

BETAÍNA NA ALIMENTAÇÃO DO PACU,
Piaractus mesopotamicus, (HOLMBERG, 1887).


DENISE CERÁVOLO VERRESCHI

51718

MFD. 36507

DENISE CERÁVOLO VERRESCHI

BETAÍNA NA ALIMENTAÇÃO DO PACU, *Piaractus mesopotamicus*,
(HOLMBERG, 1887).



Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de “Mestre” em Nutrição de Monogástricos/Peixes.

Orientadora
Professora Dr^a Priscila Vieira Rosa Logato

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2000

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Verreschi, Denise Cerávolo

Betaina na alimentação do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) /
Denise Cerávolo Verreschi. -- Lavras : UFLA, 2000.

94 p. : il.

Orientadora: Priscila Vieira Rosa Logato.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Betaina. 2. Pacu. 3. Desempenho zootécnico. 4. Carcaça – Característica. 5. Glicemia. 6. Metabolismo lipídico. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-639.375

DENISE CERÁVOLO VERRESCHI

BETAÍNA NA ALIMENTAÇÃO DO PACU, *Piaractus mesopotamicus*,
(HOLMBERG, 1887).

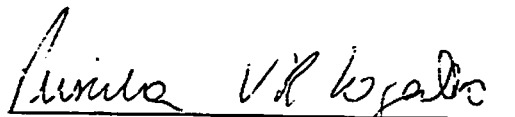
Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Zootecnia, para a
obtenção do título de “Mestre” em Nutrição de
Monogástricos/ Peixes.

APROVADA em 07 de dezembro de 2000.

Pesquisador Dr. Roberto Huet de Salvo Souza Professor Dr. Elias Tadeu Fialho

Professor Dr. Luis David Solis Murgas Pesquisadora MSc. Kátia K. Iseki

Professor Dr. Rilke Tadeu F. Freitas



Professora Dr^a Priscila Vieira Rosa Logato
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Dedico aos meus pais,

*Hygino e Ana Maria,
modelos de vida, amor e
sabedoria.*

Agradecimentos

A Deus por permitir que eu chegasse até aqui, ultrapassando mais esta etapa da vida.

A minha família pelo carinho, esforço e compreensão.

Ao Adriano, pelo amor e paciência.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais CEPTA/IBAMA, por tornar possível a realização deste trabalho.

À Professora Dr^a Priscila Vieira Rosa Logato pela orientação, ensinamentos, compreensão, amizade e dedicação durante todo o curso.

Ao Pesquisador Dr. Roberto Huet de Salvo Souza pela orientação, ensinamentos, apoio, dedicação e exemplo de profissionalismo, sou extremamente grata.

À Pesquisadora MSc. Kátia Kiyomi Iseki, pela orientação, apoio, conselhos, dedicação, exemplo profissional e amizade. Sem o seu apoio teria sido uma tarefa muito difícil.

Ao Professor Dr. Elias Tadeu Fialho pela rica colaboração e ensinamentos.

Ao Professor Dr. Rilke Tadeu Freitas pelo apoio na realização das análises estatísticas.

Ao Gerente do CEPTA, Geraldo Bernardino, pelo apoio.

Ao pesquisador, Dr. José Augusto Senhorini, pelo grande apoio, ensinamentos e sugestões propícias e fundamentais no desenrolar do experimento.

Ao Professor Dr. Gilberto Moraes, pelos ensinamentos e conselhos de grande importância para a realização da pesquisa.

Ao Professor MSc. Raimundo, pelo companheirismo e ensinamentos.

Ao pesquisador, Paulo Bidinotto, por dispor do seu tempo ao me auxiliar e ensinar.

Ao grande amigo e pesquisador, MSc. Luis Inoue, pela colaboração de suma importância.

Ao amigo e pesquisador, Sandro Alves Corrêa, pela colaboração no desenvolver do trabalho.

Ao pesquisador, Dr. Osmar Cantelmo, pelas sugestões e ensinamentos.

Aos pesquisadores, MSc. Luis Cláudio Bock e MSc. Paulo Sérgio Ceccarelli, pelas conversas e conselhos de grande valia para a pesquisa.

Ao amigo, Ricardo Torres, pelo apoio e amizade.

Aos companheiros de trabalho, Donizette e Angélica, pelo auxílio e ensinamentos.

Ao biólogo, Gaspar e a equipe de auxílio de pesquisa do CEPTA: Tim, Manuel, Carlito, Paulinho, Damião e Cavadeira pelo auxílio nas coletas.

Às amigas do coração, que dividiram comigo minhas alegrias, minhas aflições, meu dia-a-dia, por estarem sempre ao meu lado com palavras de força e esperança, Ana Elisa, Ciça, Geisa e Kátia, muito abrigada, vocês fizeram com que o período experimental fosse mais divertido, menos trabalhoso e muito especial.

Às amigas, Cristiane e Silke, pela força prestada nesta reta final. Nunca as esquecerei.

À piscicultora, Márcia, pelo companheirismo, ensinamentos e manufatura da ração.

Aos amigos, Eduardo, Chico e Jorge, pelo auxílio durante o experimento.

Ao Samuel pela boa vontade na realização da liofilização do material analisado, e ensinamentos.

À Elaine, funcionária do Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia, muito abrigada pela paciência e ensinamentos.

Ao Paulo, diretor da De'Vita por ceder a farinha de peixe

A todos os colegas de mestrado, Cristiano, Elaine, Érika, Gisele, José Antônio, Leonardo, Marco Aurélio, Maurício, Mônica, Omer, Romero, Victor, Yasmin, Wilson, Frederico, Gabriel e Jódnes, pela amizade, apoio e agradável convívio.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
Resumo Geral	i
Abstract	ii
Capítulo I	01
1 Introdução	01
2 Referencial teórico	03
2.1 Caracterização da betaina	03
2.1.2 Metabolismo da betaina	04
2.1.2.1 Colina	05
2.1.2.2 Metionina	06
2.1.3 Betaina como doador de grupo metil	08
2.1.3.1 Ação da betaina no metabolismo lipídico	08
2.1.3.2 Ação da betaina na osmorregulação celular	09
2.1.4 Efeito da betaina na alimentação animal	10
2.1.4.1 Betaina na alimentação de aves	10
2.1.4.2 Betaina na alimentação de suínos	11
2.1.4.3 Betaina na alimentação de peixes	11
3 Referências Bibliográficas	13
Capítulo II – Betaina no desempenho zootécnico e característica de carcaça do pacu, <i>Piaractus mesopotamicus</i>.	19
Resumo	21
Abstract	22
1 Introdução	23
2 Referencial teórico	25
3 Material e Métodos	28
3.1 Local, período e instalações	28
3.2 Animais experimentais	29
3.3 Período pré-experimental	30
3.4 Biometria e coleta de amostras	30
3.5 Manejo alimentar	31
3.6 Parâmetros avaliados	32
3.6.1 Parâmetros limnológicos	32
3.6.2 Desempenho zootécnico	33
3.6.3 Avaliação da carcaça	34
3.7 Delineamento experimental	35
4 Resultados e Discussão	36
4.1 Parâmetros limnológicos	36
4.2 Desempenho	37

4.2.1	Peso médio inicial e final, comprimento médio inicial e final, conversão alimentar e ganho de peso médio diário.....	37
4.3	Característica de carcaça.....	39
4.3.1	Teor de matéria seca, proteína e gordura (extrato etéreo) da carcaça.	39
5	Conclusões.....	42
6	Referências bibliográficas.....	43
Capítulo III – Betaína no metabolismo lipídico, glicemia, e hematócrito do pacu, <i>Piaractus mesopotamicus</i>.....		
		49
Resumo.....		
		51
Abstract.....		
		52
1 Introdução		
		53
2 Referencial teórico.....		
		55
3 Material e Métodos.....		
		60
3.1	Condições experimentais.....	60
3.2	Manejo alimentar	61
3.3	Amostragem de sangue.....	61
3.3.1	Determinação do hematócrito.....	62
3.3.2	Determinação da glicose no sangue.....	62
3.3.3	Determinação de triglicérides no sangue.....	63
3.3.4	Determinação do colesterol no sangue.....	65
3.3.5	Determinação das lipoproteínas de alta densidade (HDL) e lipoproteínas de baixa e muito baixa densidade (LDL e VLDL) no sangue.....	66
3.3.6	Determinação do lipídio total no sangue.....	67
3.4	Amostragem de fígado.....	67
3.4.1	Determinação do glicogênio hepático.....	67
3.5	Análise limnológica.....	68
3.6	Delineamento experimental.....	68
4 Resultados e Discussão.....		
		70
4.1	Análise sangüíneas de <i>Piaractus mesopotamicus</i> , submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaína.....	70
4.1.1	Hematócrito de sangue venoso (Htv).....	70
4.1.2	Glicose plasmática de <i>Piaractus mesopotamicus</i> , submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaína.....	71
4.1.3	Triglicérides e lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) no sangue de <i>Piaractus mesopotamicus</i> , submetidos à alimentação contendo diferentes níveis de betaína.....	73

4.1.4 Colesterol, lipoproteínas de alta densidade (HDL) e lipoproteínas de baixa e muito baixa densidade (LDL e VLDL) séricos de <i>Piaractus mesopotamicus</i> , submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaína.....	76
4.1.5 Lipídio total plasmático de <i>Piaractus mesopotamicus</i> , submetidos à alimentação contendo diferentes níveis de betaína.....	81
4.2 Análise do glicogênio hepático de <i>Piaractus mesopotamicus</i> , submetidos à alimentação contendo diferentes níveis de betaína.....	83
5 Conclusões.....	86
6 Referências bibliográficas.....	87
Anexos.....	90

Lista de Tabelas

Capítulo I

Tabela 1. Porcentagem de betaína nos diferentes produtos.....	04
---	----

Capítulo II

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações.....	31
Tabela 2. Composição centesimal e bromatológica das rações utilizadas durante o período experimental.....	32
Tabela 3. Peso (g) médio corporal inicial e final, comprimento (cm) médio total inicial e final, conversão alimentar e ganho de peso médio diário de pacus, <i>Piaractus mesopotamicus</i> de acordo com o tratamento.....	37
Tabela 4. Teor de matéria seca, proteína bruta e gordura (extrato etéreo) de pacu, <i>Piaractus mesopotamicus</i> , após 80 de criação de acordo com o tratamento (% betaína).....	39

Capítulo III

Tabela1. Composição centesimal das rações por tratamento.....	61
Tabela 2. Valores médios do hematócrito (%) de sangue venoso (Htv) de <i>Piaractus mesopotamicus</i> , com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).....	70

Tabela 3. Níveis médios de glicose sangüínea (mg/dl) de <i>Piaractus mesopotamicus</i>, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).....	71
Tabela 4. Níveis médios de triglicérides plasmático (mg/dl) de <i>Piaractus mesopotamicus</i>, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).....	73
Tabela 5. Níveis médios de VLDL (lipoproteínas de muito baixa densidade) plasmático (mg/dl) de <i>Piaractus mesopotamicus</i>, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).....	73
Tabela 6. Níveis médios de colesterol sérico (mg/dl) de <i>Piaractus mesopotamicus</i>, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).....	77
Tabela 7. Níveis médios de lipoproteínas de alta densidade (HDL) no sangue (mg/dl) de <i>Piaractus mesopotamicus</i>, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).....	77
Tabela 8. Níveis médios de lipoproteínas de muito baixa e baixa densidade (VLDL/LDL) no sangue (mg/dl) de <i>Piaractus mesopotamicus</i>, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).....	77
Tabela 9. Relação colesterol / HDL (mg/dl) de <i>Piaractus mesopotamicus</i>, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).....	78
Tabela 10. Níveis médios de lipídio total plasmático de <i>Piaractus mesopotamicus</i>, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).....	81
Tabela 11. Níveis médios de glicogênio hepático de <i>Piaractus mesopotamicus</i>, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína na dieta (0, 2 e 4%).....	83

