

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO NA DIETA, UTILIZAÇÃO DE
CARBOIDRATO E DESEMPENHO PRODUTIVO DO PACU
(*Piaractus mesopotamicus*)**

Ana Paula Baldan
Zootecnista

Jaboticabal
Fevereiro - 2004

ÍNDICE

| | |
|---------------|----|
| Resumo..... | 02 |
| Abstract..... | 03 |

Capítulo I.

Carboidratos na nutrição e a ação do cromo no seu aproveitamento

| | |
|--|----|
| CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 05 |
| A utilização de carboidratos pelos peixes..... | 05 |
| Estudos com espécies nativas..... | 08 |
| A utilização de cromo pelos animais..... | 09 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 14 |

Capítulo II.

Suplementação de cromo na dieta, utilização de carboidrato e desempenho produtivo do pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

| | |
|---------------------------------|----|
| Introdução..... | 22 |
| Material e métodos..... | 24 |
| Resultados..... | 27 |
| Discussão..... | 29 |
| Referências Bibliográficas..... | 33 |

Capítulo III.

| | |
|---------------------------|----|
| Considerações finais..... | 46 |
|---------------------------|----|

Resumo

A eficiência de utilização da proteína pelos peixes pode ser melhorada pelo aumento de outras fontes energéticas, ex. lipídio e carboidratos, na dieta. Estudos comprovam a ação do cromo no metabolismo de carboidratos, enquanto outros assumem que o óxido de cromo, usado como marcador em experimentos de digestibilidade, é inerte, não é absorvido e não afeta a fisiologia digestiva. Este estudo avaliou parâmetros do metabolismo energético e desempenho produtivo do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), peixe de hábito alimentar frugívoro, alimentado com dieta suplementada com óxido de cromo. Duzentos e oitenta e oito juvenis, de quatro classes de peso ($21,2 \pm 1,87$; $27,8 \pm 1,76$; $34,1 \pm 1,63$; $41,4 \pm 1,83$ g), distribuídos em 24 caixas de polietileno de 100 L (12 por caixa) foram alimentados com uma dieta isoprotéica e isoenergética suplementada com seis níveis de óxido de cromo (Cr_2O_3) (0, 10, 50, 100, 300 e 1000 mg kg^{-1}). Os peixes foram amostrados 30 e 60 dias após o início da alimentação. Foram determinados: glicose plasmática, proteína total, triglicerídeos e colesterol séricos, lipídio hepático e muscular e glicogênio hepático, índices hepatossomático e índice gorduro-viscerossomático. Os índices do desempenho produtivo foram: ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica, taxa de crescimento específico, consumo alimentar diário relativo e consumo diário de cromo estimado. O desempenho produtivo e os parâmetros metabólicos não diferiram ($P > 0,05$) por efeito da suplementação de cromo e os peixes apresentaram melhor desempenho nos 30 dias finais de alimentação. Os dados sugerem que o cromo, na forma do óxido utilizado, não interferiu na utilização de carboidrato pela espécie.

Palavras-Chave: Óxido de cromo, carboidrato, nutrição, metabolismo, pacu

Abstract

The efficiency of the utilization of dietary protein by fish can be improved by increasing other dietary energy sources, e.g. lipid and carbohydrate, in the diet. Studies have shown that there is an effect of the chromium in carbohydrate metabolism, but other investigations have assumed that the chromic oxide, widely used as marker in digestibility assays, is inert, not absorbed and does not affect the digestive physiology of fish. This study evaluated the energetic metabolism and growth performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*), a frugivorous species, fed diets supplemented with chromic oxide. Two hundred eighty-eight juveniles of four weight classes (21.2 ± 1.87 ; 27.8 ± 1.76 ; 34.1 ± 1.63 ; 41.4 ± 1.83 g), distributed in 24 polyethylene boxes (100L, 12 per box), were fed (0, 10, 50, 100, 300 e 1000 mg kg⁻¹). Fish were sampled with an isonitrogenous and isoenergetic diet supplemented with six levels of chromic oxide (Cr₂O₃) after 30 and 60 days of feeding. The metabolic parameters analyzed were: plasma glucose, serum total protein, triacylglycerids and cholesterol, muscle lipid, liver lipid and glycogen, hepatosomatic and fat visceral indexes. The growth parameters evaluated were: weight gain, feed conversion ratio, protein efficiency ratio, specific growth rate, relative feed intake, and chromic oxide feed intake. The metabolic parameters and growth performance of pacu were not altered by effect of chromic oxide supplementation ($P > 0,05$). At the 30 last days of feeding, fish had better growth performance. These results suggest that the chromium, in form of oxide, had no significant effect on the utilization of dietary carbohydrate by pacu.

Keywords: chromic oxide, carbohydrate, nutrition, metabolism, pacu

CAPÍTULO I

CARBOIDRATOS NA NUTRIÇÃO E A AÇÃO DO
CROMO NO SEU APROVEITAMENTO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A utilização de carboidratos pelos peixes

Com o desenvolvimento da atividade aquícola, a busca de maior produtividade envolveu o enriquecimento ou substituição do alimento natural por alimento artificial (NRC, 1993). Isto permitiu a industrialização da atividade, tornando-a dependente deste insumo, que representa significativa parte do custo de produção de organismos aquáticos. Tendo em vista a necessidade de desenvolver dietas que proporcionem um bom desempenho de produção, o uso de carboidratos e lipídios representa uma maneira eficiente de redução de custos, poupando a utilização de proteína como fonte de energia.

O carboidrato contido nos alimentos fornece energia ao organismo através da glicose, que pode originar-se no intestino durante a digestão e absorção de carboidratos ingeridos. Podendo ser produzida pelo fígado e rim como resultado da glicogenólise, ou através da gliconeogênese a partir do lactato, aminoácidos e glicerol, sendo sua concentração no sangue dependente da taxa de produção em alguns tecidos e consumo em outros (Suarez & Mommsen, 1987).

Após a ingestão de alimentos, os carboidratos e lipídios são armazenados no fígado, músculo e tecido adiposo. Os aminoácidos ingeridos são utilizados para a síntese de novas proteínas. A liberação de vários hormônios gastrintestinais que normalmente acompanham o processo digestivo potencializa a secreção de insulina, que estimula o uso e o armazenamento de glicose e, simultaneamente, inibe sua produção hepática. O hormônio, então, abaixa a concentração circulante de glicose ou limita sua elevação provocada pela carga dietética de carboidratos (Aires, 1999). Deste modo, ao equilibrar

uma dieta, não só é importante a quantidade do nutriente, mas também a proporção adequada para maximizar sua utilização.

Em peixes cultivados, a utilização de carboidratos tem despertado muito interesse. Pesquisas na área de nutrição têm abordado a capacidade de utilização deste nutriente em várias espécies, como esturjão *Acipenser transmontanus*, (Hung et al., 1989; Fynn-Aikins et al., 1993), bagre do canal *Ictalurus punctatus* (Wilson & Poe, 1987; Ng & Wilson, 1997), bagre asiático *Clarias batrachus* (Mollah & Alam, 1990; Erfanullah & Jafri, 1998), carpa *Cyprinus carpio* (Jeong et al., 1992; Hernandez et al., 1994), enguia européia *Anguilla anguilla* (Gallego et al., 1994), truta arco íris *Oncorhynchus mykiss* (Kim & Kaushik, 1992; Brauge et al. 1994; Brauge et al. 1995), salmão do Atlântico *Salmo salar* (Hemre et al., 1995), tilápia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* (Tung & Shiau, 1991) e *Oreochromis niloticus* (Shimeno et al., 1993) e o híbrido tambacu, *Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus* (Fraguito, 1991; Carneiro et al., 1994) .

Ainda que o carboidrato seja bastante usado como fonte de energia na dieta de animais domésticos, alguns peixes parecem ter menor habilidade em utilizá-la (Christiansen & Klungsoyr, 1987). Várias possibilidades têm sido discutidas para explicar o mecanismo da intolerância dos peixes aos carboidratos, descrita até então. A redução do grau de utilização de glicose poderia ser resultado de deficiência de insulina (Palmer & Ryman, 1972; Thorpe & Ince, 1974), porém, através de radio-imunoensaio, encontrou-se concentrações de insulina plasmática em peixes, similares ou muitas vezes superiores àquelas observada em mamíferos (Thorpe & Ince, 1976; Hertz et al., 1989; Plisetskaya, 1990; Mommsen & Plisetskaya, 1991). A intolerância à

glicose foi atribuída também a uma menor atividade de receptores da insulina (Gutierrez et al., 1991; Mommsen & Plisetskaya, 1991), embora mais recentemente tenha-se verificado alta atividade de tais receptores (Maestro et al., 1997). Outra possibilidade seria a ineficiência da GLUT4 (proteína transportadora de glicose na membrana) nos mecanismos de absorção e utilização da glicose (Wright et al., 1998). Porém, GLUTs semelhantes às de animais onívoros já foram detectadas em peixes (Planas et al., 2000).

