

EFFECTS OF THE RYE AND OF THE XILANASE IN THE DIGESTIBILITY OF THE NUTRIENTS AND IN THE DIGESTIVE TRANSIT ON THE BROILER

J.L. MOURÃO e A.B. SILVA

Departamento de Zootecnia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Apartado 202, 5000 Vila Real. jlmourao@utad.pt

(Aceite para publicação em 21 de Julho de 2000)

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of rye-based diet (450 g.kg^{-1}) and its supplementation with an enzymatic complex with xylanase activity (1 g.kg^{-1} of diet) in the digestibility and in the digestive transit of the diet in broilers from 31 to 44 day-old. The results demonstrated that the broilers raised with the rye-based diet used the nutrient with a smaller efficiency than the birds fed with a corn-based diet, what originated a minor diet AME_n (11.76 kJ.kg^{-1} vs. 12.5 kJ.kg^{-1} ; $P < 0.05$), and produced *excreta* with a higher humidity ($P < 0.05$). The supplementation of the rye-based diet with 1 g.kg^{-1} of xylanases improved the results in a significant way, although the metabolisable energy and the digestibilities of the controlled parameters continue to be inferior to the corn-based diet. The digestive transit of the broilers, determined by the time of retention of the diet, was not affected by the rye presence in the diet nor it was altered by the supplementation of the rye-based diet with xylanases.

Key-words: digestibility, digestive transit, rye, structural polysaccharides, xylanase

EFEITOS DO CENTEIO E DA XILANASE NA UTILIZAÇÃO DIGESTIVA DOS NUTRIENTES E NO TRÂNSITO DIGESTIVO DO FRANGO

RESUMO

Foi realizado um estudo com o fim de conhecer os efeitos de níveis elevados de centeio na dieta (450 g.kg^{-1}) e da sua suplementação com um complexo enzimático com actividade xilanase (1 g.kg^{-1} de dieta) na digestibilidade e no trânsito digestivo da dieta em frangos de carne entre os 31 e os 44 dias de idade. Os frangos criados com a dieta à base de centeio utilizaram os nutrientes com uma eficiência menor que as aves alimentadas com uma dieta baseada no milho, o que se traduziu numa menor EMA_n da dieta ($11,76 \text{ kJ.kg}^{-1}$ vs. $12,5 \text{ kJ.kg}^{-1}$; $P < 0,05$), e produziram *excreta* com um teor de humidade mais elevado ($P < 0,05$). A suplementação da dieta com centeio com 1 g.kg^{-1} de xilanasas melhorou o valor nutritivo, embora a energia metabolizável e as digestibilidades dos parâmetros controlados continuem a ser inferiores aos da dieta baseada no milho. O trânsito digestivo dos frangos, determinado pelo tempo de retenção da dieta, não foi afectado pela presença de centeio na dieta nem foi alterado pela suplementação da dieta com centeio com enzimas xilanasas.

Palavras-chave: centeio, digestibilidade, polissacáridos estruturais, trânsito digestivo, xilanase

INTRODUÇÃO

Os frangos alimentados com dietas baseadas no centeio apresentam em geral crescimento modesto, baixo peso corporal e índice de conversão alimentar elevado. Estes efeitos negativos têm sido atribuídos aos polissacáridos não amiláceos (NSP) da parede celular do centeio (Choct e Annison, 1990) entre os quais as arabinoxilanas são os que se encontram em maior quantidade (Theanther *et al.*, 1989; Annison, 1993).

Uma das vias de actuação dos NSP parece ser a alteração da dinâmica do trânsito digestivo. Como é sabido, a eficiência do processo digestivo nos monogástricos depende de dois factores dinâmicos: o tempo de permanência do alimento no tubo digestivo (TD) e a eficiência da mistura do alimento com as enzimas digestivas. A redução destes factores tem como consequência a pior utilização digestiva dos nutrientes e a redução da energia metabolizável da dieta (Fuente *et al.*, 1998).

Os NSP solúveis solubilizados na parte superior do TD originam uma digesta viscosa (Bedford *et al.*, 1991; Salih *et al.*, 1991) que, em geral, reduz a eficiência dos efeitos misturadores das contracções gastrointestinais (Fengler e Marquardt, 1988b) e tende a diminuir a eficiência da propulsão da digesta pelas contracções peristálticas, com redução da velocidade do trânsito digestivo (van der Klis e Voorst, 1993; Bedford, 1995; Danicke *et al.*, 1997a). No porco foi verificado que isto pode limitar a absorção dos nutrientes a uma menor área do intestino, em vez de se dar ao longo deste, originando uma redução da absorção (Ellis *et al.*, 1995; Helle *et al.*, 1996). A redução do fluxo da digesta no TD também pode criar condições para o incremento da população bacteriana no intestino delgado das aves (Danicke *et al.*, 1997a), com possíveis efeitos negativos na utilização digestiva dos nutrientes (Bedford, 1995).

As dietas com teores elevados em NSP frequentemente originaram conteúdos intestinais mais volumosos devido a maiores quantidades de matéria seca (MS) e de NSP não digeridos e a um aumento do teor e quantidade água da digesta. Segundo Potkins *et al.* (1993) a capacidade de retenção de água da fibra da dieta, determina em grande parte o aumento do volume da digesta. Quando se verifica este aumento de volume, pode ocorrer uma redução do tempo do trânsito digestivo porque os conteúdos intestinais estimulam mecanicamente a motilidade do TD, sobretudo nas zonas terminais do intestino delgado e no intestino grosso.

Este efeito de lastro dos conteúdos intestinais será tanto mais acentuado quanto menor a degradação da fibra da dieta, pelo que a fracção insolúvel e

lenhificada da fibra é especialmente importante. Os NSP solúveis são geralmente mais facilmente digeridos enquanto que os NSP insolúveis são geralmente os mais difíceis de digerir (Potkins *et al.*, 1993).

Enzimas celulolíticas são frequentemente usadas para melhorar a digestão dos NSP formados durante a produção (Fengler *et al.*, 1988; Aman, 1989). De acordo com Aman (1989), a digestão do centeio (Edrington e Friesen *et al.*, 1993) é reduzida no TD.

O trabalho de Aman (1989) mostrou o efeito de dieta com enzimas na utilização de um complexo enzimático no TD.

Dietas

Neste trabalho foram utilizadas dietas de determinação de fibra com um teor de fibra de 104 g.kg⁻¹ de matéria seca e um complexo enzimático derivadas do *Aspergillus niger* de acordo com o método de Aman (1989).