Lista de Figuras

Capítulo I

- Figura 1. Molécula de Betaína. 03**
Figura 2. Reação: colina, betaína e metionina..... 07

Capítulo II

- Fidura 1. Vista da divisão realizada nos tanques
experimentais. 28**
Figura 2. Exemplar de pacu, *Piaractus mesopotamicus*. 29

Capítulo III

- Figura 1. Vista das caixas experimentais. 60**
Figura 2. Níveis plasmáticos de glicose (mg/ dl) em *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína. 72
Figura 3. Níveis plasmáticos de triglicérides (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína..... 75
Figura 4. Níveis plasmáticos de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína. 76
Figura 5. Níveis séricos de colesterol (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína..... 80
Figura 6. Níveis séricos de lipoproteínas de alta densidade (HDL) (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína. 80
Figura 7. Níveis séricos de lipoproteínas de muito baixa e baixa densidade (VLDL/ LDL) (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína..... 81
Figura 8. Níveis plásmáticos de lipídio total (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína..... 83
Figura 9. Níveis de glicogênio hepático (μ moles de glicosil-glicose/ g tecido) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína. 85

RESUMO GERAL

VERRESCHI, Denise Cerávolo. **Betaina na alimentação do pacu, *Piaractus mesopotamicus*, (HOLMBERG, 1887)**. Lavras: UFLA, 2000 94p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos níveis de betaina na dieta sobre a qualidade de carcaça, desempenho, e parâmetros sanguíneos do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Na avaliação do desempenho e qualidade de carcaça utilizou-se 400 pacus pesando $288g \pm 21,90$, divididos e estocados em 20 parcelas com $32m^2$ de lâmina d'água, alimentados com 5 dietas contendo 0, 1, 2, 3 e 4% de betaina, fornecidas três vezes ao dia durante 80 dias. A cada intervalo de 21 dias realizou-se uma biometria. Ao final do experimento 10% dos exemplares de cada parcela foram sacrificados para a realização de análise química da carcaça. Os resultados foram submetidos a ANOVA e não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Para avaliação do metabolismo lipídico utilizou-se 49 pacus com peso médio igual a $106g \pm 4,59$, distribuídos em 7 caixas com fluxo contínuo de água, alimentados com dietas contendo 0, 2 e 4% de betaina, durante 21 dias. Foram coletadas amostras de sangue e fígado com 0, 10 e 20 dias de alimentação para análise de hematócrito, glicose, colesterol, HDL, VLDL/LDL, triglicérides, VLDL e lipídio total no sangue e glicogênio hepático. Os dados obtidos foram submetidos a ANOVA e os resultados mostraram que a suplementação com betaina em rações de pacu reduziu os níveis séricos de colesterol, HDL, VLDL/ LDL ; aumentou os níveis plasmáticos de triglicérides, VLDL, glicose, lipídios total no plasma e glicogênio no fígado e manteve os valores de hematócrito.

Comitê orientador: Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (Orientadora), Roberto Huet de Salvo Souza – CEPTA, Elias Tadeu Fialho – UFLA, Kátia Kiyomi Iseki – USP, Luis David Solis Murgas –UFLA, Rilke Tadeu Fonseca Freitas – UFLA.

ABSTRACT

VERRESCHI, Denise Cerávolo. **Dietary betaine in pacu nutrition (HOLMBERG, 1887)**. Lavras: UFLA, 2000 94p. (Dissertation – Master in Animal Science).*

The objective of this work was to evaluate the effect of betaine levels on carcass quality, performance and blood parameters of pacu, *Piaractus mesopotamicus*. In order to verify the performance and carcass quality, 400 pacus weighing $288g \pm 21,90$ were utilized. The pacus were divided and stored into 20 parcels with $32m^2$, fed with 5 diets supplemented with 0, 1, 2, 3 and 4% of betain, supplied three times a day during 80 days. The biometry was made each 21 days.. At the end of the experiment, 10% of the fishes of each parcel were slaughtered for the chemical carcass analysis . The performance results shown no significant difference among the treatments tested. To evaluate the lipids metabolism, 49 pacus weighing $106g \pm 4,59$, were distributed into 7 boxes with continuous water flow, fed with diets supplemented with 0, 2 and 4% of betain, during 21 days. Blood and liver samples were collected with 0, 10 and 20 days of feeding period and the analysis of hematocrit, glucose, cholesterol, HDL, VLDL/LDL, triglicerids, VLDL and total lip on blood and hepatic glycogen were performed. The data were submitted to ANOVA and the results shown that the supplementation of betain on pacu's rations reduced the levels of cholesterol, HDL, VLDL/LDL; increase the plasmatic levels of triglicerids, VLDL, glucose, total lipids on plasma and glycogen on the liver, and maintain the hematocrit.

* Guindance committee: Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (Adviser), Roberto Huet de Salvo Souza – CEPTA, Elias Tadeu Fialho – UFLA, Kátia Kiyomi Işeki – USP, Luis David Solis Murgas –UFLA, Rilke Tadeu Fonseca Freitas – UFLA.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A produção animal vem se desenvolvendo ao longo dos anos, acompanhada principalmente, do avanço tecnológico nas áreas de melhoramento genético, manejo, sanidade e nutrição. Cada uma dessas áreas devem estar interligadas ao se tratar de produção, embora sejam independentes em termos de desenvolvimento e pesquisa. A nutrição é uma área em ascensão devido a necessidade crescente em se conhecer as reais exigências nutricionais das espécies de interesse zootécnico, levando a uma modernização das fábricas de ração, utilização de rações balanceadas específicas para cada fase do desenvolvimento animal. O uso desses conhecimentos permite atender não somente a produtores, como as exigências de mercado consumidor. O produtor anseia por melhor produção que envolva aumento no rendimento de carcaça, melhor conversão alimentar, associada a um menor tempo de produção. O mercado consumidor, por outro lado, apresenta-se mais seletivo com alterações no hábito alimentar, buscando alimentos mais saudáveis. Atualmente um dos sinônimos de alimentação mais saudável é o consumo de alimento mais protéico e com menor teor de gordura.

A redução do colesterol ou alteração na relação existente entre os ácidos graxos em produtos de origem animal tem sido o desafio, entre outros, de pesquisadores na área de nutrição. O estudo envolvendo ingredientes lipotrópicos adicionados às rações, são de grande importância para atingir esse objetivo.

A colina é um ingrediente usualmente adicionado a ração, que possui poder lipotrópico, ou seja, atua no metabolismo lipídico, porém, de forma não

muito eficaz, pois metabolicamente necessita ser convertida em betaina. Entretanto, a síntese desta no organismo não é suficiente para atender às necessidades do animal, principalmente sob estresse, o que, possivelmente, pode explicar a melhoria no rendimento produtivo da criação quando suplementados com betaina.

O efeito da utilização desse composto na alimentação animal tem sido demonstrado na prática com as seguintes funções benéficas: - doador de grupo metílico, substituição de colina, substituição de metionina, redução do estresse por desmama, melhora na qualidade de carcaça, palatabilizante e redução do estresse osmótico.

Os estudos sobre a suplementação de betaina para peixes são escassos e demonstram, em sua maioria, seu efeito sobre o desenvolvimento e sobrevivência, não considerando outros parâmetros como a qualidade de carcaça e alterações fisiológicas.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da suplementação de betaina sobre o desempenho, (peso, comprimento, ganho de peso diário e conversão alimentar), característica de carcaça, (teor de proteína, lipídios e matéria seca) e componentes sanguíneos do pacu, *Piaractus mesopotamicus*, criados em sistema intensivo e em condições laboratoriais, respectivamente.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização da betaina

A betaina atua em importantes funções no metabolismo de animais e plantas. É um composto natural, não tóxico e estável, tolerando temperaturas de até 200 °C, permitindo todos os procedimentos de fabricação de rações, incluindo extrusão. Está presente em todos os organismos vivos, em quantidades altamente variáveis. Apenas alguns organismos acumulam betaina em altas concentrações, entre eles, micróbios, invertebrados marinhos e plantas pertencentes à família *Chenopodiaceae* (por exemplo, beterraba – açucareira) (Yancey et al., 1982; Scott, 1986). É formada quimicamente por uma amônia quaternária e três grupos metil ligados ao átomo de nitrogênio de uma molécula de glicina (Figura 1); suas propriedades químicas se devem a sua estrutura bipolar e a seus radicais metil (CH₃) quimicamente reativos, que podem ser doados e participar de reações catalisadas por enzimas.

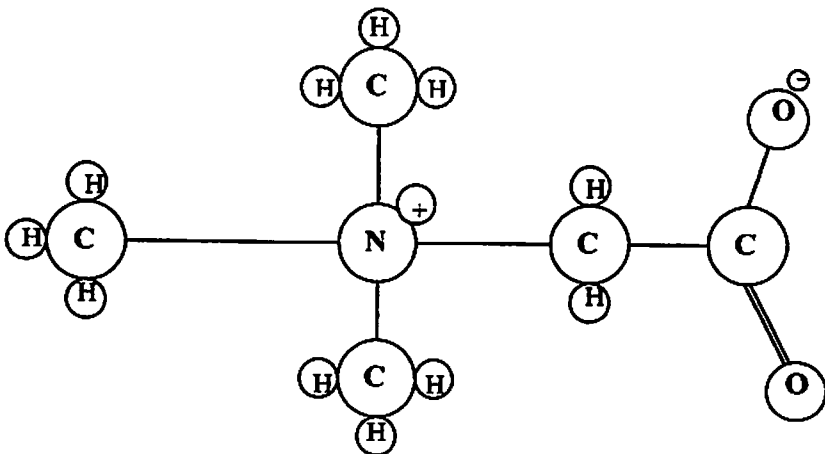


Figura 1 – Molécula de Betaina.

A betaina utilizada na alimentação é produzida pela beterraba – açucareira. Nas fábricas desse produto, as beterrabas são lavadas, cortadas e os componentes solúveis em água são extraídos, formando o caldo-base. Esse caldo é purificado por carbonação, para depois ser concentrado em um caldo mais espesso onde se cristaliza o açúcar. No ponto em que não é mais possível cristalizar o açúcar, obtém-se o melaço, que contém 50% de açúcar e praticamente toda a betaina original, que é separada do açúcar por cromatografia. Os produtos à base de betaina, com utilização na alimentação animal, são classificados como betaina anidra, monohidrato de betaina, hidrocloreto de betaina e líquidos de betaina. Esses produtos diferem quanto à concentração de betaina e presença de impurezas como sais e açúcares. A porcentagem de betaina nos diferentes produtos encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Porcentagem de betaina nos diferentes produtos.

Produto	Porcentagem de betaina
Betaina anidra (100% pura)	100%
Monohidrato de betaina (100% puro)	87,70%
Hidrocloreto de betaina (100% puro)	76,30%
Líquidos de betaina	Variável

2.1.2 Metabolismo da betaina

A betaina é um metabólito da colina que doa grupos metílicos para a metilação da homocisteína, e também atua na fosforilação da colina (Figura 2). A discussão sobre o metabolismo da betaina é incompleta se não se fizer referências à colina e metionina (Kidd, Ferket e Garlich, 1997).

2.1.2.1 Colina

A biossíntese de colina ocorre, normalmente, no organismo dos animais, pela descarboxilação da serina em etanolamina, que é metilada a monometiletanolamina, dimetiletalonamina e finalmente em colina (Islabão, 1987). A metilação ocorre por fosfatidiletanolamina catalisada por fosfatidil – etanolamina – N – metiltransferase (Combs, 1992). No catabolismo da colina no organismo animal, ocorre oxidação de colina a o aldeído betaina, que posteriormente será oxidado em betaina, assim sendo, a colina não pode ser doador de grupo metil sem antes ter sido oxidada a betaina (Scott, 1986; Sheard e Zeisel 1989).