Em vertebrados, a glicoquinase, ou hexoquinase IV, do fígado atua na taxa de utilização de glicose para controle de sua homeostase, através da fosforilação da glicose a glicose-6-fosfato. A existência desta enzima em peixes ainda é contraditória. Pesquisas em teleósteos, com diferentes capacidades de utilização de carboidrato, mostraram variações qualitativas e quantitativas da glicoquinase, sugerindo que esta pode ser uma explicação para a tolerância/intolerância ao carboidrato (Panserat et al., 2000). É importante ressaltar que a maioria dos estudos citados se refere a peixes carnívoros.

Sugere-se, ainda, que peixes onívoros são capazes de utilizar níveis mais altos de carboidratos na dieta que os carnívoros, devido a maior atividade da amilase no trato digestório.(Hidalgo et al.,1999). Desta forma, a habilidade em utilizar diferentes formas de carboidrato varia entre as espécies. A utilização de glicose, dextrina e amido gelatinizado foi comparada em carpas *Cyprinus carpio* e “red seabream” *Sparus auratus*. O crescimento e eficiência alimentar da carpa foi melhor quando alimentada com amido gelatinizado seguido pela dextrina e glicose, enquanto o “red seabream” não mostrou diferenças nas taxas de crescimento associadas às diferentes formas de carboidratos utilizados (Furuichi & Yone, 1982). No bagre do canal *Ictalurus*

punctatus, dietas com dextrina ou amido proporcionaram um melhor crescimento que dietas com mono e dissacarídeos (Wilson & Poe, 1987). Já o esturjão *Acipenser transmontanus* utilizou melhor a glicose e a maltose que a dextrina ou amido (Hung et al., 1989).

Estudos com espécies nativas

Poucos estudos têm explorado a habilidade do pacu, *Piaractus mesopotamicus* de utilizar de carboidrato. Este peixe, que tem lugar de destaque na piscicultura brasileira, se apresenta como um interessante modelo para o estudo do metabolismo do carboidrato, visto que sua dieta natural inclui sementes e frutos, naturalmente ricos neste nutriente (Silva, 1985; Menton, 1989), sugerindo que a espécie possua mecanismos hormonais e enzimáticos bem desenvolvidos para sua utilização.

Fraguito (1991) observou melhores resultados de desempenho na produção de alevinos de tambacu (*Colossoma macropomum* X *Piaractus mesopotamicus*) utilizando uma dieta com alto nível de carboidrato de 45% e 3900 kcal kg⁻¹ energia bruta. Da mesma forma, Carneiro et al. (1994) testaram dietas isoprotéicas, com 2 níveis de energia e vários níveis de carboidrato, e também observaram, em tambacu, melhor desempenho de produção com 45% de carboidrato e 3900 kcal. Figueiredo-Garutti (1996) alimentou pacus com dietas contendo 35 e 50% de amido de cereais e observou melhor crescimento com o nível mais alto e melhor utilização do carboidrato em relação a lipídeos. Gonçalves (2001) mostrou que o pacu, após restrição alimentar, apresenta melhor aproveitamento da dieta com níveis de carboidrato mais altos e de

proteína mais baixos, que dietas com proteína mais alta e carboidrato mais baixo.

A utilização de cromo pelos animais

Segundo Vincent (2001) a identificação da biomolécula, à qual o cromo está associado, começou com a aplicação intravenosa de glicose em ratos. Os animais desenvolveram intolerância ao carboidrato seguida de lesão necrótica no fígado, ocorrências evitadas pela inclusão de levedura à dieta (Mertz & Schwarz, 1955). Em 1957, o fator dietético foi descoberto e chamado fator de tolerância à glicose (GTF). Em 1959, Schwarz e Mertz identificaram o cromo como o ingrediente ativo do GTF. No mesmo ano, estes autores isolaram o GTF do hidrolizado de levedura e de rim de suínos, identificados como fonte natural desta biomolécula e introduziram por uma sonda no estômago de ratos deficientes, restabelecendo o metabolismo de glicose. Entretanto, o mecanismo pelo qual a forma biologicamente ativa do cromo melhorava a tolerância à glicose não era bem conhecido. Posteriormente, Mertz et al., em 1977 constataram que o GTF era um complexo de cromo, nicotinato, glicina, cisteína e glutamato.

O cromo atua como um cofator potencializando a ação da insulina, através de sua presença numa molécula organometálica conhecida como fator orgânico de tolerância à glicose (Anderson, 1981). Segundo Morris et al. (1993), o cromo pode potencializar a ação da insulina, facilitando a ligação insulina-receptor na membrana celular, proporcionando uma melhor absorção do açúcar. Principalmente na forma trivalente (Cr^{+3}), o cromo parece ser essencial na ativação de algumas enzimas, além de estabilizar proteínas e ácidos nucleicos (Borel & Anderson, 1984).

Em humanos o cromo trivalente interfere no metabolismo de carboidratos (Mertz et al., 1974; Anderson et al., 1983) e melhora a tolerância à glicose em pacientes diabéticos (Glinsmann & Mertz, 1966). Em aves, aumenta a taxa de lipogênese e afeta o acúmulo de glicogênio na presença de insulina (Rosenbrough & Steele, 1981; Steele & Rosenbrough, 1981). Estudos com ruminantes e suínos também sugerem efeitos benéficos da suplementação da dieta com cromo trivalente, sendo que as concentrações de cromo testadas nas pesquisas existentes são seguras e não tóxicas. (NRC, 1997).

Em peixes, alguns trabalhos comprovam a ação do cromo no metabolismo de carboidratos. O efeito de diferentes tipos de cromo foi testado em híbrido de tilápia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) por Shiau & Chen (1993) que incluíram CrCl_3 , $\text{Na}_2\text{CrO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ e Cr_2O_3 em dietas contendo glicose e amido e concluíram que o óxido de cromo (Cr_2O_3) foi o mais eficiente em promover aumento na utilização de glicose, ganho de peso, ingestão de alimento, retenção de proteína e energia. Shiau & Lin (1993) demonstraram que o cromo, na forma de cloreto, melhora a utilização da glicose, mas não a do amido pela tilápia. Em outro estudo, utilizando o mesmo híbrido, Shiau & Liang (1995) compararam o efeito de dois níveis de inclusão de óxido de cromo (0,5 e 2%) na utilização e digestibilidade de carboidratos e verificaram que 0,5% causou um efeito positivo. Shiau & Shy (1998) testaram oito níveis de inclusão de óxido de cromo (de zero a 5000 mg kg^{-1} de ração) no mesmo híbrido e concluíram que houve melhor crescimento, eficiência alimentar e protéica com inclusões entre 100 e 300 mg kg^{-1} .

O cromo também foi testado no pacu, por Figueiredo-Garutti (1996), que observou que a inclusão de 1,5 ppm de cloreto de cromo (CrCl_3) em dietas com

diferentes níveis de carboidrato aumentava os estoques de glicogênio hepático e muscular, sem, no entanto, afetar o crescimento e a composição corporal dos peixes. Já Urbinati et al. (1998) verificaram que a inclusão da 20ppm de óxido de cromo resultou em maior ganho de peso em pacu alimentado com dieta contendo 50% de carboidratos, em comparação a uma dieta sem óxido crômico, embora o mesmo não tenha ocorrido quando a dieta tinha 35% de carboidrato.

Por outro lado, dados obtidos em *Carassius auratus* (De Silva et al., 1997) mostraram que o Cr_2O_3 resultou em menor digestibilidade, possivelmente por influir nos processos digestivos. Esses estudos corroboraram os achados de Sadiku & Jauncey (1995) que sugeriram que o nível de inclusão de Cr_2O_3 afetava a digestibilidade de nutrientes na tilápia. Em trabalho de Shiau & Shy (1998), ficou evidenciado que níveis de inclusão de até 0,5% não afetavam a digestibilidade de nutrientes. Já para o bagre do canal, *Ictalurus punctatus*, Ng & Wilson (1997) não observaram interferência de vários níveis de inclusão de Cr_2O_3 no aproveitamento do carboidrato das dietas e na retenção do cromo na carcaça, concluindo que este elemento pode ser usado como marcador de digestibilidade para esta espécie.

O óxido de cromo tem sido usado como um marcador em estudos de digestibilidade em animais desde 1918 (De Silva et al., 1997) e atualmente é o marcador mais usado, inclusive em peixes (Ringo, 1993). As investigações sobre digestibilidade assumem que o óxido de cromo é inerte e não é absorvido nem afeta a fisiologia digestiva. Porém, esta afirmação contradiz muitos resultados disponíveis na literatura.

As fontes de microminerais na forma de sais, de modo geral, apresentam baixa absorção, principalmente pela relação antagônica entre os minerais (o excesso de um determinado íon mineral pode interferir na absorção de um íon mineral de outra natureza) ou até mesmo relação antagônica com outros componentes da dieta, podendo formar compostos insolúveis para o organismo animal, comprometendo a absorção do micromineral. Além dos tradicionais sais inorgânicos encontrados na forma de óxidos, sulfatos e carbonatos, os quelatos ou complexos minerais orgânicos são novas fontes de microelementos minerais. Os minerais na forma orgânica de quelatos (complexos de minerais orgânicos) são pouco inibidos, chegando ao intestino e passando à circulação sanguínea intactos, assegurando uma maior biodisponibilidade do mineral (Silva & Baruselli, 2001)

Por definição estabelecida pela AAFCO, *American Association of Feed Control Officials*, “minerais orgânicos” são íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando estruturas características únicas, de alta estabilidade e alta absorção, conferindo alta biodisponibilidade mineral. Novas conquistas vêm surgindo na evolução das técnicas de quelação, sendo que, de acordo com o tamanho da molécula e natureza do composto orgânico ao qual o íon metálico está complexado, eles podem ser definidos como:

Quelatos: íons metálicos de sais solúveis combinados com um ou mais aminoácidos para formar um composto bioquimicamente estável através de ligações covalentes. O peso molecular deve ser menor que 1000 daltons.