As dietas foram formuladas de acordo com as necessidades nutricionais dos frangos segundo as recomendações de diversos nutrientes. O teor de fibra das dietas experimentais foi de 104 g.kg⁻¹ de matéria seca e o teor em NSP se

lenhificada da fibra, onde estão incluídos os NSP insolúveis, terá um papel especialmente importante (Potkins *et al.*, 1993; McDougall *et al.*, 1996). Embora os NSP solúveis possuam uma capacidade de retenção de água superior à dos NSP insolúveis, eles podem ser degradados parcialmente no TD das aves enquanto que os insolúveis só o são de modo muito reduzido. Por este motivo, geralmente os NSP insolúveis influenciam mais as quantidades de água e de MS da digesta e, conseqüentemente, a sua capacidade de lastro (Nyman e Asp, 1982; Potkins *et al.*, 1993).

Enzimas capazes de degradarem as arabinosilanas (xilanases), podem ser usados para melhorar o valor nutritivo das dietas baseadas no centeio para aves (Fengler *et al.*, 1988b). Estas enzimas reduzem a capacidade da fracção solúvel dos NSP formar soluções viscosas (Marquardt *et al.*, 1994; Pettersson e Aman, 1989) e degradam parcialmente a parede celular do endosperma (Pettersson e Aman, 1989). Deste modo a acção das xilanases permite melhorar o valor nutritivo do centeio (Edney *et al.*, 1989; Pettersson e Aman, 1989; Campbell *et al.*, 1991; Friesen *et al.*, 1992; Brenes *et al.*, 1993) e reduzir os efeitos dos NSP no trânsito digestivo.

O trabalho experimental que se segue foi realizado com o objectivo de verificar o efeito de dietas com teores elevados em centeio e da sua suplementação com um complexo enzimático com actividade xilanase no seu valor nutritivo e no trânsito digestivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Dietas

Neste trabalho experimental, constituído pelos ensaios de digestibilidade e de determinação do trânsito digestivo, foram utilizadas 3 dietas granuladas, a dieta controlo (M) com 555 g.kg⁻¹ de milho, a dieta C com 450 g.kg⁻¹ de centeio e 104 g.kg⁻¹ de milho a dieta C+E semelhante à dieta C mas suplementada com um complexo enzimático (Quadro I). O complexo enzimático, continha enzimas derivadas do *Aspergillus niger* com actividade de 600 unidades xilanase por grama, de acordo com declaração do fabricante (Alltech).

As dietas foram formuladas de modo a atingirem ou ultrapassarem as necessidades nutritivos de frangos para o período dos 21 aos 42 dias de idade, segundo as recomendações do NRC (1994), e a conterem idênticos teores nos diversos nutrientes. Procurou-se também que os teores em amido e em gordura das dietas experimentais não diferissem de modo expressivo, que a variação no teor em NSP se devesse sobretudo à variação da sua fra

variação fosse da responsabilidade da substituição do milho pelo centeio. Para cumprir estes objectivos foi necessário fazer variar a incorporação das restantes matérias primas nas dietas. Para medida do tempo de retenção foi incorporado crómio (Cr_2O_3) na dieta na quantidade de 10 g.kg^{-1} de dieta.

QUADRO I - COMPOSIÇÃO (g.kg^{-1} dieta) DAS DIETAS EXPERIMENTAIS.

	Dietas	
	M	C e C+E
Centeio		450
Trigo		
Milho	555	104
Bagação soja 48	249	92
Soja integral	31	135
Óleo vegetal	40	26
Farinha de peixe	47	75
amido milho	32	84
Sal	3,4	3,4
Carbonato de cálcio	6	0
Fosfato bicálcico	11,4	8
Colina	5	5
Premix *	5	5
Anti-oxidante	0,2	0,2
Lisina sintética	0	0,7
DI-metionina	1	1,7
Coccidiostático	1	1
Ligante	13	9
Valor analisado (g.kg^{-1} dieta)		
MS	891,1	891,4
MO	834,2	837,5
Amido	412,4	369,0
GB	71,0	81,4
PB	196,8	201,3
NSP totais	101,1	111,8
NSP insolúveis	88,0	84,0
NSP solúveis	10,9	27,8
$EMA_n \text{ MJ.kg}^{-1}$ dieta **	12,79	12,84

* Premix fornecendo os seguintes nutrientes por kg de dieta: vitamina A, 11000 UI; vitamina D₃, 2150 UI; vitamina E, 25 mg; vitamina K, 1 mg; riboflavina, 5 mg; niacina 20 mg; ácido pantoténico 8 mg; ácido fólico, 1 mg; biotina 0,1 mg; colina, 200 mg; vitamina B₁₂, 0,012 mg; manganésio 50 mg, zinco, 40 mg; cobre, 5 mg; selénio 0,1 mg.

** valores calculados pela equação de Carré *et al.* (1984) utilizando a composição analisada.

Maneio

800 pintos A de idade em jaula aquecimento e ventilação 24 horas de luz até atingir 16 horas de fotoperíodo foi medida a vida foi de 35 °C. A vida e, após esta Aos 29 dias de idade machos, cujo peso corporal médio do de 1000 cm^2) tinha para recolha dos Dos 29 aos 42 dias a medida da digestão e medida do tempo

Delineamento e

Os ensaios com três tratamentos ensaios havia 18 aves por uma ave. Na idade cada ave re

Os resultados também utilizado (WILKINSON *et al.*, 1984) informático Systat

O coeficiente nutritivos e a energia (EMA_n) foram determinados por Bourne decorreu durante 2 dias de adaptação

Maneio

800 pintos Avian auto-sexados (Avian Farms) foram criados até aos 29 dias de idade em jaulas colectivas (área de 3000 cm² para 6 aves), numa sala com aquecimento e ventilação dinâmica. No primeiro dia de vida os pintos receberam 24 horas de luz e depois a duração do fotoperíodo foi reduzida progressivamente até atingir 16 horas ao oitavo dia de vida. A partir desta data, a duração do fotoperíodo foi mantida neste valor. A temperatura ambiente no primeiro dia de vida foi de 35 °C, depois reduziu-se até atingir 24 °C no início da 4ª semana de vida e, após esta idade, foi mantida em valores próximos deste.

Aos 29 dias de idade foram escolhidos e colocados em jaulas individuais 48 machos, cujo peso corporal era mais próximo do peso médio do bando. O peso corporal médio dos frangos escolhidos foi 1439 g ± 34. As jaulas individuais (área de 1000 cm²) tinham comedouro e bebedouro individuais, chão de rede e tabuleiros para recolha dos excrementos.