A colina possui três funções metabólicas de grande importância: (1) participação da síntese do neurotransmissor acetilcolina; (2) síntese de fosfatidil colina (lecitina) e outros complexos contendo colina e fosfolípidios; e (3) como doador de grupo metil necessário para a síntese de vários metabólitos metilados (Figura 2).

Parte da acetilcolina atua na transmissão de impulsos nervosos, controlando a frequência cardíaca, movimentação do trato gastrointestinal.

A colina está incorporada à fosfatidilcolina e esfingomielina, fosfolípidios constituintes da membrana celular, que estão incorporados às lipoproteínas do fígado. O efeito da suplementação com colina como promotor de crescimento reflete na necessidade de síntese de membrana, conseqüentemente, na integridade celular e do tecido (Kidd, Ferket e Garlich, 1997).

A colina, como doadora de grupo metil, após oxidação em betaina, promove a síntese de compostos orgânicos, como a carnitina via S-adenosil-metionina; creatina, a partir do ácido guanidino acético; epinefrina pela

metilação da amina da noraepinefrina e metionina a partir de homocisteína (Islabão, 1987).

2.1.2.2 Metionina

A colina é oxidada à betaína pela enzima colina – oxidase. Portanto, a betaína pode poupar metionina, pois doa grupos metil para a regeneração desse aminoácido. Quantitativamente, a metionina pode ser sintetizada ou originária da dieta, sendo utilizada na formação de proteínas. A metionina, junto com adenosina trifosfato (ATP) forma S-adenosil metionina, que é o maior doador de grupos metil. A metionina é formada por homocisteína e betaína no fígado, catalisada pela enzima betaína-homocisteína metiltransferase, resultando também na produção de N,N-dimetilglicina. Nesse processo de metilação, somente os grupos metil da betaína são diretamente eficazes junto à homocisteína. A metionina também pode ser formada por transferência do grupo metil do N⁵- metiltetrahydrofolato e homocisteína, catalisada pela metiltetrahydrofolato-hocisteína metiltransferase, mediante a coenzima metilcobalamina. A metionina é fonte sulfúrica para a biossíntese de cisteína via reação serina/homocisteína que forma cistationina. A reação é catalisada por cistationina gamma-sintetase. A cistationina gamma-sintetase – subsequentemente - produz cisteína livre. Essa série de reações para formar cisteína, via metionina, não são reversíveis, e conseqüentemente, a cisteína não pode ser convertida à metionina (Figura 2). Contudo, compostos como cisteína, colina e betaína podem substituir parte da metionina na dieta (Scott, Nesheim e Young, 1982).

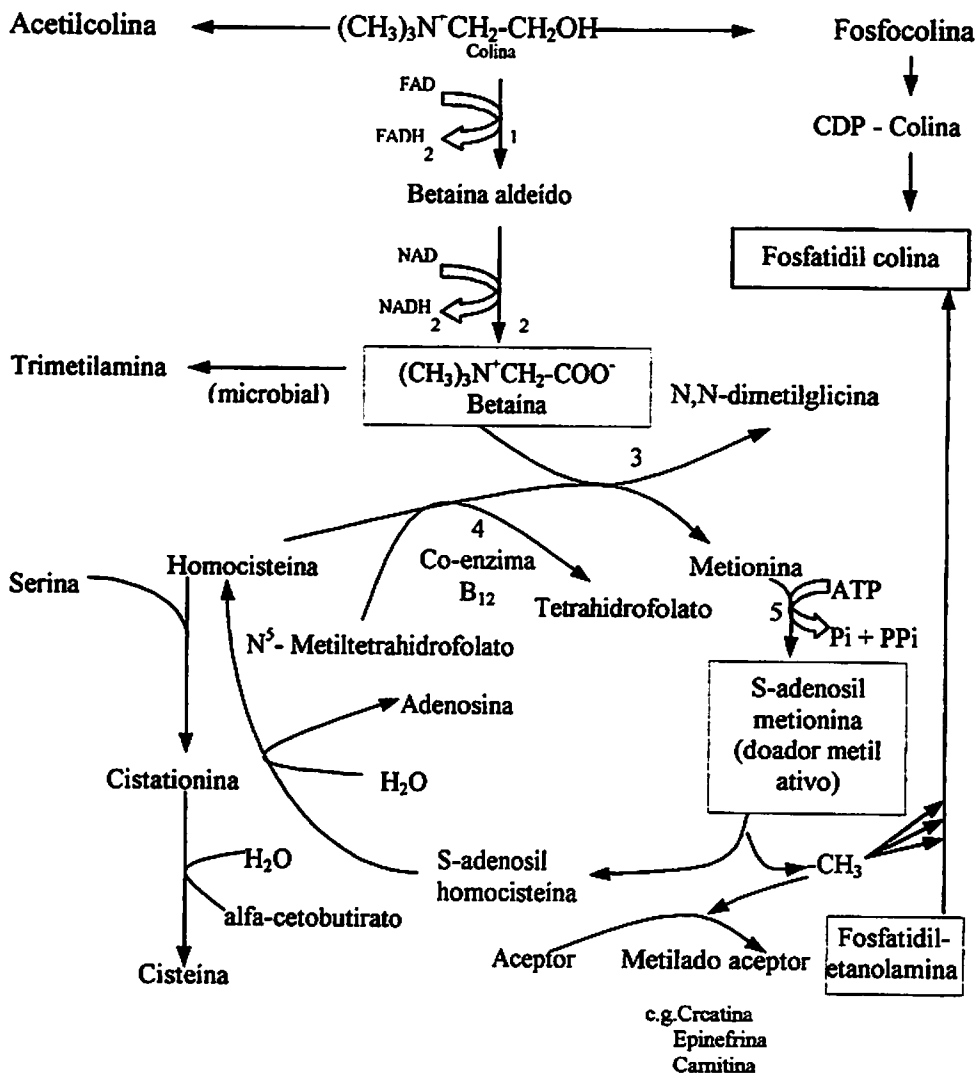


Figura 2. Reação: colina, betaina e metionina. Oxidação da colina pela colina oxidase forma betaina aldeído, que, com ação da betaina aldeído desidrogenase forma betaina. A remetilação de homocisteína à metionina requer betaina. Enzimas incluídas: 1- colina oxidase; 2- betaina aldeído desidrogenase; 3- betaina homocisteína metiltransferase; 4- metiltetrahydrofolato-homocisteína metiltransferase; 5- metionina adenosil transferase.

2.1.3 Betaína como doador de grupo metil

A betaína e o metil-tetrahidrofolato podem servir como doadores de grupo metil para a metilação da homocisteína em metionina, mas não participam diretamente da biossíntese da metilação (Stryer, 1988). Tanto a betaína como o 5-metiltetrahidrofolato doam grupo metil à homocisteína para produzir metionina e, ao mesmo tempo, produzir N,N-dimetilglicina e tetrahidrofolato, que irão sofrer ação da betaína – homocisteína metiltransferase e metiltetrahidrofolato-homocisteína metiltransferase, respectivamente (Combs, 1992). A S-adenosil metionina (doador ativo de metil) transfere o grupo metil ao acceptor para a síntese de compostos, como a creatina, fosfatidilcolina e epinefrina (Stryer, 1988). A colina, liberada pela fosfatidilcolina, pode ser oxidada à betaína (Figura 2). Observações em mamíferos mostraram que dietas contendo baixo teor de metionina, e deficiente em betaína, podem resultar em incapacidade de regeneração de metionina pela homocisteína devido à limitação da reação pela 5-metiltetrahidrofolato-homocisteína metiltransferase (Finkelstein et al., 1982; Barak e Tuma, 1983).

2.1.3.1 Ação da betaína no metabolismo lipídico

As reações de metilação são de grande importância no metabolismo lipídico. Geralmente fontes de grupo metil induzem à mobilização de lipídios no fígado.

A betaína contribui indiretamente com seus grupos metil para a síntese de carnitina, via S-adenosil-metionina (Figura 2). A carnitina é necessária para o transporte de ácidos graxos, de cadeia longa, pela membrana mitocondrial; a quantidade inadequada de carnitina causada pela deficiência em grupos metil interfere na oxidação dos ácidos graxos (Stryer, 1988).

A betaina estimula a mobilização de lipídios do fígado e influi no nível de lipoproteínas no sangue (Turpin 1985; Barak et al., 1993), aumentando os teores de lipoproteínas de alta densidade (HDL), mostrando-se eficaz no transporte de lipídios em seres humanos, reduzindo o nível de colesterol (Turpin 1985).

A deficiência em colina resultou em síndrome do fígado gorduroso em ratos e frangos (Lombardi, Pani e Schlunk, 1968) e em aves de postura (Schexnaider e Griffith, 1973; Wolford e Polin, 1975). O efeito de mobilização de lipídios no fígado, induzidos por fontes de metil, foi demonstrado em ratas alimentadas com dietas altas em colesterol, suplementadas com betaina (Sugiyama, Akai e Muramatsu, 1986). A suplementação com betaina na dieta protegeu de forma eficaz as ratas da síndrome do fígado gorduroso, induzido experimentalmente, gerando S-adenosil-metionina (Barak et al., 1993).

2.1.3.2 Ação da betaina na osmorregulação celular

Uma das funções básicas da betaina em plantas e microrganismos é a sua propriedade de aumentar a resistência osmótica das células sob estresse, provocado pela seca ou alta salinidade, evitando perda de água e substituindo os sais inorgânicos. A betaina é altamente compatível com enzimas, e, conseqüentemente, grandes concentrações de betaina podem ser mantidas nas células sem provocar efeitos adversos sobre a atividade metabólica (McCue e Hanson, 1990), além disso, a betaina estimula a atividade macromolecular, aumentando a temperatura e tolerância iônica de enzimas e membranas (Nash, Paleg e Wiskich, 1982; Yancey et al., 1982; Rudolph, Crowe e Crowe, 1986).

A propriedade osmoprotetora da betaina vem sendo demonstrada em várias formas de vida, incluindo bactérias (Chambers e Kunin, 1987), plantas (Yancey et al., 1982) e animais (Law e Burg, 1991).

A betaina é introduzida ativamente nas células, onde substitui o potássio intracelular e mantém o balanço de água, ao aumentar a resistência osmótica, além de proteger a função macromolar das trocas iônicas e de temperatura, neutralizando o efeito desestabilizador da uréia (Yancey et al., 1982). Em mamíferos, a função osmótica da betaina é conhecida pelo seu acúmulo na células medulares renais, ajudando a tolerar o estresse osmótico relacionado com a produção de urina hiperosmótica (Bagnasco et al., 1986), frequentemente acompanhadas de diarreia, reduzindo o estresse animal em casos de desmame ou coccidiose em aves.

A mitocôndria do fígado do salmão, exposta a estresse osmótico, mostra uma absorção ativa de betaina, e sua atividade metabólica sofre menor redução quando há presença de betaina. A suplementação com betaina na alimentação de salmões alivia o estresse osmótico produzido no momento da “smoltificação” (transferência para o mar).

2.1.4 Efeitos da betaina na alimentação animal

A betaina reduz e/ou redistribui a gordura da carcaça em numerosas espécies animais, entre elas, frangos (Saunderson e McKinlay, 1990; McNaughton, 1992), peixes (Virtanen, Junnila e Soivio, 1989), e suínos (Virtanen e Campebell, 1994).

2.1.4.1 Betaina na alimentação de aves

Saunderson e MacKinlay (1990) obtiveram uma diminuição significativa da gordura na carcaça dos frangos, quando parte colina (1270 mg/kg) foi substituída por 600 mg/kg betaina na dieta. Ensaios com rações à

base de milho e soja mostram que a betaina promove uma maior redução da gordura abdominal nos frangos de corte do que a metionina.

A betaina, assim como as outras fontes de grupos metil, é conhecida pela sua atividade lipotrófica (Bedford et al., 1988). O uso de betaina na dieta (600mg/kg) tem demonstrado reduzir, significativamente, a gordura da carcaça dos frangos (Saunderson e Mac Kinlay, 1990), reduzindo também o número de lipoproteínas de densidade muito baixa (VLDL), promovendo um efeito positivo na redução da gordura da carcaça dos frangos (Whitehead e McCormack, 1993).