Transquelatos: são também moléculas metalo-orgânicas, mas com pesos moleculares maiores. Eles transportam mais de um átomo do mesmo

metal ou de metais diferentes, ligados por ligações covalentes a pequenos peptídeos com 2 a 10 aminoácidos.

Carboquelatos: estes são a nova conquista na evolução das técnicas de quelação. São resultantes da complexação de um metal, na sua forma de sal solúvel, com polissacarídeos e aminoácidos através de ligações covalentes.

Frente às controvérsias existentes, pesquisas sobre a ação do cromo no metabolismo de carboidratos se fazem necessárias e oportunas, podendo gerar informações importantes para a indústria de rações para espécies nativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aires, M. M. 1999. Fisiologia. Guanabara Koogan. 2 ed. Rio de Janeiro. 934p.
- Anderson, R. A., Polanski, M. M., Bryden, N. A., Roginski, E. E., Mertz, W., Glinsmann, W. 1983. Chromium supplementation of human subjects: effects on glucose, insulin, and lipid variables. *Metabolism* 32 (9): 894-899.
- Anderson, R., A. 1987. Effects of supplemental chromium on patients with symptoms of reactive hypoglycemia. *Metabolism* 36: 351-355.
- Association American Feed Control Officials. Official publication, Georgia Department of Agriculture, 1990, pp. 164-171.
- Borel, J. S. & Anderson, R. A. 1984. Chromium. Pp. 175-199 in *Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements*. E. Frieden, ed. New York: Plenum Press.
- Brauge, C., Médale, F., Corraze, G. 1994. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. *Aquaculture* 123: 109-120.
- Brauge, C., Corraze, G., Médale, F. 1995. Effects of dietary levels of carbohydrate and lipid on glucose oxidation and lipogenesis from glucose in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in freshwater or in seawater. *Comp. Biochem. Physiol.* 111A: 117-124.
- Carneiro, D. J., Fragnito, P. S., Malheiros, E. B. 1994. Influence of carbohydrate and energy level on growth and body composition of tambacu, a hybrid of tambaqui (*Colossoma macropomum*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture* 124: 129-130.
- Christiansen, D. C. & Klungsoyr, L. 1987. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 88B: 701-711.
- De Silva, S. S. , Deng, D.F., Rajendram, V. 1997. Digestibility in goldfish fed diets with and without chromic oxide and exposed to sub lethal concentrations of cadmium. *Aquac. Nutr.* 3: 109-114.

- Erfanullah & Jafri, A. K. 1998. Effects of dietary carbohydrate-to-lipid on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*) Aquaculture 161: 159-168.
- Figueiredo-Garutti, M. L. Carboidrato como fonte de energia, o efeito do cromo trivalente na dieta e ação da insulina em juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 1996, 65p.
- Fraguito, P. S. Efeito de diferentes níveis de carboidratos e energia bruta sobre o desempenho de produção de alevinos de tambacu, *Colossoma macropomum*, e machos de pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Trabalho de Graduação em Zootecnia – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1991, 67p.
- Furuichi, M. & Yone, Y. 1982. Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 48: 945-948.
- Fynn-Aikins, K., Hung, S.S.O., Hughes S.G. 1993. Effects of feeding a high level of D-glucose on liver function in juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) Fish Physiol. Biochem. 12: 317-325.
- Gallego, M. G., Bazoco, J., Akharbach, H., Suarez, M. D. & Sanz. A. 1994. Utilization of different carbohydrates by the European eel (*Anguilla anguilla*). Aquaculture 124: 99-108.
- Glinzman, W. H. & Mertz, W. 1966. Effects of trivalent chromium on glucose tolerance. Metab. Clin. Exp. 15: 510-520.
- Gonçalves, F. D. Metabolismo energético e desempenho produtivo de juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), submetidos a jejum e realimentação com dietas contendo diferentes níveis de carboidrato e proteína. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aqüicultura da Unesp, Jaboticabal, 2001, 95p.

- Gutierrez, J., Asgard, T., Fabbri, E., Plisetskaya, E. M. 1991. Insulin-receptor binding in skeletal muscle of trout. *Fish. Physiol. Biochem.* 9: 351-360.
- Hemre, G. I., Sandnes, K., Lie, O., Torrissen, O., Waagboe, R. 1995. Carbohydrate nutrition in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: Growth and feed utilization. *Aquac. Res.* 26: 149-154.
- Hernandez, M., Takeuchi, T., Watanabe, T. 1994. Effect of gelatinized corn meal as a carbohydrate source on growth performance, intestinal evacuation, and starch digestion in common carp. *Fish. Sci.* 60: 579-582.
- Hertz, Y., Epstein, N., Abraham, M., Madar, Z., Hopher, B., Gertler, A. 1989. Effects of metformin on plasma insulin, glucose metabolism, and protein synthesis in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* 76: 255-267.
- Hidalgo, M. C., Urea, E., Sanz, A. 1999. Comparative study of digestive enzymes in fish with nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture* 170:267-283.
- Hung, S.S.O., Fynn-Aikins, K., Lutes, P.B., Xu, R. 1989. Ability of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) to utilize different carbohydrates sources. *J. Nutr.* 119: 727-733.
- Jeong, K. S., Takeuchi, T., Okamoto, N., Watanabe, T. 1992. The effect of dietary gelatinized ratios at different dietary energy levels on growth and characteristics of blood in carp fingerlings. *Jap. Soc. Sci. Fish.* 58: 945-951.
- Kim, J. K. & Kaushik, S. J. 1992. Contribution of digestible energy from carbohydrate and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 106: 161-169.
- Maestro, M. A., Planas J. V., Moriyama, S, Gutiérrez, J., Planas, J., Swanson, P. 1997. Ovarian receptors for insulin and insulin-like growth factors and effects of IGF-1 on steroid production by isolated follicular layers of the preovulatory coho salmon ovarian follicle. *Gen. Comp. Endocrinol.* 106: 189-201.

- Menton, D.J. Research considerations into the nutrition of *Colossoma* and *Piaractus* in relation to culture conditions. In: Hernandez R, Editor. Cultivo de *Colossoma*, Guadalupe, Colombia, 1989: 75-84.
- Mertz, W., Toepfer, E. W., Roginsk, E. E., Polansky, M. M. 1974. Present knowledge of the role of chromium. *Fed. Proc.* 33: 2275-2280.
- Mollah, M. F. A. & Alam, M. S. 1990. Effects of different levels of dietary carbohydrate on growth and feed utilization of catfish (*Clarias batrachus* L.) fry. *Indian J. Fish.* 37: 243-249.
- Mommsen, T. P. & Plisetskaya, E. M. 1991. Insulin in fishes and agnathans: history, structure and metabolic regulation. *Rev. Aquac. Sci.* 4: 225-259.
- Morris, B. W., Macneil, S., Stanley, K., Gray, T.A., Fraser, R. 1993. The inter-relationship between insulin and chromium in hyperinsulinaemic euglycaemic clamps in healthy volunteers. *J. Endocrinol.* 139: 339-345.
- Ng, W.K. & Wilson, R. P. 1997. Chromic oxide inclusion in the diet does not affect glucose utilization or chromium retention by channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.* 127: 2357-2362.
- National Research Council. 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academic Press, Washington, D.C., 114p.
- National Research Council. 1997. The role of chromium in animal nutrition. National Academic Press, Washington, D.C., 80p.
- Palmer, T. N. & Ryman, B. E. 1972. Studies of oral glucose intolerance in fish. *J. Fish. Biol.* 4: 311-319.
- Panserat, S., Blin, C., Médale, F., Plagnes-Juan, E., Bréque, J., Krishnamoorthy, J., Kaushik, S. 2000. Molecular cloning tissue distribution and sequence analysis of complete glucokinase cDNA from seabream, trout and common carp. *Bioch. Bioph. Acta* 1474: 61-69.