Dos 29 aos 44 dias de idade os frangos foram mantidos nestas jaulas, tendo a medida da digestibilidade sido realizada entre o 31º e os 36º dia de idade e a medida do tempo de retenção do alimento no 42º e no 44º dia de idade.

Delineamento e análise estatística

Os ensaios de digestibilidade e do trânsito digestivo foram desenhados com três tratamentos que representavam as dietas (dietas M, C e C+E). Nos dois ensaios havia 18 repetições de cada tratamento, sendo cada repetição constituída por uma ave. No total foram utilizados 48 frangos. Entre os 29 e os 44 dias de idade cada ave recebeu sempre a mesma dieta experimental com ou sem crómio.

Os resultados foram submetidos à análise de variância monofactorial. Foi também utilizado o teste T de Tukey das médias quando o teste F foi significativo (WILKINSON *et al.*, 1992). A análise estatística foi realizada utilizando o programa informático Systat Version 5.0 (1992).

MÉTODOS

O coeficiente de utilização digestiva aparente (CUD_a, %) dos princípios nutritivos e a energia metabolizável aparente corrigida para a retenção azotada (EMA_n) foram determinados pelo método da ingestão, seguindo os procedimentos referidos por Bourdillon *et al.* (1990). A determinação da digestibilidade e da EMA_n decorreu durante seis dias nos quais as aves foram alimentadas *ad libitum*, sendo 2 dias de adaptação às dietas e 4 dias de colheitas diárias de *excreta* (do 33º ao

36º dia de idade). A ingestão de alimento e a ingestão de água foram controlados nestes quatro dias.

O parâmetro do trânsito digestivo determinado foi o tempo de retenção da dieta no tubo digestivo (TMR). Este parâmetro pressupõe que o trânsito do marcador indigestível (Cr_2O_3) reflecte o do alimento. Para a sua determinação foram adaptados os métodos de Washburn (1991) e Van der Klis e Voorst (1993). Desde o 36º dia de idade (fim da medida da digestibilidade) até ao 44º dia de idade os frangos foram alimentados com as dietas sem Cr_2O_3 e o alimento foi retirado todos os dias entre as 8 e as 9 h. No 42 e 44º dia de idade, após esta remoção do alimento, foi distribuído um alimento com Cr_2O_3 durante 30 min e de depois novamente o alimento sem crómio. Quando se realizou a distribuição de alimento com crómio foram colocados os tabuleiros de recolha da excreta nas jaulas. Nestes 2 dias foram realizadas recolhas da excreta 1, 3, 5, 7, 10 e 24 h depois da remoção da dieta com crómio. As recolhas da excreta foram pesadas e congeladas a -20 °C. Para análise da MS e do crómio, as duas recolhas de cada ave realizadas à mesma hora nos 42 e 44º dia de idade, foram descongeladas e misturadas, obtendo-se uma amostra para cada ave.

Para cada ave e para cada recolha foi calculada a quantidade relativa do marcador excretado (E_i ; %) em cada intervalo de tempo entre duas recolhas (recolhas i e $i-1$) em função do total de marcador recolhido em todas as 6 recolhas. Seguiu-se este critério por não haver diferenças significativas entre o total de crómio ingerido e o total de crómio excretado ao fim de 24 h. A retenção de alimento até à recolha i , (R_i) foi calculada como sendo a diferença entre a retenção total de Cr_2O_3 (100%) e o somatório das recolhas de Cr_2O_3 realizadas até à recolha i .

$$R_i = 100 - \sum_{i=1}^6 E_i \quad [1]$$

O tempo médio de retenção da dieta (TMR; minutos) foi calculado como sendo somatório do produto da retenção média do alimento pela ave no intervalo de tempo entre duas recolhas ($(R_i + R_{i-1})/2$) pela duração desse intervalo ($t_i - t_{i-1}$), segundo a fórmula:

$$TMR = \sum_{i=1}^6 \left[\left(\frac{R_i + R_{i-1}}{2} \right) \times (t_i - t_{i-1}) \right] / 100 \quad [2]$$

onde t_i é tempo (minutos) entre o fim da ingestão do alimento com indicador e a recolha i .

Análises químicas

A determinação da proteína bruta (PB) foram realizadas segundo a metodologia de (1984). A gordura foi determinada pelo aparelho "Teca" determinado pelo método colorimétrico de diferentes do amido pelo método colorimétrico pelo método de F... determinado pelo... como sendo 33,3... uma bomba calorimétrica teor de azoto urinário. Foram analisadas... duplicado da excreta... experimentais com...

As dietas... digestiva da proteína... na utilização digestiva... na digestibilidade... (Quadro II).

QUADRO II - COEFICIENTES DE

EXPERIMENTAL
MS
MO
Amido
PB
Gordura
NSP totais
NSP insolúveis
NSP solúveis
EMA ₁

Para a mesma dieta... diferentes ($p < 0,05$)... significativo com...

Análises químicas

A determinação da MS, das cinzas, da matéria orgânica (MO) e da proteína bruta (PB) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pelo AOAC (1984). A gordura bruta (GB) foi doseada por extração com éter de petróleo no aparelho "Tecator Soxtec System HT 1043" (Anônimo, 1988). O amido foi determinado pelo método de Salomonsson *et al.* (1984). O teor de polissacáridos diferentes do amido (NSP) totais, solúveis e insolúveis foi determinado pelo método colorimétrico de Englyst e Cummings (1988). O teor de cromo foi analisado pelo método de Furukawa e Tsukahara (1966). O ácido úrico dos excrementos foi determinado pelo método de Marquardt (1983) e o azoto urinário foi determinado como sendo 33,3% do ácido úrico. A energia bruta (EB) foi quantificada usando uma bomba calorimétrica adiabática Parr. Para determinação do $CUDA$ da PB o teor de azoto urinário obtido foi deduzido ao teor de azoto Kjeldahl da excreta. Foram analisadas 3 amostras em duplicado de cada dieta e uma amostra em duplicado da excreta de cada ave. Os resultados analíticos das dietas experimentais constam do Quadro I.

RESULTADOS

As dietas tiveram um efeito muito significativo ($P < 0,001$) na utilização digestiva da proteína, gordura, NSP totais e NSP insolúveis, significativo ($P < 0,01$) na utilização digestiva da MO, amido e na EMA_n e pouco significativo ($P < 0,05$) na digestibilidade da MS e não afectaram a digestibilidade dos NSP solúveis (Quadro II).