Stekol et al. (1953), reportaram que, em frangos, a betaina doa metil à homocisteína para metilação, de uma forma três vezes mais eficaz do que a colina, e Tyler (1977), demonstrou que ionóforos podem reduzir ainda mais a eficácia da colina como doador de grupo metil.

2.1.4.2 Betaína na alimentação de suínos

A betaina reduz a espessura da gordura dorsal na P2 (ponto localizado a 6,5 cm da linha dorsal, ao nível da última costela) em suínos mais pesados (Virtanen e Campbell, 1994).

Zabaras-Krick (1997), verificou que a betaina não apenas reduz a espessura da gordura dorsal mensurada na P2, como também reduz a variação desses valores, resultando em lotes de suínos mais homogêneos.

2.1.4.3 Betaína na alimentação de peixes

A suplementação de betaina vem sendo muito utilizada na alimentação de Chinook salmon, *Salmo solar*, *Oncorhynchus mykiss*, *Callorhincus milli*, para aliviar o estresse osmótico produzido no momento da sua transferência da água

doce para a água do mar (Bedford et al., 1988; Virtanen et al., 1989; Ucher, Talbot e Eddy, 1991; Virtanen et al., 1994; Clarke et al., 1994).

Koskela, Pirhonem e Virtanan (1993), concluíram em seus estudos com truta arco – íris, *Oncorhynchus mykiss*, que há uma resposta positiva em relação ao consumo, quando esses peixes foram alimentados com rações contendo betaina, e que há uma preferência por rações contendo esse composto.

A betaina é geralmente usada como atraente alimentar para peixes, e pode ser utilizada como palatilizantes em dietas para salmão, *Oncorhynchus tshawytscha* (Hughes , 1993), *Solea solea* (Mackie e Mitchell, 1982), *Salmo gairdneri* (Marui et al., 1983), *Anguilla anguilla*L. (Mackie e Mitchell, 1983) e *Chrysophrys major* e *Mugil cephalus* (Goh e Tamura, 1980).

Muona e Virtanen (1993), verificaram que não existe efeito da betaina sobre o conteúdo protéico do plasma de Salmão do Atlântico, *Salmo salar* L.

O uso de betaina na dieta aumenta significativamente o crescimento do salmão, *Oncorhynchus tshawytscha*, durante sua fase em água salgada, além de reduzir o teor de Na no plasma (Clarke et al., 1994).

Os estudos utilizando betaina na alimentação de peixes destacam o efeito desse composto sobre o desempenho de espécies piscívoras de clima frio. No entanto não há estudos sobre seu efeito em espécies tropicais e nativas do Brasil. Pesquisas utilizando este composto na alimentação de peixes brasileiros são necessárias para avaliar seu efeito e, possivelmente, contribuir com o avanço da piscicultura nacional.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGNASCO, S.; BALABAN, R.; FALES, H.; YANG, Y.M.; BURG, M. Predominantly osmotically active organic solutes in rat and rabbit renal medullas. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.261, n.13, p.5872-5877, May 1986.
- BARAK, A.J.; BECKENHAUER, H.C.; JUNILLA, M.; TUMA, D.J. Dietary betaine promotes generation of hepatic S-adenosilmethionine and protects the liver from ethanol-induced fatty infiltration. **Clinical and Experimental Research**, New York, v.17, n.3, p.552-555, 1993.
- BARAK, A.J.; TUMA, D.J. Betaine, metabolic by-product or vital methylating agent? **Life Sciences**, Oxford, v.32, p.771-774, 1983.
- BEDFORD, J.J.; HARPER, J.L.; LEADE, J.P.; YANCEY, P.H.; SMITH, R.A.J. Betaine in the principal counteracting osmolyte in tissues of the elephant fish *Callorhicus milii* (Elasmobranchii, Holocephali). **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v.119, p.521-526, 1988.
- CHAMBERS, S.T.; KUNIN, C.M. The osmoprotective activity for *Escherichia coli* in mammalian renal inner medulla and urine. **Journal of Clinical Investigation**, New York, v.80, p.1255-1260, 1987.
- CLARKE, W.C.; VIRTANEN, E.; BLACKBURN, J. and HIGGS, D.A. Effects of a dietary betaine/ amino acid additive on growth and seawater adaptation in yearling chinook salmon. **Aquaculture**, Amsterdam, v.121, p.137-145, 1994.
- COMBS, G.F. The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health. **Quasi-Vitamins**. New York: Academic Press, 1992. P.393-431.
- FINKELSTEIN, J.D.; MARTIN, J.J.; HARRIS, B.J.; KYLE, W.E. Regulation of hepatic betaine-homocysteine methyltransferase by dietary methionine. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, San Diego, v.108, p.5-14, 1982.

- GOH, Y.; TAMURA, T. Olfactory and gustatory responses to amino acids in two marine teleostes – red sea bream and mullet. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v.66, p.217-224, 1980.
- HUGHES, S.G. Single- feeding response of chinook salmon fry to potencial feed intake modifiers. **Progressive Fish Culturist**, Bethesda, v.55, p.40-42, 1993.
- ISLABÃO, N. **Vitaminas – Seu metabolismo no homem e nos animais domésticos**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1987.
- KIDD, M.T.; FERKET, P.R.; GARLICH, J.D. Nutricional and osmorregulatory functions of betaine. **World's Poultry Science Journal**, Wageningen, v.53, n.2, p.125-139, June 1997.
- KOSKELA, J.; PIRHONEM, J.; VIRTANEN, E. Effect of attractants on feed choice of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Fish Nutrition in Practice INRA**, Paris, p.419-427, 1993
- LAW, R.O.; BURG, M.B. The role of organic osmolytes in the regulation of mammalian cell. **Advances in comparative and environmental physiology**. New York: Springer – Verlag, 1991. v.9, p.189-225.
- LOMBARDI, B.; PANI, P.; SCHLUNK, F.F. Choline- defficiency fatty liver: impaired release of hepatic triglicerids. **Jouranal of Lipid Research**, Bethesda, v.9, p.437-446, 1968.
- MCCUE, K.; HANSON, A. Drought and salt tolerance: towards understanding and application. **Trends in Biotechnology**, Oxford, v.8, p. 358-362, 1990.
- MCNAUGHTON, J.L. **Biological availability of betaine for the replacementof methionine for growing broiler chickens**. Report of Parc Institute, Maryland, USA, 1992. p.84. Report of Parc Institute.
- MARUI, T.; EVANS, R.E.; ZIELINSKI, B.; HARA, T.J. Gustatory response of the rainbbow trout (*Salmo gairdneri*) palate to amino acids and derivatives. **Journal of Comparative Physiology**, Berlin, v.153, p. 423-433, 1983.
- MACKIE, M.A.; MITCHELL, A.I. Further studies on the chemical control of feeding behaviour in the dover sole, *Solea solea*. **Comparative Biochemistry Physiology**, Oxford, v.73, p. 89-93, 1982.

- MACKIE, M.A.; MITCHELL, A.I. Studies on the chemical nature of feeding stimulants for the juvenile European eel, *Anguilla anguilla* L. **Journal of Fish Biology**, London, v.22, p.425-430, 1983.
- MUONA, M.; VIRTANEN, E. Effect of dimethylglycine and trimethylglycine (Betaine) on response of Atlantic Salmon (*Salmo solar* L.) smolts to experimental *Vibrio anuillarum* infection. **Fish and Shellfish Immunology**, London, v.3, n.6, p.439-449, 1993.
- NASH, D.; PALEG, L.G.; WISKICH, J.T. Effect of proline, betaine and some other solutes on the heat stability of mitochondrial enzymes. **Australia Journal Plant Physiol**, Melbourne, v.9, p.47-57, 1982.
- RUDOLPH, A.S.; CROWE, J.H.; CROWE, L.M. Effects of three stabilizing agents—proline, betaine, and trehalose- on membrane phospholipids. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, San Diego, v.245, n.1, p.134-143, 1986.
- SAUDENDERSON, C.L.; MCKINLAY, J. Changers in body-weight, composition and hepatic enzyme activities in response to dietary methionine, betaine and choline levels in growing chicks. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.63, n.2, p.339-349, Sept. 1990.
- SCOTT, M.L. **Nutrition of humans and selected animal species**. New York: John Wiley and Sons, 1986. p.537.
- SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. **The vitamins: Nutrition of the chicken**. Ithaca, New York: M.L. Scott and Associates, 1982. p.119-276.
- SHEARD, N.F.; ZEISEL, S.H. Choline: a essential nutrient? **Nutrition**, New York, v.5, p. 1-5, 1989.
- SCHEXNAILDER, R.; GRIFFITH, M. Liver fat and egg production of laying hens influenced by choline and other nutrients. **Poultry Science**, Champaign, v.52, n.3, p.1188-1194, May 1973.
- STEKOL, J.A.; HSU, P.T.; WEISS, S.; SMITH, P. Labile methyl group and it synthesis *de novo* in relation to growth in chicks. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.203, n.2, p.763-773, Aug. 1953.
- STRYER, L. **Biosynthesis of amino acids and heme**. **Biochemistry**. 3th ed. New York: W.H. Freeman and Company, 1988. p.575-626.

- SUGIYAMA, K.; AKAI, H.; MURAMATSU, K. Effects of methionine and related compounds on plasma cholesterol level in rats fed high cholesterol diet. **Journal Nutrition Science Vitaminology**, Tokyo, v.32, p.537-549, 1986.
- TURPIN, G. A double blind study of the effectiveness of Beaufour betaine citrate ampullas in the treatment of type IV hyperlipidaemias. (In French) Étude en double aveugle de l'efficacité du citrate de bétaïne beaufour ampoules dans le traitement des hyperlipidémies de type IV. **Sem Hôp Paris**, Paris, v.61, n.3, p.2429-2434, 1985.
- TYLER, D.D. Transport and oxidation of choline by liver mitochondria. **Biochemical Journal**, London, v.166, n.3, p.571-581, Sept. 1977.
- USHER, M.L.; TALBOT, C.; EDDY, F.B. Effects of transfer to seawater on growth and feeding in Atlantic salmon smolts (*Salmo solar* L.). **Aquaculture**, Amsterdam, v.94, p. 309-326, 1991.
- VIRTANEN, E.; CAMPBELL, R. Reduzierung der rüchenspeckdicke durch einsatz von betain bei mastschweinen. (Reduction on backfat thickness through betaine supplementation of diets for fattening pigs). **Handbuch der tierischen Veredlung**. Osnabruek, Deutschland: Verlag H. Kamlage, 1994. v.19, p.145-150.
- VIRTANEN, E.; HOLE, R.; RESINK, J.W.; SLINNING, K-E.; JUNNILA, M. Betaine/amino acid additive enhances the seawater performance of trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed standard fish-meal-based diets. **Abstracts/Aquaculture**, Amsterdam, v.124, p.219-222, 1994.
- VIRTANEN, E.; JUNNILA, M.; SOIVIO, A. Effects of food containing betaine/amino acid additive on the osmotic adaptation of young Atlantic Salmon, *Salmo solar* L. **Aquaculture**, Amsterdam, v.83, p.109-122, 1989.
- WHITEHEAD, C.C.; MCCORMACK, H.A. Responses in growth and lipid metabolism in broilers to dietary methionine, betaine and choline. **Research Report**, 1993.
- WOLFORD, J.H.; POLIN, D. Effect of inositol lecithin vitamins (B12 with choline and E), and iodinated casein on induced fatty liver -hemorrhagic

syndrome in laying chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.54, n.4, p.981-991, July 1975.

YANCEY, P.H.; CLARCK, N.E.; HAND, S.C.; BOWLUS, R.D.; SOMERO, G.N. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. **Science**, London, v.217, n.4566, p.1214-1222, Sept. 1982.