- Planas, J., Encarnacion, C., Gutierrez, J. 2000. Molecular identification of a glucose transporter fish muscle. *FEBS Letters* 481: 266-270.
- Plisetskaya, E. M. 1990. Recent studies on fish pancreatic hormones: Selected topics. *Zool. Sci.* 7: 335-353.
- Ringo, E. 1993. Does chromic oxide (Cr_2O_3) affect faecal lipid and intestinal flora in Arctic charr, *Salvelinus alpinus*? *Aquac. Fish. Manage.* 24: 767-776.
- Rosebrough, R.W. & Steele, N.C. 1981. Effects of supplemental dietary chromium or nicotinic acid on carbohydrate metabolism during basal starvation and refeeding periods in poult. *Poult. Sci.* 60: 407-417.
- Sadiku, S.O.E. & Jauncey, K. 1995. Digestibility, apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meat meal blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), fingerlings. *Aquac. Res.* 26: 651-657.
- Shiau, S.Y. & Chen, M.J. 1993. Carbohydrate utilization by tilapia *Oreochromis niloticus* X *O. aureus* as influenced different chromium sources. *J. Nutr.* 123: 1747-1753.
- Shiau, S.Y. & Lin, S.F. 1993. Effects of supplemental dietary chromium and vanadium on the utilization of different carbohydrate in tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture* 110: 321-330.
- Shiau, S.Y. & Liang, H. 1995. Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *J. Nutr.* 125: 976-982.
- Shiau, S.Y. & Shy, S.M. 1998. Dietary chromic oxide inclusion level required to maximize glucose utilization in hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. *Aquaculture* 161: 357-364.
- Shimeno, S., Ming, D., Takeda, M. 1993. Metabolic response to dietary carbohydrate to lipid ratios in *Oreochromis niloticus*. *Jap. Soc. Sci. Fish.* 59: 827-833.

- Silva, A. J. Aspectos de alimentação do pacu adulto, *Colossoma mitrei* (Berg, 1985) (Pisces, Characidae), no Pantanal de Mato Grosso. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1985. 92p.
- Silva, S. & Baruselli, M. S. 2001. Os dez mandamentos da suplementação mineral. Agropecuária, Guaíba, 102p.
- Steele, N.C. & Rosenbrough, R.W. 1981. Effect of trivalent chromium on hepatic lipogenesis by the turkey poult. *Poult. Sci.* 60: 617-622.
- Suarez, R.K. & Mommsen, T.P. 1987. Gluconeogenesis in teleost fishes. *Can. J. Zool.*, 65: 1869-1882.
- Tung, P.H. & Shiau, S.Y. 1991. Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, fed different carbohydrate diets. *Aquaculture* 92: 343-350.
- Thorpe, A & Ince, B.W. 1974. The effects of pancreatic hormones, catecholamines and glucose loading on blood metabolites in the northern pike (*Esox lucius* L.). *Gen. Comp. Endocrinol.* 23: 29-44.
- Thorpe, A. & Ince, B.W. 1976. Plasma insulin levels in teleosts determined by a charcoal separation radioimmunoassay technique. *Gen. Comp. Endocrinol.* 30: 332-339.
- Urbinati, E.C., Silva, B.F., Borges, R., Roviero, D.P. Inclusão de cromo e vanádio para melhorar o aproveitamento de carboidrato da dieta do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 10, Recife, 1998, p. 153.
- Vincent, J. B. 2001. The bioinorganic chemistry of chromium (III). *Polyhedron* 20: 1-26.
- Wilson R.P. & Poe, W.E. 1987. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono and disaccharides as energy sources. *J. Nutr.* 117: 280-285.

Wright, J.R. Jr, O'Hali, W., Yang, H., Bonen, A. 1998. GLUT-4 deficiency and severe peripheral resistance to insulin in the teleost fish tilapia. *Gen. Comp. Endocrinol.* 111:20-27.

CAPÍTULO II

SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO NA DIETA,
UTILIZAÇÃO DE CARBOIDRATO E DESEMPENHO
PRODUTIVO DO PACU (*Piaractus mesopotamicus*)

Introdução

O avanço da tecnologia de produção de peixes inclui a preparação de rações com fontes energéticas mais baratas e prontamente disponíveis, que evitam que a proteína seja utilizada como fonte energética e possa ser utilizada para o crescimento (Shiau, 1997). Carboidratos e lipídeos são as principais fontes não protéicas das dietas dos peixes. Comparados aos lipídeos, os carboidratos são baratos e uma fonte de energia prontamente disponível para muitas espécies. Em espécies tropicais, a utilização de carboidratos é considerada alta e sua incorporação na dieta pode trazer efeitos benéficos a sua qualidade e ao crescimento dos peixes (NRC, 1983; Wilson, 1994).

A utilização de carboidratos por peixes cultivados tem despertado grande interesse na pesquisa. Investigações na área de nutrição têm abordado a capacidade de utilização deste nutriente em espécies como Acinpenser transmontanus (Fynn-Aikins et al., 1993), Ictalurus punctatus (Ng & Wilson, 1997), Cyprinus carpio (Hernandez et al., 1994), Anguilla anguilla (Gallego et al., 1994), Oncorhynchus mykiss (Brauge et al., 1995), Salmo salar (Hemre et al., 1995), Oreochromis niloticus (Shimeno et al., 1993) e o híbrido Colossoma macropomum x Piaractus mesopotamicus (Carneiro et al., 1994).

Entretanto, pouco se tem explorado a capacidade de utilização de carboidratos de peixes nativos brasileiros (Carneiro et al., 1994; Figueiredo-Garutti, 1996; Urbinati et al., 1998). O pacu (Piaractus mesopotamicus) é uma espécie, com lugar de destaque na piscicultura nacional, e se apresenta como um interessante modelo para o estudo do metabolismo de carboidratos, visto que sua dieta natural inclui sementes e frutas, itens ricos neste nutriente (Silva, 1985; Menton, 1989).

O enriquecimento de rações com substâncias que possam maximizar o uso dos carboidratos pode ser benéfico para a piscicultura. Uma destas substâncias é o cromo, considerado nutriente essencial para humanos e outras espécies de animais (Anderson, 1987; Mertz, 1993) e cuja adoção como suplemento mineral é indicada (NRC, 1997). O cromo é componente integrante do fator de tolerância à glicose (GTF), uma molécula organometálica que potencializa a ação da insulina (Anderson, 1981) e reduz a intolerância à glicose, hiperglicemia de jejum, glicosúria e hipoglicemia em pacientes humanos (Anderson, 1993).

Entretanto, existem controvérsias quanto à forma química do cromo a ser utilizado e a biodisponibilidade das diferentes fontes deste mineral. Estudos com suínos e aves sugerem que formas inorgânicas de cromo são ineficientes como suplemento na dieta, ao contrário de formas orgânicas (Konegay, 1996), embora pesquisas com tilápia tenham mostrado que a suplementação dietária com óxido de cromo (Shiau & Chen, 1993; Shiau & Liang, 1995; Shiau & Shy, 1998) e cloreto de cromo (Shiau & Lin, 1993) melhoraram o crescimento, a ingestão do alimento e a retenção protéica e de energia, quando a ração continha altos níveis de glicose. Resultados semelhantes foram obtidos com a mesma espécie quando se suplementou dietas ricas em glicose com nicotinato crômico (complexo éster de ácido nicotínico) e picolinato crômico (Pan et al., 2002b), mas não em dietas práticas (Pan et al., 2002a). Também não houve diferença quanto ao efeito da suplementação de picolinato de cromo em tilápias alimentadas com glicose ou dextrina (Pan et al., 2003). O uso de cloreto de cromo em dietas para carpa sugeriu efeito do cromo como poupador de

proteína (Hertz et al., 1989). Em truta arco-íris (Tacon & Beveridge, 1982) e bagre do canal (Ng & Wilson, 1997), a suplementação dietária com cloreto de cromo e óxido de cromo, respectivamente, não afetou o crescimento e a eficiência alimentar dos peixes.

Considerando-se a característica do hábito alimentar frugívoro do pacu, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito da suplementação da dieta com óxido de cromo no metabolismo energético e desempenho produtivo da espécie.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Centro de Aqüicultura da UNESP (CAUNESP), em Jaboticabal, São Paulo. A análise dos nutrientes e composição das dietas foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), do Departamento de Zootecnia, e a de parâmetros metabólicos no Laboratório de Fisiologia de Peixes, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP.

Protocolo Experimental

Juvenis de pacu utilizados no estudo eram provenientes de reprodução induzida e foram fornecidos pelo CAUNESP. Os peixes foram aclimatados a condições laboratoriais durante 30 dias, recebendo ração comercial duas vezes ao dia, até a saciedade aparente. Após a aclimação, os peixes foram pesados e separados em quatro classes de peso ($21,2 \pm 1,87$; $27,8 \pm 1,76$; $34,1 \pm 1,63$; $41,4 \pm 1,83$ g). Duzentos e oitenta e oito peixes foram distribuídos

em 24 caixas de polietileno com capacidade de 100 L com renovação contínua de água e aeração (12 por caixa).

Seis níveis de óxido de cromo (Cr_2O_3) (0, 10, 50, 100, 300 e 1000 mg kg^{-1}) foram incorporados a uma dieta isoprotéica e isoenergética com suplementação mineral e vitamínica (Tabela 1). Para a formulação das rações, os ingredientes foram analisados individualmente quanto à composição de nutrientes. Após o processamento, a composição das rações (A.O.A.C., 1984) e energia bruta (bomba calorimétrica, Parr 1281 Calorimeter) foram analisadas. Para o preparo das dietas experimentais, os ingredientes foram peneirados, misturados e peletizados em grânulos de 2mm de diâmetro e 5 mm de comprimento. As dietas foram estocadas a -20°C até o fornecimento ou análise da composição. Cada dieta, ou tratamento foi oferecida a peixes de quatro caixas (réplicas). A oferta das dietas ocorreu duas vezes ao dia (08:30 e 17:30), até a saciedade aparente do animal, de modo que não houvesse sobras, e o consumo era registrado.

