|---------------------------------|----|-------------|------------|--------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 5,9512 ns | 39,8278 * | 0,1013 ns |
| Níveis de xilanase | 3 | 23,7871 ** | 84,3545 ** | 24,0354 ** |
| Níveis de farelo de arroz | 1 | 7,8013 ns | 2,3653 ns | 0,8450 ns |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 | 5,3587 ns | 2,5061 ns | 1,7475 ns |
| Xilanase dentro de 10% f. arroz | 3 | 22,45833 ** | 54,5 ** | 19,666667 ** |
| Xilanase dentro de 20% f. arroz | 3 | 6,6875 ns | 33,75 ** | 8,229167 ** |
| Efeito linear 10% f. arroz | 1 | 66,6125 ** | 151,25 ** | 57,8 ** |
| Efeito quadrático 10% f. arroz | 1 | 0,5625 ns | 12,25 ns | 1 ns |
| Desvio regressão 10% f. arroz | 1 | 0,20 ns | 0,0 ns | 0,2 ns |
| Efeito linear 20% f. arroz | 1 | 13,122 * | 76,05 ** | 21,0125 ** |
| Efeito quadrático 20% f. arroz | 1 | 1,3225 ns | 25 ns | 1,5625 ns |
| Desvio regressão 20% f. arroz | 1 | 5,618 ns | 0,2 ns | 2,1125 ns |
| Erro | 27 | 2,4377 | 6,2494 | 1,5357 |
| CV (%) | | 2,08 | 3,41 | 1,62 |

** (P<0,01); * (P<0,05); c ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 6A. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 21 dias de idade do experimento II.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | CONSUMO DE RAÇÃO | GANHO DE PESO | CONVERSÃO ALIMENTAR |
|---------------------------------|----|------------------|---------------|---------------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 48620,0139 ** | 12468,8368 * | 0,0059 ns |
| Níveis de xilanase | 1 | 3916,1250 ns | 10621,5313 * | 0,0828 ** |
| Níveis de farelo de arroz | 3 | 13576,2083 * | 4580,9479 ns | 0,0072 ns |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 | 9491,8750 ns | 4606,2813 ns | 0,0008 ns |
| F. arroz dentro zero xilanase | 3 | 21707,5833 ** | 8826,5625 * | 0,001605 ns |
| F. arroz dentro 400 xilanase | 3 | 1360,5 ns | 360,666667 ns | 0,006402 ns |
| Efeito linear zero xilanase | 1 | 53148,05 ** | 24047,1125 ** | 0,000015 ns |
| Efeito quadrático zero xilanase | 1 | 2162,25 ns | 1,5625 ns | 0,003982 ns |
| Desvio regressão zero xilanase | 1 | 9812,45 ns | 2431,0125 ns | 0,000817 ns |
| Efeito linear 400 xilanase | 1 | 110,45 ns | 57,8 ns | 0,000016 ns |
| Efeito quadrático 400 xilanase | 1 | 3906,25 ns | 441 ns | 0,016384 ns |
| Desvio regressão 400 xilanase | 1 | 64,8 ns | 583,2 ns | 0,002806 ns |
| Erro | 27 | 4338,1944 | 2234,8333 | 0,0038 |
| CV (%) | | 6,30 | 6,46 | 4,32 |

** (P<0,01); * (P<0,05); c ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 7A. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 42 dias de idade do experimento II.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | CONSUMO DE RAÇÃO | GANHO DE PESO | CONVERSÃO ALIMENTAR |
|---------------------------------|----|------------------|----------------|---------------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 124666,8889 * | 6795,8368 ns | 0,0208 ** |
| Níveis de xilanase | 1 | 15842,0000 ns | 14238,2813 * | 0,0013 ns |
| Níveis de farelo de arroz | 3 | 58042,7500 ns | 20608,6146 ** | 0,0007 ns |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 | 15681,7500 ns | 2591,3646 ns | 0,0035 ns |
| F. arroz dentro zero xilanase | 3 | 54149,166667 ns | 18633,5625 ** | 0,003173 ns |
| F. arroz dentro 400 xilanase | 3 | 19575,33333 ns | 4566,416667 ns | 0,000964 ns |
| Efeito linear zero xilanase | 1 | 57138,05 ns | 46416,6125 ** | 0,003699 ns |
| Efeito quadrático zero xilanase | 1 | 31862,25 ns | 217,5625 ns | 0,004032 ns |
| Desvio regressão zero xilanase | 1 | 73447,2 ns | 9266,5125 ns | 0,001786 ns |
| Efeito linear 400 xilanase | 1 | 43804,8 ns | 9724,05 ns | 0,000215 ns |
| Efeito quadrático 400 xilanase | 1 | 5329 ns | 900 ns | 0,002678 ns |
| Desvio regressão 400 xilanase | 1 | 9592,2 ns | 3075,2 ns | 0,000000 ns |
| Erro | 27 | 19899,9074 | 2397,4630 | 0,0014 |
| CV (%) | | 3,36 | 2,06 | 2,10 |