ZABARAS-KRICK, B. Betaine improves energy utilisation. **International Pig Topics**, New Humberside, v.12, n.5, p.12-14, 1997

CAPÍTULO II

BETAÍNA NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E CARACTERÍSTICA DE CARÇAÇA DO PACU, *Piaractus mesopotamicus*.

RESUMO

VERRESCHI, Denise Cerávolo. **Betaína no desempenho e qualidade de carcaça do Pacu, *Piaractus mesopotamicus***. Lavras: UFLA, 2000. 94p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia).*

O pacu, *Piaractus mesopotamicus*, é um peixe de água doce de grande importância para a aquicultura brasileira e apresenta como fator negativo a tendência a acumular gordura na carcaça. A betaína tem sido utilizada com sucesso na alimentação animal reduzindo e/ou redistribuindo a gordura corporal formando lotes mais homogêneos e melhorando a qualidade da carne para o consumo humano. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito da betaína no desempenho e qualidade de carcaça do pacu. Utilizou-se 400 pacus pesando $288,40g \pm 21,90$, divididos e estocados em 20 parcelas com $32m^2$ de lâmina d'água e 1,5m de profundidade. Foram utilizados 5 dietas experimentais contendo 0, 1, 2, 3 e 4% de betaína, fornecidas três vezes ao dia durante 80 dias. A cada 21 dia realizou-se uma biometria e ao final do experimento 10% dos exemplares de cada parcela foram abatidos para a realização de análise química da carcaça. Os resultados de peso, comprimento, conversão alimentar, teor de proteína, lipídio e matéria seca foram submetidos a ANOVA e não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes níveis de betaína testados. Concluiu-se que a inclusão de betaína até 4% na ração do pacu não influenciaram o desempenho e qualidade de carcaça.

* Comitê orientador: Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (Orientadora), Roberto Huet de Salvo Souza – CEPTA, Elias Tadeu Fialho – UFLA, Kátia Kiyomi Iseki – USP, Luis David Sois Murgas – UFLA, Rilke Tadeu Fonseca Freitas – UFLA.

ABSTRACT

VERRESCHI, Denise Cerávolo. **Betaine on growth performance, carcass quality of Pacu, *Piaractus mesopotamicus***. Lavras: UFLA, 2000. 94p. (Dissertation – Master in Animal Science).

Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, is a fresh water fish of great importance for Brazilian aquaculture and has as a negative factor the tendency to accumulate fat on the carcass. The betaine has been used with success on animal feeding to reduce and/or redistribute the corporal fat, forming more homogeneous groups and improving the quality of fish meat for human consumption. The objective of this experiment was to evaluate the betaine effect on performance and quality of pacu's carcass. Four hundred pacus were used weighing $288,40g \pm 21,90$, divided and stored into 20 parcels with $32 m^2$ and 1.5 m deep. Five experimental diets were used, with 0, 1, 2, 3 and 4% of betaine supplementation in pacu's diets, they were supplied three times a day during 80 days. The biometry were made in intervals of three weeks and at the end of the experiment, 10% of the fishes of each parcel were slaughtered for chemical analysis on the carcass. The results of weight, length, feed conversion, protein content, lipids content and dry matter content were submitted to ANOVA. and the results shown any significant difference among the different levels of betaine tested. It was concluded that the supplementation of betaine until 4% on pacu's diets does not affect on the performance and quality of pacu's carcass.

* Guidance committee: Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (Adviser), Roberto Huet de Salvo Souza – CEPTA, Elias Tadeu Fialho – UFLA, Kátia Kiyomi Iseki – USP, Luis David Sois Murgas – UFLA, Rilke Tadeu Fonseca Freitas – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura está associada à pesca e se desenvolveu recebendo grande influência desta atividade, estabelecendo, assim, uma cadeia produtiva não muito definida, quase toda baseada na cadeia produtiva pesqueira. Essa situação se alterou na década de 80, quando a piscicultura iniciou seu próprio segmento. O desenvolvimento dessa atividade no Brasil é decorrente, não apenas dos avanços tecnológicos, como também pelo aparecimento da pesca esportiva de água doce, que surgiu, com grande intensidade, tomando-se importante alternativa de escoamento da produção, impulsionando a aquicultura em vários estados do país.

Um fato importante que alia-se a essa situação, é a tendência natural de elevação do consumo de pescado, acompanhando os programas de saúde, as necessidades e o sedentarismo compulsório da vida moderna. Atualmente as exigências nutricionais demandam alimentos com baixo teor de gorduras saturadas e com valor biológico elevado. A carne de pescado é mais digestível que a de mamíferos por apresentar cinco vezes menos tecido conjuntivo e, em média, um terço da gordura dos mamíferos, 26% de proteína, a presença de todos os aminoácidos (1 a 5 mg de aminoácidos livres/ g de proteína), alto teor de vitaminas do complexo B e é excelente fonte de cálcio e fósforo. Os indicadores de qualidade, potencial de produtividade e expectativa de demanda apontam a piscicultura como a atividade agrícola do futuro.

A distribuição espacial e a produtividade de várias espécies de peixes são relativas ao seu ponto ótimo de crescimento, e condicionadas principalmente pela disponibilidade e qualidade de alimento e água. A alimentação é um dos pontos críticos na criação de peixes, correspondendo a mais de 50% dos custos de produção. O aumento na eficiência alimentar e a redução no impacto poluente

do alimento resultam em redução do custo de produção. Além de poder minimizar os custos, é possível também melhorar determinadas características de carcaça indesejáveis ao consumo que podem provocar baixa aceitação de mercado.

O pacu, *Piaractus mesopotamicus*, é uma espécie de grande importância para a piscicultura brasileira. É uma espécie rústica, de fácil adaptação a alimentação artificial, reproduz em cativeiro, através de desova induzida, é muito apreciado por praticantes de pesca esportiva e sua carne é bastante saborosa. Contudo, apresenta tendência a acumular gordura na musculatura da região ventral, sendo esse um fator que afeta, de forma negativa, sua aceitação pelo mercado consumidor.

A presença de alguns ingredientes na ração podem modificar essas características indesejáveis. A betaina é um composto natural que, entre outras funções, atua no metabolismo lipídico. É produzida pelo próprio organismo animal, porém em pequena quantidade. O efeito da adição de betaina na dieta animal vem demonstrando reduzir a gordura na carcaça de frangos e suínos, bem como a mortalidade por estresse osmótico em alguns salmonídeos.

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho e característica química da carcaça de pacus em crescimento, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de betaina.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A espécie *Piaractus mesopotamicus* – (Holmberg, 1887) conhecida popularmente como pacu encontra-se naturalmente distribuída na América do Sul, sendo considerada “moradora habitual de grandes águas” (Godoy, 1975). É um peixe reofilico, pertencente a família *Characidae*, apresenta corpo orbicular coberto de escamas de cores acizentada, mais intensa na região dorsal, e amarelada, mais acentuada na região ventral. Os indivíduos mais jovens apresentam tons violáceos a sua coloração. É uma espécie rústica, relativamente resistente ao frio e de crescimento lento, normalmente não ultrapassa 1,0 kg em seu primeiro ano de vida (Proença e Bittencourt, 1994). Possui hábito alimentar onívoro (Bernardino e Ferrari, 1989; Ostrensky e Boeger, 1998), sendo considerado por alguns pesquisadores de hábito alimentar, na natureza, preferencialmente herbívoro/ frugívoro (Pereira, 1976), sendo um dos itens mais importantes da dieta, os frutos (Kubtiza, 1998). Aceita alimentação artificial, como ração e, dificilmente, ultrapassa 10 Kg quando criado em cativeiro (Proença e Bittencourt, 1994).

O pacu é um peixe de escamas de carne branca, e de acordo com Pereira (1976), os peixes considerados como de melhor qualidade para a alimentação humana são os chamados “peixes brancos” ou “de escamas”, sendo esta mais uma característica importante da criação desta espécie.

Sua viabilidade para o cultivo foi ressaltada em 1940 pelo pesquisador Ihering, e citada como uma espécie, cuja criação em açudes deveria ser incrementada e sua pesca esportiva deveria ser fonte de exploração turística, desde que, racionalmente codificada (Pereira, 1976). Porém, somente nos

últimos 15 anos vem despertando interesse científico e seu cultivo intensivo vem sendo aprimorado.

O pacu tem um papel importante na piscicultura nacional, sendo a espécie mais cultivada no Brasil devido as suas características, sendo boa espécie para o monocultivo ou a principal dos policultivos e posuir grande valor comercial, como pode ser constatado nos trabalhos de Ihering (1940), Carneiro et al. (1984), Cestarolli, Godinho e Verani (1984), Ferraz de Lima, Verani e Bardieri (1984), Pinto e Castagnolli (1984), Romano, Galli e Girardi (1984) e Torloni, Silva Filho e Verani (1984) Proença e Bittencourt, (1994).

As perspectivas de incremento da criação de pacu são promissoras, haja vista o grande interesse econômico, ecológico e científico que esta espécie desperta (Fontes et al., 1994). Tem-se constituído uma das principais espécies de interesse na piscicultura intensiva (Garutti, 1996), e vem sendo alvo de estudo de diversos pesquisadores, principalmente nas áreas de produção (Castagnolli et al., 1981; Torloni, Silva Filho e Verani, 1984; Bernardino e Ferrari, 1986; Ferrari et al., 1986; Ferraz de Lima, Verani e Barbieri, 1988; Mendonça, Ferrari e Gaspar, 1988; Ferraz de Lima et al., 1992; Fregadolli, 1993; Fontes e Senhorini, 1994; Senhorini e Fransozzo, 1994; Cantelmo et al., 1994; Silva et al., 1997; Bidinotto, Moraes e Sousa, 1997).

Contudo, segundo Proença e Bittencourt (1994), apesar de sua carne ser bastante saborosa, apresenta alguma tendência ao acúmulo de gordura. Esse é um fator limitante na sua comercialização. De acordo com Ceccarelli, Senhorini e Volpato (2000), o controle da qualidade de gordura dos peixes é importante para o piscicultor conseguir bons resultados na reprodução, desempenho durante o inverno e comercialização. Em alguns casos, é necessário aumentar a quantidade de gordura (antes do inverno) e em outros, reduzi-la (ao preparar o reprodutor e na comercialização do peixe gordo). Segundo esses mesmos autores, o principal controle pode ser feito pela alimentação.

O interesse científico faz com que estudos, utilizando essa espécie, e tentativas de melhoria de sua carcaça para o consumo, auxiliem no avanço da piscicultura nacional.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, período e instalações

O experimento foi realizado no período de 01/12/1999 a 18/02/2000 (80 dias) nas instalações do Centro Nacional de Pesquisa em Peixes Tropicais – CEPTA/ IBAMA, situado no município de Pirassununga, Estado de São Paulo, a uma altitude de 575 m e coordenadas de 21° 56' 17" S e 47° 22'33" W, utilizando-se 10 tanques de alvenaria com fundo de terra, área de lâmina d'água igual a 64 m² (8 x 8m) e profundidade de 1,70m cada, localizados em linhas paralelas lado a lado, sendo o abastecimento por canaleta a céu aberto e sistema de drenagem por monge de alvenaria.

Todos os tanques foram totalmente drenados e limpos. Após a limpeza, realizou-se a divisão dos tanques no sentido da entrada para saída d'água com tela sombrite 50% (Figura - 1), totalizando 20 parcelas experimentais com 32m² de área útil. Os tanques foram abastecidos até 1,50m de profundidade.