Os parâmetros de qualidade de água monitorados foram: oxigênio (oxímetro digital YSI 55), pH (potenciômetro YSI 63) e amônia (reagente de Nessler) semanalmente e temperatura máxima e mínima diariamente. As caixas eram limpas por sifonagem uma vez por semana.

Trinta dias após início dos tratamentos, foram amostrados quatro peixes por caixa (16 por tratamento) e sessenta dias após, oito peixes por caixa (32 por tratamento). Os peixes eram capturados, anestesiados com benzocaína (50 mg L^{-1}) e o sangue retirado por punção caudal, sendo uma alíquota separada para a análise de glicemia, utilizando Glistab (EDTA fluoretado) para extração do

plasma e o restante do sangue centrifugado a 3000 rpm, durante 10 min, para separação do soro que foi estocado a -20°C para posterior determinação de triglicerídeos (Kit Labtest), proteína total (Kit Labtest) e colesterol (kit Labtest). Em seguida, os animais foram pesados, medidos e abertos para retirada imediata do fígado e gordura visceral, que foram pesados para cálculo de índices hepatossomático (IHS) e índice gorduro-viscerossomático (IGVS).

$$\text{IHS (\%)} = 100 \times [\text{peso do tecido hepático(g) / peso corporal (g)}]$$

$$\text{IGVS (\%)} = 100 \times [\text{peso da gordura visceral (g) / peso corporal (g)}]$$

O fígado foi congelado em gelo seco e estocado à -20°C para dosagem de lipídio total (Bligh & Dyer, 1959) e glicogênio (Moon et al., 1989). Do músculo esquelético, foi retirado um fragmento, na região caudal, para análise de lipídio total.

Os índices calculados para avaliação do desempenho produtivo foram: ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), taxa de eficiência protéica (TEP), taxa de crescimento específico (TCE), consumo alimentar diário relativo (Cons. Rel.) e consumo diário de cromo estimado (Cons. Cr)

$$\text{GP (g)} = (\text{peso corporal final} - \text{peso corporal inicial})$$

$$\text{CA} = \text{alimento fornecido / ganho de peso}$$

$$\text{TEP (\%)} = 100 \times [\text{ganho de peso / proteína bruta consumida}]$$

$$\text{TCE (\% dia}^{-1}\text{)} = 100 \times [(\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}) / \text{período experimental}]$$

$$\text{Cons. Rel. (\% dia}^{-1}\text{)} = 100 \times [(\text{alimento consumido / peso médio dos peixes}) / \text{período experimental}]$$

$$\text{Cons. Cr (mg kg peixe dia}^{-1}\text{)} = (\text{Cons. Rel.} \times (\text{tratamento (mg Cr kg dieta}^{-1}\text{)} / 100)$$

Análise Estatística

O delineamento experimental foi elaborado em blocos casualizados (classes de peso), em esquema fatorial 6X2 (seis níveis de suplementação e 2 tempos de alimentação). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%), no programa estatístico SAS, versão 8.

Resultados

Os parâmetros de qualidade de água durante todo o experimento apresentaram os seguintes valores: oxigênio dissolvido $6,9 \pm 0,28 \text{ mg L}^{-1}$, temperatura média $28,1 \pm 1,84 \text{ }^\circ\text{C}$, pH $7,7 \pm 0,08$ e amônia $0,04 \pm 0,01 \text{ mg L}^{-1}$.

Metabolismo Energético

A concentração de glicose plasmática dos peixes não foi modificada por efeito da suplementação da dieta com óxido de cromo e não houve interação significativa entre Cr_2O_3 e tempo de alimentação (Tabela 2). Também não foram observadas diferenças ($P>0,05$) nos níveis de proteína total entre os tratamentos, embora, após 60 dias de alimentação, os peixes tenham apresentado níveis mais elevados (Tabela 2).

As concentrações de triglicerídeos do soro não diferiram ($P>0,05$) entre os diferentes níveis de Cr_2O_3 , porém as concentrações foram mais altas aos 30 dias de alimentação em relação aos 60 dias (Tabela 2), com exceção da dieta suplementada com 10 mg kg^{-1} de Cr_2O_3 (Figura 1), em que não houve diferenças entre os tempos de alimentação ($P>0,05$). A suplementação da dieta

de pacus com cromo não afetou os teores de colesterol total nos períodos experimentais, entretanto, houve uma diminuição dos níveis deste lipídio aos 60 dias em relação aos 30 dias experimentais, em todos os tratamentos (Tabela 2).

Com relação ao lipídio total hepático, não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) entre os níveis de suplementação, tempo de alimentação, assim como não houve interação entre as dietas e tempo de alimentação (Tabela 3). Não houve diferença significativa nas concentrações de glicogênio hepático, lipídio muscular e índices hepatossomático e gorduro-viscerossomático por efeito do óxido de cromo. Também não foram registradas alterações significativas de glicogênio hepático nos tempos de alimentação. Na segunda amostragem, aos 60 dias, o índice hepatossomático foi inferior ao registrado aos 30 dias ($P<0,05$), enquanto o lipídio muscular e o índice gorduro-viscerossomático indicaram um maior acúmulo de gordura após 60 dias de alimentação (Tabela 3).

Desempenho Produtivo

Os valores de ganho de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência protéica são apresentados na Tabela 4, podendo-se observar que não houve diferença significativa entre os peixes alimentados com as dietas suplementadas com os vários níveis de óxido de cromo ($P>0,05$). A taxa de crescimento específico e o consumo alimentar diário relativo também não diferiram nos peixes dos diferentes tratamentos (Tabela 4). Não houve interação entre os tempos de alimentação e os níveis de suplementação de Cr_2O_3 das dietas. Em relação aos

períodos de alimentação, os peixes apresentaram um melhor desempenho segundo todos os parâmetros analisados aos 30 dias finais de alimentação. A Tabela 5 apresenta o consumo diário estimado de óxido de cromo.

Discussão

Os parâmetros de qualidade de água apresentaram pequenas variações durante todo o experimento, mantendo-se dentro dos intervalos considerados adequados para o desenvolvimento de espécies de peixes tropicais (Boyd, 1990).

Os resultados de desempenho produtivo e metabolismo energético de pacus, alimentados com dietas suplementadas com óxido de cromo, sugerem que o cromo, na forma química utilizada, não afetou a utilização de carboidrato pela espécie. Entretanto, estes resultados discordam dos obtidos em estudos que utilizaram formas inorgânicas de cromo. A suplementação dietária com cloreto de cromo (2 mg Cr kg^{-1}) aumentou o ganho de peso, a quantidade de glicogênio hepático, a retenção de energia e aumentou teor de lipídio corporal em híbridos de tilápia (Oreochromis niloticus x O. aureus) (Shiau & Lin, 1993). Outro estudo relata maior ganho de peso, ingestão de alimento, retenção de proteína e energia e acúmulo de lipídio corporal, além da maior atividade da fosfofrutoquinase, em tilápias alimentadas com dieta suplementada com óxido de cromo (2 mg Cr kg^{-1}), que foi mais efetivo que outras fontes de cromo testadas (Shiau & Chen, 1993). Comparando o efeito de dois níveis de inclusão de óxido de cromo (0,5 e 2%) na utilização e digestibilidade de carboidratos, verificou-se que 0,5% causou um efeito positivo na utilização e digestibilidade

de carboidratos pelo mesmo híbrido de tilápia (Shiau & Liang, 1995). Observou-se, ainda, melhor crescimento, maior eficiência alimentar e protéica em juvenis de tilápia utilizando níveis de suplementação na dieta de óxido de cromo entre 100 e 300 mg kg⁻¹ (Shiau & Shy, 1998).

Figueiredo-Garutti (1996), que observou que a inclusão de 1,5 mg Cr kg⁻¹ de cloreto de cromo em dietas com diferentes níveis de carboidrato, aumentou os estoques de glicogênio hepático e muscular, sem, no entanto, afetar o crescimento e a composição corporal de pacus. Já Urbinati et al. (1998) verificaram que a inclusão de 20 mg Cr kg⁻¹ de óxido de cromo em dieta contendo 50% de carboidratos resultou em maior ganho de peso em pacus criados em tanque de terra, embora o mesmo não tenha ocorrido quando a dieta tinha 35% de carboidrato. No presente estudo, os níveis de carboidrato dietário variaram de 46,4 a 48,9% e os de cromo de 1 a 1000 mg kg⁻¹.

Outros estudos que testaram cromo inorgânico em truta arco-íris e bagre do canal (Tacon & Beveridge, 1982; Ng & Wilson, 1997) obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo. Outrossim, pesquisas com Sparus auratus (Gatta et al., 2001), com o híbrido Oreochromis niloticus x O. aureus (Pan et al., 2003) e com Oncorhynchus mykiss (Bureau et al., 1995) mostraram que não houve efeito significativo da suplementação na dieta com formas orgânicas de cromo no crescimento e metabolismo de carboidratos.