QUADRO II - COEFICIENTES DE UTILIZAÇÃO DIGESTIVA ($CUDA$; %) E ENERGIA (EMA_n MJ.kg⁻¹ dieta) DAS DIETAS EXPERIMENTAIS.

	Dieta			teste F	EPM
	M	C	C+E		
MS	71,9 ^a	68,7 ^b	70,9 ^{ab}	*	0,5
MO	75,4 ^a	71,8 ^b	74,2 ^{ab}	**	0,5
Amido	98,8 ^a	97,2 ^b	98,0 ^{ab}	**	0,2
PB	82,5 ^a	76,0 ^b	77,8 ^b	***	0,6
Gordura	95,4 ^a	85,3 ^b	91,5 ^a	***	1,0
NSP totais	8,6 ^b	28,2 ^a	27,6 ^a	***	1,6
NSP insolúveis	8,0 ^b	20,0 ^a	19,2 ^a	***	1,3
NSP solúveis	59,2	53,1	52,8	ns	2,1
EMA_n	12,5 ^a	11,76 ^b	12,25 ^a	**	0,01

Para a mesma linha, os valores com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Teste F: ns - não significativo; * significativo com $P < 0,05$; ** significativo com $P < 0,01$; *** significativo com $P < 0,001$. EPM - erro padrão da média.

Os coeficientes de utilização digestiva aparente mais elevados foram obtidos pelos frangos alimentados com a dieta M, exceptuando-se os CUD_a dos NSP totais e dos NSP insolúveis. Os CUD_a da MS, da MO, do amido, da proteína e da gordura e a EMA_n obtidos nas aves alimentadas com a dieta M diferiram significativamente dos obtidos nos frangos criados com a dieta com centeio (P<0,05). A suplementação da dieta com centeio com 1 g.kg⁻¹ de enzimas com actividade xilanase melhorou todos estes parâmetros, transformando as diferenças em relação aos valores obtidos com as aves alimentadas com a dieta M em não significativas, com excepção da digestibilidade da proteína onde a diferença continuou a ser significativa. A suplementação com enzimas da dieta à base de centeio não teve efeitos evidentes nos CUD_a dos NSP totais, solúveis e insolúveis.

A natureza da dieta afectou significativamente a ingestão de água (P<0,05), a relação entre a ingestão de água e a ingestão de MS (P<0,01) e o teor de MS da excreta (P<0,001; Quadro III). A ingestão de MS não foi afectada de modo significativo pela dieta.

QUADRO III - INGESTÃO (g) DE MS E DE ÁGUA E TEOR DE HUMIDADE (%) NA EXCRETA NO PERÍODO DOS 33 AOS 36 DIAS DE IDADE.

Dieta	Ingestão (g)			Excreta
	água	MS	água/MS	% humidade
M	1380,6 ^b	765,3	1,81 ^b	78,3 ^a
C	1643,1 ^a	741,4	2,21 ^a	81,8 ^b
C+E	1502,7 ^{ab}	712,6	2,09 ^{ab}	81,9 ^b
Teste F	*	ns	**	***
EPM	45,8	10,0	0,06	2,3

Para a mesma coluna, os valores com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05). Teste F: ns - não significativo; * significativo com P<0,05; ** significativo com P<0,01; *** significativo com P<0,001. EPM - erro padrão da média

As aves alimentadas com a dieta à base de centeio ingeriram mais água (P<0,05) e apresentaram maior consumo de água por unidade de matéria seca ingerida (P<0,05) que os frangos alimentados com a dieta M (Quadro III). O teor de humidade na excreta foi menor nas aves criadas com a dieta M, diferindo de modo significativo (P<0,05) do teor de humidade na excreta das aves alimentadas com as dietas C e C+E.

A adição de xilanase à dieta com centeio reduziu a ingestão de água e a ingestão de MS e a relação entre estas ingestões, transformando a diferença em relação à dieta M em não significativa. A xilanase não teve efeitos significativos no teor de humidade na excreta.

O TMR não m
alimentadas com a
com as dietas C+E

QUADRO IV - TEMPO

Dieta	Teste F	EPM
C		
C+E		
M		
Teste F		
EPM		
ns - não si		

A presença d
teve um efeito neg
orgânica, do amido
por Pettersson e A
gordura foi o nutrie
de centeio na dieta
(Campbell e Bedfo
digestibilidade de
alimentadas com a
celular, mais espe
et al. (1989) e Can

Os CUD_a do
28,2% (dieta C). Ig
têm uma reduzida
totais obtidos nas
aos observados p
centeio e 30,5% d
obtidos por Danic
em frangos com 1

No presente
componente que a
obtidos foram ma
de 32,2%), mas
arabinoxilanas ins

O TMR não mostrou diferenças significativas entre dietas, todavia as aves alimentadas com a dieta C apresentaram o valor mais elevado e os frangos criados com as dietas C+E e M os valores mais baixos (Quadro IV).

QUADRO IV - TEMPO MÉDIO DE RETENÇÃO DO MARCADOR (TMR; min) EM FUNÇÃO DA DIETA.

Dieta	TMR
C	463,8
C+E	430,8
M	433,4
Teste F	ns
EPM	10,42

ns - não significativo; EPM - erro padrão da média.

DISCUSSÃO

A presença de centeio em quantidades elevadas na dieta C (450 g.kg^{-1}) teve um efeito negativo marcado na digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica, do amido, da proteína e da gordura, confirmando os resultados obtidos por Pettersson e Aman (1989) e Friesen *et al.* (1992). No presente ensaio, a gordura foi o nutriente cuja utilização digestiva foi mais degradada pela presença de centeio na dieta, de modo semelhante ao observada por outros investigadores (Campbell e Bedford, 1992; Friesen *et al.*, 1992). É provável que redução da digestibilidade de todos os nutrientes e em especial da gordura nas aves alimentadas com a dieta C seja devida à presença dos componentes da parede celular, mais especificamente dos NSP solúveis, conforme é referido por Edney *et al.* (1989) e Campbell e Bedford (1992).

Os CUD_a do NSP totais foram baixos, situando-se entre 8,6% (dieta M) e 28,2% (dieta C). Igualmente Longstaff e McNab (1989) constataram que as aves têm uma reduzida capacidade para digerir a fibra da dieta. Os CUD_a dos NSP totais obtidos nas aves alimentadas com a dieta à base de centeio, são inferiores aos observados por Pettersson e Aman (1989) com uma dieta com 30,5% de centeio e 30,5% de trigo (CUD_a NSP totais de 40%) mas são superiores aos obtidos por Danicke *et al.* (1997b) para as arabinosilanas totais (CUD_a 20,0%) em frangos com 11 a 21 dias alimentados uma dieta com 61,4% centeio.