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 8A. Quadrados médios da análise da variância para a cinza, cálcio e fósforo nos ossos da tíbia dos frangos aos 42 dias de idade do experimento II.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | CINZAS | CÁLCIO | FÓSFORO |
|---------------------------------|----|-------------|-------------|-------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 5,3356 ns | 1,3475 ns | 0,8342 ns |
| Níveis de xilanase | 1 | 6,1250 ns | 0,0028 ns | 0,0703 ns |
| Níveis de farelo de arroz | 3 | 0,5358 ns | 1,2795 ns | 1,4461 ns |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 | 1,6692 ns | 0,5395 | 0,1886 ns |
| F. arroz dentro zero xilanase | 3 | 1,870833 ns | 1,63333 ns | 0,760833 ns |
| F. arroz dentro 400 xilanase | 3 | 0,334167 ns | 0,185625 ns | 0,873958 ns |
| Efeito linear zero xilanase | 1 | 0,1445 ns | 0,882 ns | 0,0005 ns |
| Efeito quadrático zero xilanase | 1 | 4,41 ns | 4 * | 0,36 ns |
| Desvio regressão zero xilanase | 1 | 1,058 ns | 0,018 ns | 1,922 ns |
| Efeito linear 400 xilanase | 1 | 0,578 ns | 0,091125 ns | 0,136125 ns |
| Efeito quadrático 400 xilanase | 1 | 0,42225 ns | 0,140625 ns | 1,890625 ns |
| Desvio regressão 400 xilanase | 1 | 0,0020 ns | 0,325125 ns | 0,595125 ns |
| Erro | 27 | 1,9533 | 0,6094 | 0,8921 |
| CV (%) | | 2,37 | 3,63 | 9,62 |

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 9A. Quadrados médios da análise da variância para a viscosidade da digesta ileal e o índice bioeconômico dos frangos aos 42 dias de idade do experimento II.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | ÍNDICE BIOECONÔMICO | VISCOSIDADE DA DIGESTA ILEAL |
|---|----|---------------------|------------------------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 33648,5035 ** | 19,6878 ns |
| Níveis de xilanase | 1 | 20150,2813 ** | 1,0153 ns |
| Níveis de farelo de arroz | 3 | 8721,1146 ** | 10,4161 ns |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 | 3048,3646 * | 88,4011 ** |
| Xilanase dentro de 6% de farelo de arroz | 1 | 105,1250 ns | 91,8013 * |
| Xilanase dentro de 12% de farelo de arroz | 1 | 7875,1250 ** | 53,5612 ns |
| Xilanase dentro de 18% de farelo de arroz | 1 | 12800,0000 ** | 93,8450 * |
| Xilanase dentro de 24% de farelo de arroz | 1 | 8515,1250 ** | 27,0113 ns |
| Farelo de arroz dentro zero xilanase | 3 | 9521,8958 ** | 67,912292 * |
| Farelo de arroz dentro 400 xilanase | 3 | 2247,5833 ns | 30,2433 ns |
| Efeito linear zero xilanase | 1 | 26974,5125 ** | 106,953125 * |
| Efeito quadrático zero xilanase | 1 | 1242,5625 ns | 5,405625 ns |
| Desvio regressão zero xilanase | 1 | 348,6125 ns | 91,378125 * |
| Efeito linear 400 xilanase | 1 | 3511,25 ns | 81,608 * |
| Efeito quadrático 400 xilanase | 1 | 2450,25 ns | 5,76 ns |
| Desvio regressão 400 xilanase | 1 | 781,25 ns | 3,362 ns |
| Erro | 27 | 913,3241 | 16,3569 |
| CV (%) | | 2,55 | 54,78 |

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 10A. Quadrados médios da análise da variância para a digestibilidade ileal da matéria seca e proteína bruta e da energia bruta dos frangos aos 42 dias de idade do experimento II.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | CDAMS | CDAPB | CDAEB |
|---------------------------------|----|-------------|-------------|-------------|
| Contraste fatorial * testemunha | 1 | 3,8967 ns | 3,4892 ns | 0,8235 ns |
| Níveis de xilanase | 1 | 16,3878 ** | 18,1503 * | 13,7812 ** |
| Níveis de farelo de arroz | 3 | 4,127 * | 1,2486 ns | 6,2921 ** |
| Níveis de xilanase * f. arroz | 3 | 3,4678 ns | 2,7545 ns | 3,0038 ns |
| F. arroz dentro zero xilanase | 3 | 5,554167 * | 3,229167 ns | 4,416667 ns |
| F. arroz dentro 400 xilanase | 3 | 2,040625 ns | 1,895833 ns | 5,416667 ns |
| Efeito linear zero xilanase | 1 | 9,8 * | 4,5125 ns | 0,8 ns |
| Efeito quadrático zero xilanase | 1 | 6,25 * | 3,0625 ns | 12,25 ** |
| Desvio regressão zero xilanase | 1 | 0,6125 ns | 2,1125 ns | 0,2 ns |
| Efeito linear 400 xilanase | 1 | 0,820125 ns | 2,8125 ns | 9,8 * |
| Efeito quadrático 400 xilanase | 1 | 3,705625 ns | 0,0625 ns | 4 ns |
| Desvio regressão 400 xilanase | 1 | 1,596125 ns | 2,8125 ns | 2,45 ns |
| Erro | 27 | 1,3166 | 3,7477 | 1,2563 |
| CV (%) | | 1,51 | 2,55 | 1,44 |

** (P<0,01); * (P<0,05); ns (P>0,05), pelo teste F.