Divergência de resultados entre os vários estudos citados é explicada por Pan et al. (2003) como sendo devido ao sistema de cultivo utilizado. Os estudos que mostraram efeitos significativos da suplementação de cromo (Shiau & Chen, 1993; Shiau & Lin, 1993; Shiau & Liang, 1995; Shiau & Shy, 1998; Pan et al.,

2002b) foram realizados em sistema fechado, com recirculação, o que poderia resultar em bioacumulação do cromo da água nos peixes. Nos outros estudos (Tacon & Beveridge, 1982; Bureau et al., 1995; Ng & Wilson, 1997; Pan et al., 2003), o cromo seria eliminado rapidamente do sistema, pelo fluxo contínuo da água. No presente estudo, embora tenha sido utilizado fluxo contínuo de água, as concentrações de óxido de cromo foram muito superiores às utilizadas nos vários estudos citados, o que poderia sugerir bioacumulação.

O cromo que existe na natureza, principalmente na forma trivalente (Cr^{+3}) parece ser essencial na ativação de algumas enzimas e para estabilizar proteínas e ácidos nucleicos (Borel & Anderson, 1984). Seu papel principal, no entanto, é atuar como cofator, potencializando a ação da insulina, por sua presença numa molécula organometálica conhecida como fator orgânico de tolerância à glicose (Anderson, 1981).

Estudos em seres humanos e animais de laboratório demonstram que a forma na qual o elemento é suplementado é muito importante na resposta ao tratamento, visto que a forma orgânica é mais absorvida que a inorgânica (NRC, 1996). Segundo Mowat (1997), a baixa biodisponibilidade do cromo na forma inorgânica pode estar relacionada com a formação de óxidos de cromo insolúveis, interferência de outros elementos (zinco, ferro e vanádio) e baixa ou nenhuma conversão da forma inorgânica para a orgânica pela falta do ácido nicotínico. Segundo Anderson (1993) a forma química do cromo dietário influi na quantidade de cromo nos tecidos corporais em ratos. Por outro lado, formas inorgânicas de cromo foram pouco absorvidas pelo trato gastrointestinal de suínos e aves (Kornegay, 1996).

A concentração de cromo nos tecidos geralmente é maior nos animais que consomem amido, comparado aos que consomem carboidratos mais simples. O amido pode tornar mais lenta a digestão e a passagem do alimento pelo intestino, exercendo menor potencial osmótico que carboidratos mais simples e absorvendo menos água no intestino, atrasando a passagem do cromo pelo trato gastrintestinal e aumentando sua absorção (Seaborn & Stoecker, 1989). No entanto, Tung & Shiau (1991) e Pan et al. (2003) observaram que a capacidade da tilápia em utilizar carboidratos simples ou complexos é similar. O presente estudo utilizou o amido cru, que é um carboidrato complexo.

A quantidade de cromo presente na dieta também poderia ter afetado a sua absorção. Segundo Anderson & Kozlovsky (1985), a quantidade de cromo absorvido é inversamente relacionada à sua ingestão. A absorção é maior quando um menor nível de suplementação é utilizado na dieta, enquanto aumento deste nível diminui sua assimilação. O consumo de aproximadamente 10 µg de cromo por dia, por pacientes humanos, levou a uma absorção de 2%, enquanto que a ingestão de 40 µg, induziu a absorção de apenas 0,5% do cromo consumido.

Bremer Neto (comunicação pessoal), utilizando óxido de cromo radioativo, administrado via oral em tilápia (Oreochromis niloticus), não detectou traços de radiação em amostras de sangue total, rins, hepato-pâncreas e gordura visceral, concluindo que o ^{51}Cr , na forma de óxido, não foi absorvido pela tilápia.

Conclusão

Com base nos resultados deste estudo, o cromo, na forma química utilizada, não afeta o uso de carboidrato pelo pacu, podendo ser usado como marcador para estudos de digestibilidade.

Referências bibliográficas

- Anderson, R. A., 1981. Nutritional role of chromium. *Sci. Total Environm.* 17, 13-29.
- Anderson R.A., Kozlovsky, A.S., 1985. Chromium intake, absorption and excretion of subjects consuming self-selected diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 41(16), 1177-83.
- Anderson R.A., 1987. Chromium. In: Mertz, W. (Ed.), *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, vol. 1. Academic Press, New York, p. 225.
- Anderson R. A., 1993. Recent advances in the clinical and biochemical effects of chromium deficiency. *Proc. Chin. Biol. Res.* 380, 221-234.
- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). 1984. *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists. 14 ed. Ailington. 937p.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. Rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911-917.
- Borel, J. S., & Anderson, R. A. 1984. Chromium. Pp. 175-199 in *Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements*. E. Frieden, ed. New York: Plenum Press.
- Boyd, C. *Water quality in warmwater fish pond*. Auburn University. Alabama, 1990. 482p.

Brauge, C., Corraze, G. Médale, F., 1995. Effects of dietary levels of carbohydrate and lipid on glucose oxidation and lipogenesis from glucose in rainbow trout, Oncorhynchus mykiss, reared in freshwater or in seawater. Comp. Biochem. Physiol. 111A, 117-124.

Bureau, D.P., J.B. Kirkland, C.Y. Cho., 1995. The effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass yield and blood glucose of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fed two practical diets. ASAS Annual Meeting, 25-28 July 1995, Orlando, Florida. Journal of Animal Science 73 suppl.1: 194.

Christiansen, D. C., Klungsoyr, L., 1987. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. Comp. Biochem. Physiol. 88B, 701-711.

Figueiredo-Garutti, M. L. Carboidrato como fonte de energia, o efeito do cromo trivalente na dieta e ação da insulina em juvenis de pacu, Piaractus mesopotamicus. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 1996, 65p.

Fynn-Aikins, K., Hung, S.S.O., Hughes S.G., 1993. Effects of feeding a high level of D-glucose on liver function in juvenile white sturgeon (Acipenser transmontanus) Fish Physiol. Biochem. 12, 317-325.

Gallego, M.G., Bazoco, J., Akharbach, H., Suarez, M.D., Sanz. A., 1994. Utilization of different carbohydrates by the European eel (Anguilla anguilla). Aquaculture 124, 99-108.

Gatta, P.P., Piva, A., Paolini, M., Testi, S., Bonaldo, A., Antelli, A., 2001. Effects of dietary organic chromium on gilthead sea bream (Sparus aurata L.)

performances and liver microsomal metabolism. *Aquac. Res.* 32 (suppl. 1), 60 – 69.

Hemre, G.I., Sandnes, K., Lie, O., Torrison, O., Waagboe, R., 1995. Carbohydrate nutrition in Atlantic salmon, Salmo salar L.: Growth and feed utilization. *Aquac. Res.* 26, 149-154.

Hernandez, M., Takeuchi, T., Watanabe, T., 1994. Effect of gelatinized corn meal as a carbohydrate source on growth performance, intestinal evacuation, and starch digestion in common carp. *Fish. Sci.* 60, 579-582.

Hertz, Y., Epstein, N., Abraham, M., Madar, Z., Hopher, B., Gertler, A., 1989. Effects of metformin on plasma insulin, glucose metabolism, and protein synthesis in the common carp (Cyprinus carpio L). *Aquaculture* 76, 255-267.

Kaushik, S. J., Luquet, P., Blanc, D., Paba, A., 1989a. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, Acipenser baeri. I. Utilization of digestible carbohydrates by sturgeon. *Aquaculture* 76, 97-107.

Kaushik, S.J., Medale, B., Fauconneau, B., Blanc, D.A., 1989b. Effect of digestible carbohydrates on protein/energy utilization and on glucose metabolism in rainbow trout (Salmo gairdneri R.). *Aquaculture* 79, 63-74.

Kornegay, E. T., 1996. Organic vs inorganic trace minerals for swine: copper, zinc, and chromium. Proceedings of the Canadian Feed Industry Association Eastern Nutrition Conference. Halifax, Nova Scotia, Canada, pp. 65-83. May 15-17.

Menton, D.J. Research considerations into the nutrition of *Colossoma* and *Piaractus* in relation to culture conditions. In: Hernandez R, Editor. *Cultivo de Colossoma*, Guadalupe, Colombia, 1989: 75-84.

- Mertz, W., 1993. Chromium in human nutrition: a review. *J. Nutr.* 123, 626-633.
- Moon, T.W., Foster, G.D., Plisetskaya E.M., 1989. Changes in peptide hormones and liver enzymes in the rainbow trout deprived of food 6 weeks. *Can. J. Zool.* 67, 2189-2193.
- Mowat, D. N. Organic chromium, Chromium Books, 258p., 1997.
- Ng, W.K., Wilson, R.P., 1997. Chromic oxide inclusion in the diet does not affect glucose utilization or chromium retention by channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.* 127, 2357-2362.
- National Research Council. Nutrient Requirements of Domestic Animals: Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Academic Press. Washington, D.C. 1983, 102p.
- National Research Council. Nutrient Requirements of Fish. National Academic Press. Washington, D.C. 1993, 114p.
- National Research Council. Committee on Animal Nutrition. Nutrient Requirement of Beef Cattle, Washington: National Academic Press. 1996.
- National Research Council. The role of chromium in animal nutrition. National Academic Press. Washington, D.C. 1997, 80p.
- Pan, Q., Liu, S., Zheng, C., Bi, Y. Z., 2002a. The effect of chromium nicotinic acid on growth, feed efficiency and tissue composition in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Acta Hydrobiol. Sin.* 26 (2), 197-200.
- Pan, Q., Bi, Y.Z., Yan, X. L., Pu, Y.Y., Zheng, C., 2002b. Effect of organic chromium on carbohydrate utilization in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Acta Hydrobiol. Sin.* 26 (4), 393-399.