No presente ensaio, em todas as dietas a fracção insolúvel dos NSP foi o componente que apresentou a digestibilidade mais baixa (8 a 20%). Os CUD_a obtidos foram mais baixos que o observado por Pettersson e Aman (1989) (CUD_a de 32,2%), mas equivalentes aos obtidos por Danicke *et al.* (1997b) nas arabinosilanas insolúveis (CUD_a de 19,0%). Inversamente, a fracção solúvel dos

NSP apresentou CUD_a (52,8 a 59,2%) superiores às digestibilidades das arabinoxilanas solúveis observadas por Danicke *et al.* (1997b) e por Pettersson e Aman (1989) (22,0% e 31,6%, respectivamente).

Para as divergências entre os nossos resultados e os de Pettersson e Aman (1989) e de Danicke *et al.* (1997b) poderão ter contribuído diversos factores. O primeiro será o facto de fracções analisadas não serem as mesmas. Pettersson e Aman (1989) e Danicke *et al.* (1997b) analisaram as arabinoxilanas e nós os NSP. Embora os NSP do centeio sejam constituídos essencialmente por arabinoxilanas, estes polissacáridos não são os únicos componentes dos NSP. Isto é especialmente importante se tivermos em consideração que as dietas continham outros alimentos e que a sua composição era diferente. Também os métodos analíticos utilizados são diferentes, o que leva a divergências nas fracções analíticas analisadas. Pettersson e Aman (1989) utilizaram o método de Theanther e Westerlund (1986) e nós o de Englyst e Cummings (1988). Por fim, a idade das aves também poderá ter afectado os resultados. As aves utilizadas por Danicke *et al.* (1997b) tinham 11 a 21 dias, as utilizadas por Pettersson e Aman (1989) entre 21 e 24 dias de idade e as nossas aves tinham entre 33 e 36 dias de idade. É assim natural que as nossas aves tivessem uma microflora mais desenvolvida que as capacitava para degradarem uma maior quantidade de NSP solúveis.

A baixa digestibilidade da fracção insolúvel dos NSP e a digestibilidade mais elevada na fracção solúvel estão de acordo com a observação de diversos investigadores, segundo as quais a digestibilidade aparente dos componentes insolúveis da parede celular é praticamente nula (Pettersson e Aman, 1989; Danicke *et al.*, 1997b). Somente a fracção solúvel pode ser extensivamente degradada no aparelho digestivo da galinha (Choct *et al.*, 1992; Carré *et al.*, 1995b; Danicke *et al.*, 1997b) pelo microrganismos presentes no cólon e sobretudo no cego (Choct *et al.*, 1992).

O CUD_a dos NSP totais da dieta C foi significativamente superior ao CUD_a dos NSP totais da dieta M. Atendendo a que a dieta C continha um maior teor de NSP solúveis e que a digestibilidade destes não diferiu entre dietas, este valor mais elevado da digestibilidade dos componentes da parede celular seria de esperar. De modo inverso, a reduzida digestibilidade dos NSP insolúveis poderá ter contribuído para a mais baixa digestibilidade dos NSP totais da dieta M.

Como se pode verificar no Quadro II, a dieta M apresentou os CUD_a de todos os nutrientes mais elevados e simultaneamente o CUD_a dos NSP insolúveis mais baixo, ocorrendo o inverso com a dieta C. Esta contradição parece indicar que o efeito de encapsulação dos nutrientes da dieta pela fracção insolúvel dos NSP, que fazem parte integrante das paredes celulares, não é um factor

determinante na
A supleme
significativos na
de efeitos nos N
e Aman (1989)
ou nulos na dig
xilanases à diet
solúveis não est
Também Choct e
das arabinoxilan
terá contribuído
verificado na ave
enzimática, po
microrganismos
A supleme
tendência para
gordura e a EMA
adicionaram xila
Classen, 1993;
Annison (1992),
em cereais resul
a viscosidade in
enzimas endóge
A resposta
suplementação
a tese de que os
entanto, a ausê
digestibilidade d
Possivelmente, e
as enzimas dos
Os efeitos bené
assim sobretudo
iniciais do TD, e
aumento da viso
As xilanas
ruptura das pare
aos grânulos de
Marquardt *et al.*

determinante na redução do valor nutritivo da dieta experimental com centeio.

A suplementação enzimática da dieta à base de centeio não teve efeitos significativos na digestibilidade dos NSP solúveis e dos NSP insolúveis. A ausência de efeitos nos NSP insolúveis está de acordo com as observações de Pettersson e Aman (1989) e de Danicke *et al.* (1997b) que verificaram efeitos muito reduzidos ou nulos na digestibilidade das arabinoxilanas insolúveis quando adicionaram xilanases à dieta. No entanto, a ausência de efeitos na digestibilidade dos NSP solúveis não está de acordo com as observações de Pettersson e Aman (1989). Também Choct *et al.* (1992) observaram aumentos significativos na digestibilidade das arabinoxilanas totais com a suplementação enzimática. Para esta discrepância terá contribuído o valor mais elevado da digestibilidade dos NSP solúveis por nós verificado na aves alimentadas com a dieta à base de centeio sem suplementação enzimática, possivelmente por estas aves terem uma actividade dos microrganismos do TD mais desenvolvida.

A suplementação com xilanases da dieta baseada no centeio mostrou uma tendência para melhorar os CUDa da MS, da MO, da proteína, do amido e da gordura e a EMA_n, confirmando as observações de diversos investigadores quando adicionaram xilanases a dietas com centeio (Bedford *et al.*, 1991; Bedford e Classen, 1993; Langhout *et al.*, 1997). Segundo Bedford e Classen (1993) e Annison (1992), os benefícios da adição de enzimas xilanases a dietas baseadas em cereais resulta parcialmente da hidrólise dos NSP solúveis que permite reduzir a viscosidade intestinal e, conseqüentemente, tornar mais eficiente a acção das enzimas endógenas.