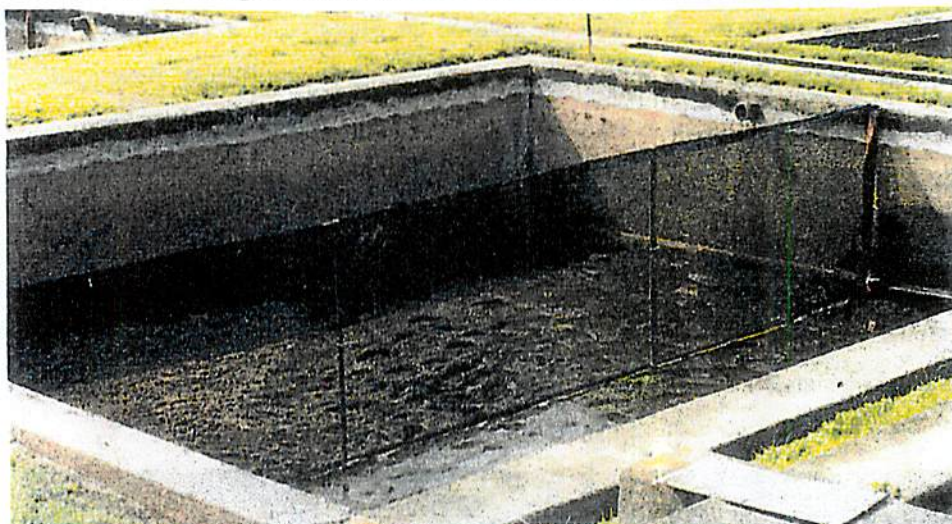


Figura 1. Vista da divisão realizada nos tanques experimentais.

3.2 Animais experimentais

Foram utilizados 400 juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus*, (Figura – 2), provenientes de uma piscigranja situada em Mogi – Guaçu, oriundos da mesma desova realizada em dezembro de 1998. Os alevinos foram estocados em viveiros por 9 meses, com alimentação restrita até atingirem a fase juvenil. Foram transportados para o CEPTA e permaneceram em viveiro por quarentena para posterior utilização experimental. Após esse período de segurança sanitária, foi realizado a biometria inicial dos peixes e coleta de amostras da população para posterior análise química. O peso médio e comprimento médio inicial dos espécimes utilizados foi igual a $283,02\text{g} \pm 20,95$ e $24,70 \pm 1,64$ cm, respectivamente.

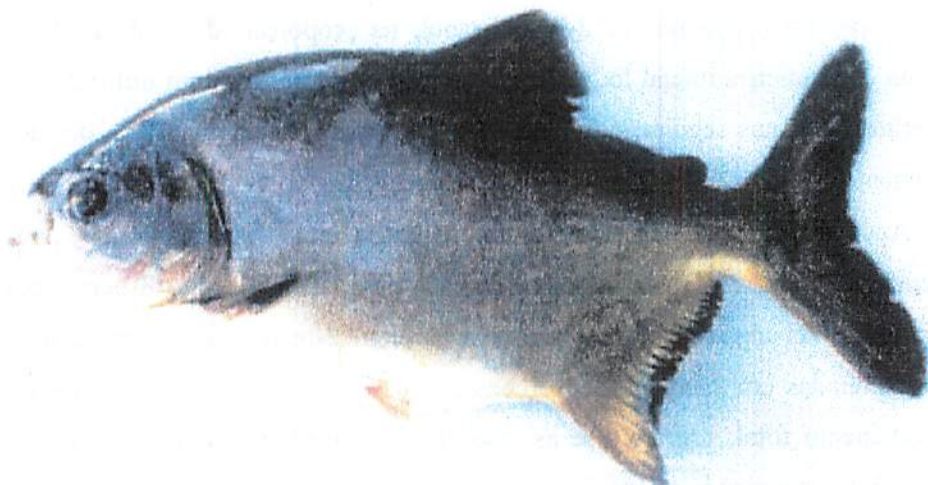


Figura 2. Exemplar de Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, utilizado neste estudo.

3.3 Período pré-experimental

Os peixes foram estocados nas vinte parcelas experimentais na densidade de 0,42 peixes/m³, totalizando 20 peixes por parcela, onde permaneceram por 15 dias para adaptação. Durante esse período, utilizou-se o mesmo manejo alimentar que seguiria ao longo do experimento, três vezes ao dia, às 9:00, 12:00 e 16:00. Ministrou-se somente a dieta controle, que continha 0% de betaina, para todas as parcelas. Após a adaptação, deu-se início ao experimento.

3.4 Biometria e coleta de amostras

O experimento foi iniciado ao se realizar uma biometria para verificar o peso e comprimento inicial dos peixes, com biometrias posteriores a cada 21 dias, registrando-se o peso total e comprimento total com auxílio de uma balança de precisão de um 1g e ictiomêtro graduado em mm. O anestésico utilizado para a execução da biometria foi 2-fenoxietanol, na proporção de 4ml/ 10 litros d'água. A biometria inicial foi realizada no total de peixes a serem utilizados no experimento e, nas seguintes, utilizaram-se amostras referentes a 50% de cada tratamento.

Após 80 dias de experimento, foi realizada uma despesca total e uma coletada amostral de 10% dos peixes de cada parcela, totalizando 8 peixes por tratamento. As amostras foram anestesiadas com 2-fenoxietanol sacrificadas, acondicionadas em saco plástico e conservadas em “freezer” (-15°C). Após o congelamento total, retiraram-se as vísceras. A carcaça eviscerada foi picada, moída, homogeneizada e congelada a -15°C.

Depois de congelada, 50g da amostra moída foi liofilizada e submetida à análise química, segundo Association of Official Agriculture Chemisti – AOAC

(1990), no Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA – MG, para avaliação dos teores de proteína bruta, extrato etéreo e matéria seca.

3.5 Manejo Alimentar

Os peixes foram alimentados três vezes ao dia (9:00, 12:00 e 16:00), sendo a quantidade calculada em 3% da biomassa de cada parcela, durante todo o período experimental.

Foram utilizadas cinco rações à base de farinha de peixe, farelo de trigo, farelo de soja e milho, suplementadas com betaina e premix vitamínico e mineral, isocalóricas (3125 kcal) e isoprotéicas (28%) diferindo na concentração de betaina 0,0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0%, correspondendo aos 5 tratamentos. A dieta utilizada foi extrusada em extrusora a vapor da marca EXA MOD300, série L, Fabricante TNL Indústria Mecânica LTDA. A temperatura de extrusão correspondeu a 100°C.

A composição centesimal e bromatológica dos ingredientes usados na mistura basal, e das rações encontra-se na Tabela 1 e 2:

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações.

Ingredientes	MS* (%)	PB* (%)	ED** kcal	Fibra (%)	Ca (%)	P (%)
Farinha de Peixe	96,00	56,28	3631	1,00	5,49	2,81
Farelo de Trigo	89,00	15,32	2623	10,00	0,14	1,24
Farelo de Soja	90,10	50,89	3448	6,00	0,32	0,67
Milho moído	88,59	9,50	3460	2,00	0,02	0,33

* Analisados no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA. Demais valores de Fialho et al. (1998).

** Valores de energia digestível para suínos (Fialho et al., 1998).

Tabela 2. Composição centesimal e bromatológica das rações utilizadas durante o período experimental.

Ingrediente (kg)	Níveis suplementares de betaína (%)				
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0
Farinha de Peixe	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farelo de Trigo	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00
Farelo de Soja	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20
Milho (Grão)	31,30	31,30	31,30	31,30	31,30
Premix**	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Betaína Anidra	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
Caulin	4,00	3,00	2,00	1,00	0,00
Vitamina C	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Total (Kg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição*					
Proteína (%)	28,05	28,05	28,05	28,05	28,05
Energia Digestível(kcal)	3125,15	3125,15	3125,15	3125,15	3125,15
Fibra (%)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Ca (%)	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
P (%)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88

* Valores calculados de acordo com Tabela 1. ** Premix para peixe Empresa de rações - Rações Total.

3.6 Parâmetros Avaliados

3.6.1 Parâmetros Limnológicos

Para caracterização dos tanques de cultivo, foram monitorados e registrados, durante o período experimental, os seguintes parâmetros: temperatura, oxigênio dissolvido, transparência, alcalinidade, pH, dureza e amônia da água de cada parcela.

A temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L) e transparência (cm) foram registrados diariamente, próximo a saída d'água, pela manhã (8:30) a uma profundidade média de 50 cm. A temperatura e o teor de oxigênio dissolvido foram medidos por meio de oxímetro YSI, modelo 57, com sensor de temperatura acoplado ao eletrodo, e a transparência da água, utilizando-se disco de Secchi de 20 cm de diâmetro.

A alcalinidade, pH, dureza e amônia foram determinados semanalmente em laboratório de limnologia do CEPTA. As amostras da água dos tanques foram coletadas próximo ao monge, utilizando-se uma garrafa de vidro de 250 ml. Para a determinação da alcalinidade (mg de CaCO_3/L) utilizou-se HCL 2N; baseado na quantidade de ácido necessária para titular bases em água, ou seja, o número de bases, incluindo carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos, silicatos, fosfatos, amônia e vários compostos orgânicos que ocorrem na água. O pH foi determinado com auxílio de um potenciômetro digital tipo B278 da Micronal. A dureza (mg de CaCO_3/L) foi determinada por titulação, utilizando-se um agente complexante (EDTA) e ERIO-CROMONEGROT, segundo metodologia descrita por Boyd (1982). Os teores de amônia foram obtidos por espectrofotometria, com comprimento de onda de 425 nanômetros e reagente de Nesler, segundo marcha analítica utilizada no Laboratório de Química da CEPTA.

3.6.2 Desempenho zootécnico

O desempenho zootécnico foi avaliado através dos seguintes parâmetros, determinados aos 0, 21, 42, 63 e 80 dias de criação:

Peso e comprimento corporal

Os peixes de cada parcela foram pesados (g) e medidos (cm) no início, com 21, 42, 63 e 80 dias de criação.

Ganho de Peso Médio Diário

Determinado com base no peso corporal. Foram calculados os ganhos entre os períodos de 0 (peso inicial) a 21, 21 a 42, 42 a 63 e 63 a 80 (peso final) dias de criação.

- Fórmula utilizada para cálculo do Ganho de Peso Médio Diário (GPMD)

$$\text{GPMD (\%)} = \frac{\text{Peso médio final(kg)} - \text{Peso médio inicial(kg)}}{\text{Tempo experimental (dias)}}$$

Conversão alimentar

A conversão alimentar foi obtida através da divisão do peso da ração consumida pelo ganho de peso médio dos peixes. O peso da ração consumida era pré – determinado em 3% da biomassa.

- Fórmula utilizada para o cálculo da Conversão Alimentar (CA)

$$\text{CA} = \frac{\text{Ração consumida (Kg)}}{\text{Ganho de Peso (Kg)}}$$

3.6.3 Avaliação da carcaça

Para avaliação da carcaça, foram amostradas aleatoriamente 10% dos peixes de cada parcela, ao final do experimento, com jejum de 12 horas. Eles foram sacrificados, congelados, eviscerados, moídos, liofilizados. O material liofilizado foi submetido à análise química para verificar o teor de matéria seca, proteína e gordura (extrato etéreo) da carcaça segundo metodologia descrita no AOAC (1990).

3.7 Delineamento experimental e análise estatística

Os peixes foram distribuídos aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos (0, 1, 2, 3 e 4% de betaína na ração), 4 repetições e 20 peixes por unidade experimental.

As variáveis de desempenho e composição química das carcaças foram submetidas à análise de variância utilizando-se o pacote computacional Statistical Analysis System (SAS, 1985), usando o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ij} = \mu + B_i + e_{(i)j}$$

onde:

y_{ij} : valor observado no tratamento i na repetição j ;

μ : média geral;

B_i : efeito do tratamento i ; com $i = 1-5$

e_{ij} : erro experimental associado a y_{ij} .

O efeito dos níveis de betaína foi analisado utilizando-se o modelo de regressão linear, decompondo-se em componentes linear, quadrático, cúbico e quártico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros Limnológicos

Os parâmetros limnológicos monitorados durante o período experimental tiveram influência semelhante sobre os tratamentos testados, não diferindo significativamente entre as parcelas.

A temperatura média mensal durante o experimento foi igual a $26,2 \pm 2,30$ °C. Os valores de temperatura com pequenas oscilações contribuíram para o consumo alimentar dos peixes, pois esse parâmetro constitui-se em um fator de controle do metabolismo, especialmente no que se refere à ingestão de alimentos.