- Pan, Q., Liu, S., Tan, Y.G., Bi, Y.Z., 2003. The effect of chromium picolinate on growth and carbohydrate utilization in tilapia, Oreochromis niloticus x O. aureus. *Aquaculture* 225, 421-429.
- Seaborn, C.D., Stoecker, B.J., 1989. Effects of starch, sucrose, fructose and glucose on chromium absorption and tissue concentrations in obese and lean mice. *J. Nutr.* 119, 1444-1451.
- Shiau, S.Y., Chen, M.J., 1993. Carbohydrate utilization by tilapia (Oreochromis niloticus x O. aureus) was influenced by different chromium sources. *J. Nutr.* 123, 1747-1753.
- Shiau, S.Y., Lin, S.F., 1993. Effects of supplemental dietary chromium and vanadium on the utilization of different carbohydrate in tilapia, Oreochromis niloticus x O. aureus. *Aquaculture* 110, 321-330.
- Shiau, S.Y., Liang, H., 1995. Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia, Oreochromis niloticus x O. aureus. *J. Nutr.* 125, 976-982.
- Shiau, S.Y., 1997. Utilization of carbohydrate in warmwater fish – with particular reference to tilapia, Oreochromis niloticus x O. aureus. *Aquaculture* 151, 79-96.
- Shiau, S.Y., Shy, S.M., 1998. Dietary chromic oxide inclusion level required to maximize glucose utilization in hybrid tilapia, Oreochromis niloticus X O. aureus. *Aquaculture* 161, 357-364.
- Shimeno, S., Ming, D., Takeda, M., 1993. Metabolic response to dietary carbohydrate to lipid ratios in Oreochromis niloticus. *Jap. Soc. Sci. Fish.* 59, 827-833.

- Silva, A. J. Aspectos de alimentação do pacu adulto, Colossoma mitrei (Berg, 1985) (Pisces, Characidae), no Pantanal de Mato Grosso. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1985. 92p.
- Tacon, A.G.J., Beveridge, M.M., 1982. Effects of dietary trivalent chromium on rainbow trout. *Nutrition Report International* 25, 49-56.
- Tung, P.H., Shiau, S.Y., 1991. Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia Oreochromis niloticus X O. aureus, fed different carbohydrate diets. *Aquaculture* 92, 343-350.
- Urbinati, E.C., Silva, B.F., Borges, R., Roviero, D.P. Inclusão de cromo e vanádio para melhorar o aproveitamento de carboidrato da dieta do pacu, Piaractus mesopotamicus. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 10, Recife, 1998, p. 153.
- Wilson, R. P., 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture* 124, 67-80.

Tabela 1. Fórmula e composição centesimal analisada das dietas experimentais.

| Ingredientes | Dietas (mg Cr kg ⁻¹) | | | | | |
|--|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 10 | 50 | 100 | 300 | 1000 |
| | % | % | % | % | % | % |
| Farinha de peixe | 4,400 | 4,400 | 4,400 | 4,400 | 4,400 | 4,400 |
| Farelo de soja | 39,500 | 39,500 | 39,500 | 39,500 | 39,500 | 39,500 |
| Milho | 37,350 | 37,350 | 37,350 | 37,350 | 37,350 | 37,350 |
| Farelo de trigo | 14,200 | 14,199 | 14,195 | 14,190 | 14,170 | 14,100 |
| Óleo de soja | 1,750 | 1,750 | 1,750 | 1,750 | 1,750 | 1,750 |
| Minerais e vitaminas ¹ | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Fosfato Bicálcico | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 |
| Óxido de Cromo | 0,000 | 0,001 | 0,005 | 0,010 | 0,030 | 0,100 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Composição centesimal | | | | | | |
| | % | % | % | % | % | % |
| Matéria Seca | 90,9 | 91,1 | 91,0 | 90,8 | 90,7 | 90,9 |
| Proteína Bruta | 26,0 | 26,9 | 26,4 | 26,1 | 26,1 | 25,4 |
| Extrato Etéreo | 5,6 | 4,6 | 5,2 | 6,2 | 5,5 | 4,9 |
| Fibra Bruta | 4,8 | 4,2 | 4,6 | 4,8 | 4,6 | 4,6 |
| Matéria Mineral | 7,0 | 7,1 | 7,2 | 7,3 | 7,1 | 7,1 |
| Carboidratos ² | 47,5 | 48,3 | 47,6 | 46,4 | 47,4 | 48,9 |
| Energia Bruta (kcal kg ⁻¹) | 4.157 | 4.212 | 4.213 | 4.189 | 4.185 | 4.162 |

¹Rovimix Stay C35®: Vit. A (500.000 UI); Vit. D₃ (200.000 UI); Vit. E (5.000); Vit. B₁ (1.500 mg); Vit. B₂ (4.000 mg); Vit B₆ (1.500 mg); Vit. C (350.000 mg); Vit. K₃ (15.000 mg); Ac. Fólico (500 mg); Ác. Pantotênico (4.000 mg); Biotina (50 mg); Cobalto (10 mg); Cobre (500 mg); Ferro (5.000 mg); Inositol (1000 mg); Iodo (50 mg); Manganês (1.500 mg); Nicotinamida (7.000 mg); Selênio (10 mg); Zinco (5.000 mg); B.H.T. (12.500 mg); Colina (40.000 mg); Veículo q.s.p. (1.000 mg).

²Estimado. CHO = MS – PB – EE – FB – MM

Tabela 2. Glicose plasmática, proteína total, triglicerídeos e colesterol séricos de pacus alimentados com óxido de cromo (Cr_2O_3), após 30 e 60 dias de alimentação.

| $^1\text{Cr}_2\text{O}_3$ | Glicose plasmática (mg dL ⁻¹) | | Proteína sérica (g dL ⁻¹) | | Triglicerídeo sérico (mg dL ⁻¹) | | Colesterol sérico (mg dL ⁻¹) | |
|---------------------------|--|-------------|--|-----------|--|-------------|---|-------------|
| | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 |
| 0 | 55,08 ±0,12 | 60,21 ±0,74 | 3,1 ±0,09 | 3,6 ±0,20 | 324,4 ±31,5 | 179,2 ±20,6 | 138,6 ±2,89 | 117,5 ±2,97 |
| 10 | 57,11 ±0,89 | 54,28 ±0,58 | 3,2 ±0,12 | 3,3 ±0,02 | 270,9 ±32,0 | 217,1 ±18,2 | 135,3 ±4,59 | 103,0 ±4,86 |
| 50 | 57,22 ±1,90 | 56,61 ±1,14 | 3,2 ±0,13 | 3,2 ±0,17 | 297,5 ±15,1 | 195,9 ±20,4 | 132,4 ±3,82 | 106,0 ±1,47 |
| 100 | 59,53 ±0,68 | 56,76 ±2,24 | 3,1 ±0,09 | 3,2 ±0,10 | 312,7 ±15,8 | 159,6 ±30,2 | 138,6 ±2,23 | 102,3 ±1,44 |
| 300 | 60,56 ±1,40 | 57,44 ±1,51 | 3,2 ±0,05 | 3,0 ±0,02 | 314,3 ±24,9 | 186,8 ±17,9 | 142,3 ±2,01 | 107,7 ±2,09 |
| 1000 | 56,59 ±1,49 | 55,94 ±0,45 | 3,2 ±0,08 | 3,3 ±0,17 | 308,2 ±39,7 | 196,1 ±37,5 | 138,8 ±3,35 | 113,9 ±2,25 |
| 30 dias | 57,73 ±0,50 a | | 3,2 ±0,03 b | | 304,7 ± 9,93 a | | 137,7 ± 1,17 a | |
| 60 dias | 56,86 ±0,51 a | | 3,3 ±0,05 a | | 189,2 ±8,92 b | | 108,4 ±1,34 b | |
| CV (%) | 4,55 | | 7,10 | | 12,27 | | 4,7 | |

¹ mg kg⁻¹ dieta

Médias ± erro padrão. n= 16.

Letras diferentes indicam diferenças significativas (P<0,05) entre tempos de alimentação.