A resposta positiva da digestibilidade dos nutrientes da dieta com centeio à suplementação com xilanases verificada neste trabalho, parece assim confirmar a tese de que os NSP foram os responsáveis pela redução da digestibilidade. No entanto, a ausência de efeitos significativos da suplementação enzimática na digestibilidade dos NSP solúveis parece estar em contradição com esta teoria. Possivelmente, esta contradição deve-se a que as enzimas adicionadas à dieta e as enzimas dos microrganismos do TD actuam sobre os mesmos substratos. Os efeitos benéficos da actuação das enzimas adicionadas à dieta resultariam assim sobretudo da antecipação da degradação dos NSP solúveis para a zonas iniciais do TD, evitando a manifestação dos efeitos anti-nutritivos resultantes do aumento da viscosidade no processo digestivo.

As xilanases podem também degradar os NSP insolúveis provocando a ruptura das paredes celulares e assim facilitando o acesso das enzimas digestivas aos grânulos de amido, proteína e outros nutrientes (Pettersson e Aman, 1989; Marquardt *et al.*, 1994). No entanto, no nosso trabalho, a ausência de efeitos

significativos da adição de enzimas à dieta C na digestibilidade dos NSP insolúveis parece indicar que não se verificou um aumento da degradação dos NSP insolúveis, com ruptura das paredes celulares, pelo que não terá havido uma redução dos efeitos de encapsulação. Dado que a suplementação enzimática permitiu melhorar os CUD_a de todos os nutrientes, confirma-se que os efeitos de encapsulação não contribuíram de modo expressivo para a variação do valor nutritivo da dieta.

As aves alimentadas com a dieta C ingeriram mais água que os frangos criados com a dieta M, quer em termos absolutos quer em termos de ingestão por unidade de MS (Quadro III). Para esta maior ingestão de água dos frangos criados com a dieta à base de centeio poderão ter contribuído três factores. 1) As aves ingeriram uma maior quantidade de NSP solúveis e insolúveis que têm elevada capacidade de retenção de água. Possivelmente, a retenção de água nas zonas iniciais do intestino delgado, onde os NSP solúveis ainda se encontram pouco degradados, levou à redução da água disponível para a absorção intestinal, provocando um aumento da ingestão de água. 2) As necessidades de água aumentaram devido a uma maior secreção endógena do TD e das glândulas anexas, que em geral se verifica nos animais alimentados com dietas com teores de NSP elevados (Low, 1989). 3) A excreção de água foi aumentada devido ao maior poder de retenção de água do conteúdo do intestino grosso, provocado pela presença de maior quantidade de compostos fibrosos, que impediu a recuperação da água que, segundo Turk (1982), em geral se verifica nesta região do TD.

Em resultado da maior ingestão, as aves alimentadas com a dieta à base de centeio produziram *excreta* com os valores de humidade mais elevados, de modo idêntico ao observado por Classen *et al.* (1985), Edney *et al.* (1989) e Marquardt *et al.* (1994). Este aumento do teor em humidade da *excreta* tem sido apontado como sendo um dos inconvenientes da utilização das dietas com teores elevados em NSP na alimentação do frango, dado que aumenta a humidade da cama, contribuindo para um pior estado sanitário dos bandos.

A suplementação enzimática da dieta à base de centeio não permitiu reduzir o teor em humidade da *excreta* de um modo significativo. Estes resultados não concordam com a diminuição do teor em humidade com a adição de xilanases a dietas à base de centeio observado por Pettersson e Aman (1989) e Marquardt *et al.* (1994). No entanto, estão de acordo com a ausência de efeitos significativos nas digestibilidades dos NSP insolúveis e solúveis, e consequentemente com a ausência de efeitos significativos na sua capacidade de retenção de água.

No nosso modo não s modo mais exp trânsito digesti entre as respo por nós e as ve das dietas expe dado que este presente estud

Possiveln digestivo dos N anulados pelo digesta, devido NSP e aument alimentadas co secundário a a do consequent solúveis terá s seria de esper parâmetro, cor

Os estud no TD da galin metabolizável rante o qual a absorção do do tempo de p redução da ab intestino, com incremento da al., 1997a). A c da digestibili intestinais co modo, a mais intestinais seria nós observa alimentadas o aumento será dieta.

No nosso trabalho experimental, a permanência da dieta no TD aumentou de modo não significativo com a presença de centeio na dieta (Quadro IV). De modo mais expressivo, Salih *et al.* (1991) indicam diminuições significativas no trânsito digestivo como um dos efeitos dos NSP. As diferenças de intensidade entre as respostas do trânsito digestivo à presença de NSP na dieta verificados por nós e as verificadas por Salih *et al.* (1991), podem ser devidas à composição das dietas experimentais bem como à natureza e quantidade destes polissacáridos, dado que estes investigadores utilizaram dietas com 60 e 70% de cevada e no presente estudo foi utilizada uma dieta com 45% de centeio.

Possivelmente, no nosso estudo os efeitos de retardamento do trânsito digestivo dos NSP solúveis através do aumento da viscosidade foram parcialmente anulados pelos efeitos de aceleração provocados pelo aumento do volume do *digesta*, devido à maior quantidade de nutrientes não digeridos, quantidade de NSP e aumento da ingestão de água. O aumento da ingestão de água pelas aves alimentadas com a dieta à base de centeio também poderá ter tido como efeito secundário a atenuação do aumento da viscosidade dos conteúdos intestinais e do conseqüente retardamento do trânsito digestivo, dado que a diluição dos NSP solúveis terá sido maior. Dado que o centeio não afectou o trânsito digestivo, não seria de esperar que suplementação enzimática tivesse um efeito claro neste parâmetro, como é indicado pelo TMR.

Os estudos de Mateos *et al.* (1982) concluíram que a tempo de permanência no TD da galinha é um factor importante, influenciando a quantidade de energia metabolizável obtida da dieta, por modificar a duração do período de tempo durante o qual a *ingesta* está exposta às enzimas digestivas ou está disponível para a absorção dos nutrientes. Evidentemente, esta tese pressupõe que o aumento do tempo de permanência no TD não terá efeitos negativos secundários, como a redução da absorção dos nutrientes por estar limitada a uma menor área do intestino, como verificaram Ellis *et al.* (1995) e Helle *et al.* (1996) no porco, ou o incremento da população bacteriana no intestino delgado das aves (Danicke *et al.*, 1997a). A confirmar-se a tese de Mateos *et al.* (1982), para não haver redução da digestibilidade seria necessário que à maior viscosidade dos conteúdos intestinais correspondesse uma maior permanência do alimento no TD. Deste modo, a mais lenta difusão das enzimas e dos nutrientes através dos conteúdos intestinais seria contrabalançada pelo aumento da permanência no TD. No entanto, nós observamos apenas um aumento do TMR não significativo nas aves alimentadas com a dieta à base de centeio. Assim, possivelmente este pequeno aumento será um dos motivos da redução da digestibilidade dos nutrientes desta dieta.