A concentração ideal de oxigênio dissolvido na água (O_2D) para a criação de organismos aquáticos está entre 4 e 6 mg/l, sendo que, valores entre 2 e 3 mg/l ainda não atingem a condição de estresse dos peixes. Durante o experimento, as concentrações mensais de O_2D permaneceram, em média, acima de 3 mg/l, com registros muito esporádicos de valores abaixo de 2 mg/l, não afetando as parcelas experimentais, de acordo com Sipaúba-Tavares (1994).

O teor de amônia manteve-se constante para cada parcela, com médias variando entre 0,3 a 0,6 mg de NH_3/l , não sendo considerada tóxica (Sipaúba-Tavares, 1994). Segundo essa mesma autora, os valores ideais de alcalinidade e dureza estão em torno de 20 mg de $CaCO_3/l$, próximo aos valores obtidos neste trabalho. Portanto, possivelmente não teve influência sobre a criação. Os valores de pH estiveram em torno de 6,7, condição ideal para a criação de peixes (Proença e Bittencourt, 1994). A transparência variou em algumas parcelas, porém não teve influência sobre o experimento.

4.2 Desempenho

4.2.1 Peso médio inicial e final, comprimento médio inicial e final, conversão alimentar e ganho de peso médio diário.

Na Tabela 3, encontram-se, respectivamente, as médias de peso vivo inicial e final (g), comprimento médio total inicial e final (cm), conversão alimentar (%) e ganho de peso médio diário de pacus, segundo cada tratamento.

Tabela 3. Peso (g) médio corporal inicial e final (PMI e PMF), comprimento (cm) médio total inicial e final (CMI e CMF), conversão alimentar (%) e ganho de peso médio diário de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, de acordo com o tratamento (% de betaina).

Tratamento %betaina	Parâmetros avaliados					
	PMI	PMF	CMI	CMF	CA	GPMD
0	308,60±21,86	632,63±39,11	24,79 ±0,80	28,33 ±0,53	1,57	4,05
1	283,25±13,53	592,38±79,26	23,70 ±0,53	28,06 ±1,07	1,67	3,86
2	288,45±28,58	576,75±60,22	23,77 ±0,47	27,65 ±0,87	1,72	3,60
3	276,35±17,83	622,75±64,95	23,23 ±0,49	27,80 ±0,61	1,59	4,33
4	285,33±27,68	592,00±48,06	23,79± 1,08	27,84 ±0,56	1,67	3,82
CV (%)	6,55	10,05	-	-	16,57	18,82

* Não houve efeito significativo ($p > 0,05$)

Ao final de 80 dias de criação, o peso médio dos peixes não diferiu significativamente em função da porcentagem de betaina presente na dieta.

Os níveis de betaina adicionados na ração não tiveram efeito significativo sobre o ganho de peso médio diário, conversão alimentar e taxa de eficiência alimentar (Tabela 3) de pacus.

Estudos têm demonstrado o efeito benéfico da adição da betaina na ração de salmonídeos durante a passagem para a água do mar (smoltificação), e trabalhos realizados com aves concluíram que a presença da betaina na dieta atua como doador de grupo metil auxiliando a formação de metionina,

promovendo maior ganho de peso (Pesti, Harper e Sunde, 1979), podendo melhorar a conversão alimentar e reduzir a mortalidade (Augustine et al., 1997).

Alguns salmonídeos, expostos à salinidade média, produziram efeitos contraditórios em relação à alimentação e crescimento. A truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) exposta à água salgada obteve maior crescimento (Smith e Torpe, 1976). No entanto MacLeod (1977), McKay e Gjerde (1985) observaram uma redução no crescimento desse salmonídeo. Essa diferença e aparente conflito nas respostas de crescimento de salmonídeos pode estar ligada à diferença de salinidade e à relação desse fator com outros fatores abióticos, como temperatura, fotoperíodo e taxa alimentar, e com fatores bióticos, como tamanho corporal, fisiologia e fase de desenvolvimento (Brett, 1979).

Virtanen et al. (1994), constatou a redução de 60% da mortalidade e aumento de 12% no crescimento de trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com peso médio de 200g e em fase de transferência para a água salgada, alimentadas com dietas à base de farinha de peixe suplementadas com betaina antes da transferência para a água salgada. Smith e Torpe (1976) também observaram, para truta arco – íris, um aumento no crescimento, quando expostas à água salgada. Essa fase é um ponto crítico para essas espécies devido ao estresse osmótico celular causado no momento da transferência. Esse autor justifica seus resultados relacionando-os com a redução do estresse osmótico produzido pela betaina. Outros trabalhos relacionaram o aumento do crescimento e redução da concentração do sódio plasmático com à suplementação de betaina na dieta de *Oncorhynchus tshawytscha* (Clarke, 1994); e consumo de betaina ao balanço osmótico do salmão do Atlântico, *Salmo solar* L. (Virtanen, Junnila e Soivio, 1989).

Os dados do presente estudo evidenciaram a falta de efeito da suplementação de betaina até 4% na ração sobre o desempenho (crescimento e ganho de peso) do pacu, o que pode ter ocorrido devido ao fato da ação da

betaina ser eficaz em situações de estresse osmótico, conforme ocorrido com salmonídeos. Por ser o pacu um peixe tropical de água doce, não há diferença de salinidade no seu meio ambiente, justificando a não concordância dos resultados obtidos pelos autores citados acima.

Outro ponto relevante é o fato de ainda existirem muitas divergências entre os trabalhos realizados com o uso da betaina na piscicultura (Goh e Tamura, 1980; Wedemeyer, Saunders e Clark, 1980; Mackie e Mitchel, 1982; Marui, 1983; Mackie e Mitchell, 1983; Charest, Chenoweth e Dunn, 1988; Soivio, Virtanen e Muona, 1988; Virtanen, Junnila e Soivio, 1989; Virtanen et al., 1994; Kubitzka, 1995). De maneira geral, os dados desses autores são inconsistentes quanto ao eventual benefício do uso suplementar de betaina na ração de peixes.

4.3 Característica de carcaça

4.3.1 Teor de matéria seca, proteína e gordura (extrato etéreo) da carcaça.

Na Tabela 4, estão representados os teores de matéria seca, proteína e gordura de pacus após 80 dias de alimentação com betaina.

Tabela 4. Teor de matéria seca, proteína e gordura (extrato etéreo), de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, após 80 dias de criação, de acordo com o tratamento (% de betaina).

Parâmetro Avaliado	Tratamentos em % betaina					CV (%)
	0	1	2	3	4	
MS	92,13 ±4,35	93,33 ±4,16	94,02 ±3,41	92,76 ±3,41	95,15 ±2,09	3,68
Proteína	45,53 ±3,02	45,68 ±2,56	46,34 ±4,07	46,58 ±6,39	48,12 ±2,77	8,83
Gordura	41,65 ±2,23	39,73 ±3,57	40,30 ±2,77	42,30 ±2,43	39,79 ±2,86	6,91

*Não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

Não foram encontrados trabalhos relacionados a peixes alimentados com rações e suplementadas com betaina e composição de carcaça. A maioria dos trabalhos são referentes à literatura com aves e suínos.

Saunderson e Mackinlay (1990), analisando carcaça de aves (incluindo penas), alimentadas com dieta basal suplementada com betaina e metionina, obtiveram redução da gordura peitoral, não constatando, entretanto, diferença de proteína, cinzas e umidade.

Overland, Rorvikt e Skrede (1999) não obteve efeitos da suplementação com betaina sobre o desempenho, redução de gordura na carcaça (ponto P2) e digestibilidade dos nutrientes para suínos. No entanto, Zabarás-Krick (1997), concluiu que a betaina não só reduziu a gordura mensurada no ponto P2, como também reduziu a variação entre esses valores promovendo maior homogeneidade do grupo.

Os resultados do presente estudo mostraram não haver influência da betaina nos parâmetros estudados para peixes ($p > 0,05$), porém esses dados poderiam ser diferentes se fosse utilizada outra metodologia de estudo da carcaça. Nesse caso, o peixe foi analisado de acordo com metodologia utilizada por Saunderson e Macklay (1990), utilizando toda a carcaça. Outra alternativa seria realizar o estudo por zonas do corpo do peixe, como descrito por Contreras (1994). Essa metodologia consiste em avaliar o peixe eviscerado, sem pele e escamas, picado em quatro pedaços, cada qual correspondendo a uma zona corporal.

Estudos com aves e peixes indicaram que a betaina diminui e /ou redistribui a gordura na carcaça dessas espécies (Zabarás-Krick, 1997). A metodologia descrita por Contreras (1994) poderia ser aplicada, pois, embora o uso da betaina não tenha reduzido a gordura na carcaça, poderia ter melhorado sua distribuição pelo corpo, não ficando acumulada somente na região da costela como ocorre com o pacu. Os dados também podem diferir de acordo com o

tempo de alimentação, porcentagem de inclusão da betaina na dieta e fase da vida do animal.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos durante os experimentos realizados, pode-se concluir que a suplementação de rações para pacus na fase de engorda, com até 4% de betaina, não promove alteração no desempenho produtivo e na composição química da carcaça desses peixes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTES. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural chemistes.** Washington, 1990. p.937.
- AUGUTINI, P.C.; MCNAUGHTON, J.L.; VIRTANEN, E.; ROSI, L. Effect of betaine on the growth performance of chicks inoculated with mixed cultures of avian *Eimeria* species and on invasion and the development of *Eimeria tenella* and *Eimeria acervulina* *in vitro* and *in vivo*. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.5, p.802-809, May 1997.
- BERNARDINO, G.; FERRARI, V.A. Efeitos do uso da ração comercial no desempenho do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1987) em cativeiro. **Boletim Técnico CEPTA**, Pirassununga, v.2, p.19-33, 1989.
- BERNARDINO, G.; FERRARI, V.A. Observações e sobrevivência do pacu, *Colossoma mitrei*, em épocas de temperaturas baixas. **Síntese dos realizados com espécies do gênero COLOSSOMA**. Pirassununga: CEPTA, 1986. p.18.
- BIDINOTTO, P.M.; MORAES, G.; SOUSA, R.H.S. Hepatic glycogen and glucose in eight tropical fresh water teleost fish a procedure for field determinations of micro samples. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.10, p.53-57, 1997.
- BOYD, C.E. **Water quality management for pond fish culture.** Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1982. p.318.
- BRETT, J.R. Environmental factors and growth. **Fish Physiology & Biochemistry**, Amsterdam, v.8, p 599-675, 1979.
- CANTELMO, O.A.; RIBEIRO, M.A.R. Determinação do tamanho da partícula alimentar do pacu, *Piaractus mesopotamicus*, Holmberg 1987 e Tambaqui *Colossoma macropomum*, Curvier 1918, em estágio de alevino. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.7, p.9-18, 1994.
- CARNEIRO, D.J.; CASTAGNOLLI, N.; MACHADO, C.R.; VERARDINO, M. Nutrição do pacu, *Colossoma mitrei*, (Berg, 1895), Pices Characidae, I Níveis de Proteína. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3., 1983, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 1984. p.105-113.