CV = Coeficiente de variação

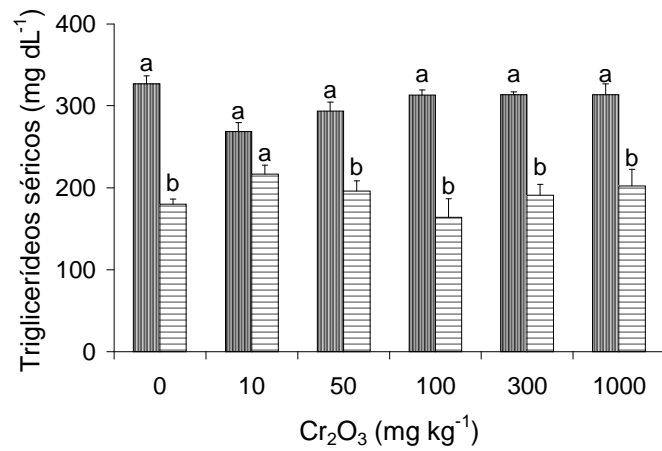


Figura 1. Triglicerídeos séricos após 30 dias (barras com linhas verticais) e 60 dias (barras com linhas horizontais) de alimentação. Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre tempo de alimentação para cada nível de Cr_2O_3 . Barras verticais representam erro padrão da média. $n=16$.

Tabela 3. Glicogênio hepático, lipídio hepático, lipídio muscular, índice hepatossomático (IHS) e índice gorduro-víscerosomático (IGVS) de pacus alimentados com óxido de cromo (Cr_2O_3), após 30 e 60 dias de alimentação.

| ¹ Cr_2O_3 | Glicogênio hepático | | Lipídio hepático | | Lipídio muscular | | IHS | | IGVS | |
|--------------------------------------|---------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|--------------|-----------|-------------|-----------|
| | (%) | | (%) | | (%) | | (%) | | (%) | |
| | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 |
| 0 | 14,8 ±1,25 | 15,3 ±0,78 | 2,23 ±0,18 | 2,30 ±0,24 | 0,51 ±0,03 | 0,60 ±0,02 | 1,5 ±0,06 | 1,1 ±0,04 | 2,2 ±0,04 | 2,9 ±0,20 |
| 10 | 15,0 ±0,98 | 18,4 ±1,94 | 2,08 ±0,15 | 2,12 ±0,08 | 0,59 ±0,06 | 0,59 ±0,03 | 1,5 ±0,10 | 1,1 ±0,04 | 2,2 ±0,13 | 2,5 ±0,19 |
| 50 | 17,4 ±0,83 | 16,9 ±1,46 | 2,03 ±0,09 | 1,94 ±0,23 | 0,57 ±0,02 | 0,65 ±0,03 | 1,5 ±0,07 | 1,1 ±0,07 | 2,0 ±0,13 | 2,2 ±0,29 |
| 100 | 19,6 ±1,37 | 14,6 ±1,69 | 2,01 ±0,04 | 2,23 ±0,08 | 0,55 ±0,03 | 0,56 ±0,01 | 1,4 ±0,05 | 1,0 ±0,07 | 2,3 ±0,21 | 2,2 ±0,05 |
| 300 | 15,0 ±0,63 | 17,4 ±0,78 | 2,24 ±0,08 | 2,11 ±0,14 | 0,49 ±0,02 | 0,60 ±0,06 | 1,4 ±0,13 | 1,0 ±0,14 | 2,1 ±0,20 | 2,3 ±0,24 |
| 1000 | 15,2 ±1,43 | 13,1 ±0,51 | 2,07 ±0,02 | 2,42 ±0,15 | 0,54 ±0,01 | ,60 ±0,04 | 1,4 ±0,06 | 1,1 ±0,11 | 2,2 ±0,12 | 2,4 ±0,20 |
| 30 dias | 16,2 ±0,47 a | | 2,11 ±0,03 a | | 0,54 ±0,01 b | | 1,5 ±0,03 a | | 2,2 ±0,05 b | |
| 60 dias | 16,1 ±0,52 a | | 2,19 ±0,05 a | | 0,60 ±0,01 a | | 1,0 ± 0,02 b | | 2,5 ±0,08 a | |
| CV (%) | 14,22 | | 13,37 | | 13,40 | | 11,4 | | 12,3 | |

¹ mg kg⁻¹ dieta

Médias ± erro padrão. n= 8 para glicogênio hepático, n= 12 para lipídio hepático e muscular e n=16 para IHS e IGVS.

Letras diferentes indicam diferenças significativas (P<0,05) entre tempos de alimentação.

CV = Coeficiente de variação.

Tabela 4. Ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), taxa de eficiência protéica (TEP), taxa de crescimento específico (TCE) e o consumo alimentar diário relativo (Cons. Rel.) de peixes alimentados com óxido de cromo (Cr_2O_3) após 30 e 60 dias de alimentação.

| $^1\text{Cr}_2\text{O}_3$ | GP | | CA | | TEP | | TCE | | Cons. Rel. | |
|---------------------------|----------------|-----------|---------------|-----------|--------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|
| | (g) | | | | (%) | | (% dia ⁻¹) | | (% dia ⁻¹) | |
| | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 | 0-30 | 30-60 |
| 0 | 12,5 ±2,4 | 18,7 ±4,0 | 1,6 ±0,04 | 1,6 ±0,15 | 2,4 ±0,06 | 2,5 ±0,25 | 1,1 ±0,11 | 1,1 ±0,15 | 1,7 ±0,16 | 1,7 ±0,08 |
| 10 | 10,7 ±4,1 | 20,6 ±4,4 | 2,0 ±0,19 | 1,3 ±0,04 | 2,0 ±0,23 | 2,9 ±0,09 | 0,9 ±0,18 | 1,3 ±0,08 | 1,6 ±0,14 | 1,7 ±0,08 |
| 50 | 11,2 ±3,7 | 19,7 ±4,8 | 1,9 ±0,22 | 1,4 ±0,12 | 2,1 ±0,26 | 2,9 ±0,24 | 0,9 ±0,15 | 1,2 ±0,17 | 1,7 ±0,10 | 1,6 ±0,10 |
| 100 | 10,4 ±2,1 | 14,2 ±2,2 | 1,8 ±0,22 | 1,6 ±0,10 | 2,2 ±0,25 | 2,4 ±0,15 | 0,9 ±0,14 | 0,9 ±0,05 | 1,6 ±0,07 | 1,5 ±0,03 |
| 300 | 10,7 ±3,9 | 20,7 ±5,2 | 2,2 ±0,36 | 1,4 ±0,07 | 1,9 ±0,29 | 2,8 ±0,17 | 0,9 ±0,20 | 1,3 ±0,12 | 1,7 ±0,14 | 1,7 ±0,15 |
| 1000 | 11,0 ±3,6 | 22,3 ±7,1 | 2,0 ±0,35 | 1,5 ±0,25 | 2,1 ±0,30 | 2,7 ±0,40 | 0,9 ±0,16 | 1,4 ±0,37 | 1,7 ±0,09 | 1,8 ±0,25 |
| 30 dias | 11,13 ± 1,24 b | | 1,91 ± 0,10 a | | 0,93 ±0,09 b | | 0,93 ±0,06 b | | 1,64 ±0,04 a | |
| 60 dias | 19,44 ± 1,84 a | | 1,46 ±0,05 b | | 1,20 ±0,09 a | | 1,20 ±0,07 a | | 1,65 ± 0,05 a | |
| CV (%) | 39,81 | | 24,60 | | 20,98 | | 33,57 | | 15,33 | |

¹ mg kg⁻¹ dieta

Valores das médias ± erro padrão para tratamentos e período de alimentação dos grupos de peixes (n= 16 aos 30 dias e n= 32 peixes aos 60 dias).

Letras diferentes indicam diferenças significativas (P<0,05) entre tempos de alimentação.

CV = Coeficiente de variação.

Tabela 5. Consumo diário estimado de óxido de cromo (Cr_2O_3), após 30 dias e 60 dias de alimentação.

| Cr_2O_3 (mg kg^{-1} dieta) | Consumo de Cr_2O_3 ($\text{mg kg peixe dia}^{-1}$) | |
|---|---|--------------|
| | 0 - 30 dias | 30 - 60 dias |
| 0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,16 | 0,17 |
| 50 | 0,83 | 0,80 |
| 100 | 1,60 | 1,49 |
| 300 | 5,07 | 5,14 |
| 1000 | 16,73 | 17,90 |

CAPÍTULO III

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerações Finais

A forma usualmente utilizada pela grande maioria das indústrias de suplementos minerais para fornecer microelementos aos animais é a inorgânica, isto é, minerais na forma de sais (que é a apresentação mais comum na natureza), como óxidos, sulfatos e carbonatos. As fontes de microminerais na forma de sais, de modo geral, apresentam baixa absorção, comprometendo a absorção do micromineral. Atualmente, estudam-se novas fontes de microelementos minerais, além dos tradicionais sais inorgânicos encontrados na forma de óxidos, sulfatos e carbonatos. São os quelatos ou complexos minerais orgânicos. No entanto, há poucos dados na literatura sobre os efeitos das diferentes fontes de cromo e sua biodisponibilidade.

No presente estudo verificou-se que o óxido de cromo não afetou o uso de carboidrato pela espécie, podendo ser usado como marcador para estudos de digestibilidade. Contudo, pesquisas sobre a ação de outras formas de cromo no metabolismo do carboidrato se fazem necessárias e oportunas para se concluir que o cromo não exerce o papel de co-fator da insulina no metabolismo de várias espécies de animais, como relatado na literatura.