CONCLUSÃO

Neste trabalho verificou-se que os frangos de carne alimentados com a dieta à base de centeio têm resultados inferiores na utilização digestiva, particularmente da gordura, menor EMAn e produzem excrementos com teor em humidade mais elevado que os frangos alimentados com a dieta à base de milho. A suplementação enzimática das dietas com centeio permite melhorar o seu valor nutritivo, sem o tornar equivalente ao da dieta à base de milho, mas não elimina o problema do excesso de humidade na *excreta*.

Os efeitos anti-nutritivos do centeio observados parecem depender mais da fracção solúvel dos NSP do que da fracção insolúvel. A ausência de alteração significativa do tempo de permanência do alimento no TD nas aves alimentadas com a dieta à base de centeio indica que é pouco provável que tenha havido uma migração significativa da microflora para o intestino delgado pelo que os efeitos anti-nutritivos se deveram à redução da eficiência da digestão e da absorção dos nutrientes devida ao esperado aumento da viscosidade intestinal na presença de NSP solúveis.

BIBLIOGRAFIA

- ANNISON, G., 1992. Commercial enzyme supplementation of wheat based diets raises glycanase activities and improves apparent metabolisable energy, starch and pentosan digestibilities in broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 38: 105-121.
- ANNISON, G., 1993. The role of Wheat NSP in broiler nutrition. *Australian J. Agric. Res.*, 44: 405-422.
- ANÓNIMO, 1988. Total fat extraction in certain food products, according to AOAC. Tecator application short note. ASTN 70/88.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC), 1984. *Official Methods of analysis*. (14th ed.) AOC. Washington DC.
- BEDFORD, M. R. e CLASSEN, H. L., 1993. An in vitro assay for prediction of broiler intestinal viscosity and growth when fed rye-based diets in the presence of exogenous enzymes. *Poultry Sci.*, 72: 137-143.
- BEDFORD, M. R., CAMPBELL G. L. e CLASSEN, H. L., 1991. The effect of pelleting, salt and xilanase on the viscosity of intestinal contents and the performance of broiler fed rye. *Poultry Sci.*, 70: 1571-1577.
- BEDFORD, M. R., 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 53: 145-155.

BOURDILLON, A.
LESSIR
for the
effect
Br. P.
BRENES, A., G.
glucar
ens ar
Sci., 7
CAMPBELL, H. L.
A revie
CAMPBELL, H. L.
differ
pleme
CARRÉ, B., PR
metab
46-51.
CARRÉ, B. FLO
polyet
perfor
in chic
CHOCT, M. e A
diets
CHOCT, M. e A
chicke
CLASSEN, H.L.,
Studie
and m
DANICKE, S., S
dietary
fed to
Sci., 38
DANICKE, S., S
dietary
fed to
soluble

- BOURDILLON, A., CARRÉ, B., CONAN, L., DUPERRAY, J., HUYGHEBAERT, G., LECLERCQ, B., LESSIRE, M., McNAB, J. e WISEMAN, J., 1990. European Reference Method for the in vivo determination of ME with adult cockerels: Reproducibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. *Br. Poultry Sci.*, 31: 557-565.
- BRENES, A., GUENTER, W., MARQUARDT, R.R. e ROTTER, B.A., 1993. Effect of β -glucanase/xylanase enzyme supplementation on the performance of chickens and laying fed wheat, barley, naked oats and rye diets. *Can. J. Anim. Sci.*, 73: 941-951.
- CAMPBELL, H. L. e BEDFORD, R. M., 1992. Enzyme application for monogastric feeds. A review. *Can. J. Anim. Sci.*, 72: 449-466.
- CAMPBELL, H. L., TEIGTE, D. A. e CLASSEN, H. L., 1991. Genotypic and environmental differences in dietary pentosanes fed to broiler chicks with xylanase supplementation. *Can. J. Anim. Sci.*, 71: 1241-1247.
- CARRÉ, B., PREVOTEL, B. e LECLERCQ, B., 1984. Cell wall content as a predictor of metabolisable energy value of poultry feedingstuffs. *Br. Poultry Sci.*, 381: 46-51.
- CARRÉ, B., FLORES, M. P. e GOMEZ, J., 1995. Effects of pelleting, lactose level, polyethylene glycol 4000, and guar gum compared to pectin on growth performances, energy values and losses of lactose, lactic acid, and water in chickens. *Poultry Sci.*, 54: 669-680.
- CHOCT, M. e ANNISON, G., 1990. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. *Br. Poultry Sci.*, 31: 811-821.
- CHOCT, M. e ANNISON, G., 1992. Anti-nutritive effects of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora. *Br. Poultry Sci.*, 33: 821-834.
- CLASSEN, H.L., CAMPBELL G.L., ROSSNAGEL, B. G., BHATTY, R. e REICHERT, R.D., 1985. Studies on the use of hullless barley in chicks diets: deleterious effects and methods of alleviation. *Can. J. Anim. Sci.*, 65: 725-733.
- DANICKE, S., SIMON, O., JEROCH, H. e BEDFORD, M., 1997a. Interactions between dietary fat type and xylanase supplementation when rye-based diets are fed to broiler chickens., 1. Physico-chemical chyme features. *Br. Poultry Sci.*, 38: 537-545.
- DANICKE, S., SIMON, O., JEROCH, H. e BEDFORD, M., 1997b. Interactions between dietary fat type and xylanase supplementation when rye-based diets are fed to broiler chickens 2. Performance, nutrient digestibility and the fat-soluble vitamin status of livers. *Br. Poultry Sci.*, 38: 546-556.

- EDNEY, M. J., CABELL, G. L. e CLASSEN, H. L., 1989. The effect of β -glucanase supplementation on digestibility and growth on broilers given diets containing barley, oats groats or wheat. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 25: 193-200.
- ELLIS, P.R., ROBERTS, F.G., LOW, A.G. e MORGAN, L. M., 1995. The effect of high molecular weight guar gum on the net apparent glucose absorption and net insulin and gastric inhibitory polypeptide production in the growing pig: relationship to rheological changes in jejunal digesta. *Br. J. Nutr.*, 74: 539-556.
- ENGLYST, H.N. e CUMMINGS, J.H., 1988. Improved method for measurement of dietary fiber as non-starch polysaccharides in plant foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 71: 808-814.
- FENGLER, A.I. e MARQUARDT, R.R., 1988a. Water soluble pentosanes from rye: I Isolation, partial purification and characterisation. *Cereal Chem.*, 65: 291-297.
- FENGLER, A.I. e MARQUARDT, R.R., 1988b. Water soluble pentosanes from rye: II effect on rate of dialysis and on the retention of nutrients by the chicks. *Cereal Chem.*, 65: 298-302.
- FENGLER, A.I., PAWLIK, J.R. e MARQUARDT, R.R., 1988b. Improvement in nutrient retention and changes in excreta viscosities in chick feed rye containing diets a supplements with fungal enzymes, sodium taurocholate e penicillin. *Can. J. Anim. Sci.*, 68: 483-491.
- FRIESEN, O.D., GUENTER, W., MARQUARDT, R.R e ROTTER, B. A., 1992. The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolise energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats and rye for the young broiler chicks. *Poultry Sci.*, 71: 1710-1721.
- FUENTE I.M., PEREZ DE AYALA, P., FLORES A. e VILLAMIDE, M.J., 1998. Effect of storage time and dietary enzyme on the metabolisable energy and digesta viscosity of barley-based diets for poultry. *Poultry Sci.*, 77: 90-97.
- FURUKAWA, A. e TSUKAHARA, H., 1966. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 32: 6. 502-506.
- HELLE, N., JOHANSEN, K, KNUDSEN, E. SANDSTROM, B. e SKJOTH, F., 1996. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. *Br. J. Nutr.*, 75: 339-351.
- LANGHOUT, D.J., SCHUTTE, J.B., GEERSE, C., KIES, A.K., DE JONG J. e VERSTEGEN W. A., 1997. Effects on chick performance and nutrient digestibility of an endoxylanase added to a wheat- and rye-based diet in relation to fat source. *Br. Poultry Sci.*, 38: 557-563.
- LONGSTAFF, M. e McNAB, J.M., 1989. Digestion of fibre polysaccharides of pea, *Pisum sativum*: hulls, carrot and cabbage by adult cockerels. *Br. J. Nutr.*, 62: 563-577.

- LOW, A.G., 1989. *Sec*
Anim. Feed
- MARQUARDT, R.R., 19
mination of
- MARQUARDT, R.R., B
barley, rye, w
rma reesei e
- MATEOS, G.G., SELL
time: as influ
- MCDOUGALL, MORRIS
dietary fibre:
70: 133-150
- NATIONAL RESEARCH C
Revised Edi
mal Nutrition
- NYMAN, M. e ASP N.,
nal tract. *Br.*
- PETTERSSON, D. e AM
taining rye a
- POTKINS, Z. LAWRENCE
tural polysac
rate and rate
total gastro
- SALIH, M.E., CLASSEN
hull-less bar
Technol., 33
- SALOMONSSON, A., TH
tion of some
Agric. Res.,
- WILKINSON, L., HILL, M
Statistics, 5th
- THEANDER, O. e WEST
dures for ana
- THEANTHER, O.. WEST
monogastric
- TURK, D.E., 1982. *Tr*
utilisation. *Pe*

- Low, A.G., 1989. Secretory responses of the pig gut to non-starch polysaccharides. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 23: 55-65.
- MARQUARDT, R.R., 1983. A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric acid in avian excreta. *Poultry Sci.*, 62: 2106-2108.
- MARQUARDT, R.R., BOROS, D., GUENTER, W. e CROW, G., 1994. The nutritive value of barley, rye, wheat and corn for young chicks as affected by use of a *Trichoderma reesei* enzyme preparation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 45: 363 - 378.
- MATEOS, G.G., SELL, J.L. e EASTWOOD, J.A., 1982. Rate of food passage, transit time: as influenced by level of supplemental fat. *Poultry Sci.*, 61: 94-100.
- MCDougALL, MORRISON, I.M., STEWART, D. e HILLMAN, J.R. 1996. Plant cell walls as dietary fibre: Range structure, processing and function. *J. Sci. Food Agric.*, 70: 133-150.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NCR), 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9 th Revised Edition. Subcommittee on Poultry Nutrition. Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, pp.155.
- NYMAN, M. e ASP N., 1982. Fermentation of dietary fibre components in rat intestinal tract. *Br. J. Nutr.*, 47: 357-366.
- PETTERSSON, D. e AMAN, P., 1989. Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *Br. J. Nutr.*, 62: 139-149.
- POTKINS, Z. LAWRENCE, T. e THOMLINSON, 1993. Effects of structural and non-structural polysaccharides in the diet of the growing pigs on gastric emptying rate and rate of passage of digesta to the terminal ileum and through the total gastrointestinal tract. *Br. J. Nutr.*, 65: 391 - 413.
- SALIH, M.E., CLASSEN, H.L. e CAMPBELL, G.L., 1991. Response of chickens fed on hull-less barley to dietary β -glucanase at different ages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 33: 139 -149.
- SALOMONSSON, A., THEANTHER, A. e WESTERLUND, E., 1984. Chemical characterisation of some swedish cereal whole meal and bran fractions. *Swedish J. Agric. Res.*, 14: 111-117.
- WILKINSON, L., HILL, M., WELNA, J.P., BIRKENBEUEL, G.K., 1992. *Systat for Windows. Statistics*, 5th ed., Evanston, IL. Systat, pp. 750.
- THEANDER, O. e WESTERLUND, E.A., 1986. Studies on dietary fibre. 3. Improved procedures for analysis of dietary fibre. *J. Agric and Food Chem.*, 34: 330-336.
- THEANTHER, O., WESTERLUND E., AMAN P. e GRAHAM H., 1989. Plant cell wall and monogastric diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 23: 205-225.
- TURK, D.E., 1982. The anatomy of the avian digestive tract as related to feed utilisation. *Poultry Sci.*, 61: 1225-1244.

- VAN DER KLIS, J.D. e VOORST A. V., 1993. The effect of carboxy methyl cellulose, a soluble polysaccharide: on the rate of marker excretion from the gastrointestinal tract of broilers. *Poultry Sci.*, 72: 503-512.
- WASHBURN, K.W., 1991. Efficiency of feed utilisation and rate of feed passage through the digestive system. *Poultry Sci.*, 70: 447-452.

REGULAÇÃO

- ¹CECA-ICETA; De
Universidade
²Dept. de Zootec

Introduction
Central nervo
Physiologic n
Humor

Ther
Lipid
Physical regu
Energi
Cell w
Nutriti
Grind
Efficiency of
Aceto-glucog
Palatability
How is the in
References
Key words:

REGULAÇÃO

Introdução
Sistema ner
Regulação fi
Regul
Hormo