- CASTAGNOLLI, N.; DONALDSON, E. Induce evolution and rearing of the pacu, *Colossoma mitrei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.26, p.275-279, 1981.
- CECCARELLI, P.S.; SENHORINI, J.A.; VOLPATO, G. **Dicas em piscicultura - perguntas e respostas**. Botucatu: Santana Gráfica, 2000. p.247.
- CESTAROLLI, M.A. ; GODINHO, H.M.; VERANI, J.R. Observações do comportamento do pacu em tanque experimental. In: SÍMPOSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3., 1983, São Carlos. **Anais...** São Carlos - UFSCAR, 1984. p.537 - 545.
- CHAREST, R.P.; CHENOWETH, M.; DUNN, A. Metabolism of trimethylamines in kelp bass (*Paralabrax clathratus*) and marine and freshwater pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). **Journal Comparative Physiology Biochemistry**, Berlin, v.158, p.609-619, 1988.
- CLARKE, W.C.; VIRTANEN, E.; BLACKBURN, J.; HIGGS, D.A. Effects of a dietary betaine/ amino acid additive on growth and seawater adaptation in yearling chinook salmon. **Aquaculture**, Amsterdam, v.121, p.137-145, 1994.
- CONTRERAS, G.E. **Bioquímica de pescado e derivados**. Jaboticabal: FUNEP/ UNESP, 1994.
- FERRARI ET, V.A.; BERNARDINO, G. Monocultivo do pacu, *Colossoma mitrei*, em três fases de reprodução. **Síntese dos trabalhos realizados do gênero Colossoma**. Pirassununga : CEPTA, 1986. p.19-20.
- FERRAZ DE LIMA, J.A.; BUSTAMANTE, A.; CHABALIN, E.; PALHARES, F.J.V.; SOUZA, J.H.; GASPAS, L.A. Utilização de resíduos de produtos ortifrutigranjeiros para a criação de pacu, *Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887, em gaiolas. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.5, p.1-9, 1992.
- FERRAZ DE LIMA, J.A.; FERRARI, V.A.; COLARES DE MELO, J.S. Comportamento do pacu, *Colossoma mitrei*, em cultivo experimental no Centro-Oeste do Brasil. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.1, n.1, p.15-28, 1988.
- FERRAZ DE LIMA, J.A.; VERANI, J.R.; BARBIERI, G. Análise comparativa do comportamento em relação ao crescimento do pacu, *Colossoma mitrei*, em ambientes natural e artificial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

- AQUICULTURA, 3., 1983, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 1984. p.575-583.
- FIALHO, E.T.; ARBOSA, H.P. **Alimentos alternativos para suínos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.
- FONTES, N.A.; SENHORINI, J.A. Larvicultura do pacu, *Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887 (Teleostei, Cerrasalminae), em diferentes densidades de estocagem. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.7, p.49-58, 1994.
- FREGADOLLI, C.H. Seleção alimentar de larvas de pacu, *piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 e tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 em laboratório. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.6, p.1-50, 1993.
- GARUTTI, M.L.F. **Carboidrato como fonte de energia e a ação do cromo trivalente e da insulina em pacu, *Piaractus mesopotamicus*, (Pisces Characidae)**. Jaboticabal: UNESP, 1996. p.64.6 (Dissertação de mestrado).
- GODOY, M.P. **Peixes do Brasil**. Piracicaba: Franciscana, 1975. v.2, p.397.
- GOH, Y.; TAMURA, T. Olfactory and gustatory responses to amino acids in two marine teleostes – red sea bream and mullet. **Comparative Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.66, p.217-224, 1980.
- IHERING, R.VON. **Dicionário dos animais do Brasil**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo, 1940. p.898.
- KUBITZA, F. **Intensive culture of largemouth bass: production of advanced juveniles and food-size fish**. Auburn, Alabama: University, Auburn, 1995. 122p. (Dissertation of Doctor Philosophy).
- KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes cultivados**. Campo Grande, MS, 1998.
- MACKIE, M.A. ; MITCHELL, A.I. Further studies on the chemical control of feeding behaviour in the dover sole, *Solea solea*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.73, p. 89-93, 1982.

- MACKIE, M.A.; MITCHELL, A.I. Studies on the chemical nature of feeding stimulants for the juvenile European eel, *Anguilla anguilla* L. **Journal of Fish Biology**, London, v.22, p.425-430, 1983.
- MACLEOD, M.G. Effects of salinity of food intake, absorption and conversion in the rain-bow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). **Marine Biology**, Berlin, v.43, p. 93-102, 1977.
- MARUI, T.; EVANS, R.E.; ZIELINSKI, B.; HARA, T.J. Gustatory response of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) palate to amino acids and derivatives. **Journal of Comparative Physiology**, Berlin, v.153, p. 423-433, 1983.
- MCKAY, L.R.; GJERDE, B. The effect of salinity, on growth of rain-bow trout. **Aquaculture**, Amsterdam, v.49, p. 325-331, 1985.
- MENDONÇA, J.O.J.; FERRARI, V.A.; GASPAR, L.A. Monocultivo de pacu, *Colossoma mitreii*, em uma propriedade particular. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.1, p.29-35, 1988.
- OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura - fundamentos e técnicas de manejo**. Livraria e ed. Agropecuária, 1998. p.211.
- OVERLAND, M.; RORVIKT, K.-A.; SKREDE, A. Effect of trimethylamine oxide and betaine in swine diets on growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and sensory quality of pork. **Journal of Animal Science**, Campaign, v.77, n.8, p.2143-2153, Aug. 1999.
- PEREIRA, R. **Peixes de nossa Terra**. São Paulo: Nobel, 1976. p.129.
- PESTI, G.M.; HARPER, A.E.; SUNDE, L. Choline/methionine nutrition of starting broiler chicks. Three models for estimating the choline requirements with economic considerations. **Poultry Science**, Champaign, v.59, n.5, p.1073-1081, May 1979.
- PINTO, M.L.G.; CASTAGNOLLI, N. Desenvolvimento inicial do pacu, *Colossoma mitreii* (Berg, 1895). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3., 1994, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 1984. p.515-523.
- PROENÇA, C.E.N.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: MMA- IBAMA, 1994. p.195.

- ROMANO, S.M.A.; GALLI, L.F.; GIRARDI, L. Cultivo intensivo do pacu, *Colossoma mitrei*, em tanques de alvenaria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3., 1983, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 1984. p.532-535.
- SAS. SAS/STAT Software. **Guide for personal computers.** Inc, Cary, New York, 1985.
- SAUDENDERSON, C.L.; MCKINLAY, J. Changers in body-weight, composition and hepatic enzyme activities in response to dietary methionine, betaine and choline levels in growing chicks. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.63, n.2, p.339-349, Sept. 1990.
- SENHORINI, J.A.; FRANSOZZO, A. Influência da produtividade dos viveiros e a contribuição da ração na larvicultura do pacu, *Piaractus mesopotamicus*, (Holmberg, 1887), (Teleostei, Characidae). **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.7, p.27-40, 1994.
- SILVA, J.W.B.E.; BERNARDINO, G.; SILVA NOBRE, M.I.; FERRARI, V.A.; MENDONÇA, J.O.J. Cultivo do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) em duas densidades de estocagem no Nordeste do Brasil. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.10, p.61-70, 1997.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à piscicultura.** Jaboticabal, 1994. p.22.
- SMITH, M.A.K.; THOPE, A. Nitrogen metabolism and trofic input in relation to growth in freshwater and saltwater *Salmo gairdneri*. **Biology Bulletin**, Nortbrock, v.150, p. 139-151, 1976.
- SOIVIO, A.; VIRTANEN, E.; MUONA, N. Desmotification of heat accelerated baltic salmon (*Salmo salar*) in brackish water. **Aquaculture**, Amsterdam, v.71, p.89-97, 1988.
- TORLONI, C.E.C.; SILVA FILHO, J.A.; VERANI, J.R. Estudos experimentais sobre o cultivo intensivo do pacu, *Colossoma mitrei*, no Sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3., 1983, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 1984. p.559-545.
- VIRTANEN, E.; HOLE, R.; RESINK, J.W.; SLINNING, K-E.; JUNNILA, M. Betaine/amino acid additive enhances the seawater performance of trout (

Oncorhynchus mykiss) fed standard fish-meal-based diets. **Abstracts/ Aquaculture**, Amsterdam, v.124, p.219-222, 1994.

VIRTANEN, E.; JUNNILA, M.; SOIVIO, A. Effects of food containing betaine/amino acid additive on the osmotic adaptation of young Atlantic Salmon, *Salmo solar* L. **Aquaculture**, Amsterdam, v.83, p.109-122, 1989.

WEDERMEYER, G.A.; SAUNDERS, R.L.; CLARKE, W.C. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. **Marine Fisheries Review**, Seattle, 1980.

ZABARAS-KRICK, B. Betaine improves energy utilisation. **International Pig Topics**, New Humberide, v.12, n.5, p.12-14, 1997

CAPÍTULO III

BETAÍNA NO METABOLISMO LIPÍDICO, GLICEMIA E HEMATÓCRITO DO PACU, *Piaractus mesopotamicus*.

RESUMO

VERRESCHI, Denise Cerávolo. **Betaina no meabolismo lipídico, glicemia e hematócrito do Pacu, *Piaractus mesopotamicus***. Lavras: UFLA, 2000. 94p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia). *

A betaina tem sido amplamente estudada na alimentação de suínos, aves e atualmente, em peixes, demonstrando potencial benéfico como poupador de colina, redução de gordura na carcaça e auxílio na osmorregulação celular. O objetivo desse estudo foi determinar o efeito do uso da betaina sobre o metabolismo lipídico, glicemia e hematócrito do pacu. Foram utilizados 49 pacus, alimentados com uma dieta controle (0% de betaina) e duas dietas experimentais contendo 2 e 4% de betaina, durante 21 dias. Foram coletadas amostras de sangue e fígado com 0, 10 e 20 dias de alimentação para análise dos teores de glicose, colesterol, HDL, VLDL/LDL, triglicérides, VLDL, lipídio total, e hematócrito no sangue e glicogênio hepático. Os resultados permitiram concluir que o uso da betaina na alimentação do pacu pode reduzir os níveis sanguíneos de colesterol, HDL e VLDL/ LDL, aumentar os níveis de triglicérides, VLDL, glicose, lipídio total e glicogênio hepático e manter os níveis plasmáticos de hematócrito.

* Comitê orientador: Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (Orientadora), Roberto Huet de Salvo Souza – CEPTA, Elias Tadeu Fialho – UFLA, Kátia Kiyomi Iseki – USP, Luis Davd Solis Murgas –UFLA, Rilke Tadeu Fonseca Freitas – UFLA.

ABSTRACT

VERRESCHI, Denise Cerávolo. **Betaine on lipid metabolism, glucose/glycogen and hematocrit of Pacu, *Piaractus mesopotamicus*.** Lavras: UFLA, 2000. 94p. (Dissertation –Master in Animal Science). *

The betaine has been widely studied on the feeding of swines, poultry and nowadays on fishes, demonstrating beneficial potential saving cholina, reducing the fat on the carcass and beneficial on cellular osmoregulation. The objective of this study was to determinate the use of betaine on lipids metabolism, glucemia and hematocrit in the pacu. Forty nine pacus were used, weighing 106g, fed with a control diet (0% of betaine) and two experimental diets with 2 and 4% of betaine during 21 days. Blood and liver samples were collected with 0, 10 and 20 days of feeding experimental diets. The analysis of the glucose, cholesterol, HDL, VLDL/LDL, triglicerids, VLDL, total lipids, hematocrit on blood and hepatic glycogen were performed. The results allowed to conclude that the supplementation of 2 and 4% of betaine on pacu's diets reduce blood levels of cholesterol, HDL e VLDL/LDL , increase the plasmatic levels of triglicerids, VLDL, glucose, total lipids on plasma and glycogen on the liver, and maintain the hematocrit.

* Guindance committee: Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (Adviser), Roberto Huet de Salvo Souza – CEPTA, Elias Tadeu Fialho – UFLA, Kátia Kiyomi Iseki – USP, Luis David Solis Murgas –UFLA, Rilke Tadeu Fonseca Freitas – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A ingestão de dietas com baixo teor de lipídios, incluindo colesterol e gordura saturada, é uma preocupação constante na alimentação humana para prevenir doenças cardiovasculares. Dessa forma, os lipídios passam a ser alvo de atenção na qualidade de carcaça animal para servir, posteriormente, ao consumo humano.

Os lipídios são constituintes importantes da dieta, não somente pelo elevado valor energético, como também pelas vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais contidos na gordura dos alimentos. Além de servirem como fonte de energia e ácidos graxos essenciais, servem também de substrato para a formação de compostos lipídicos, de funções fisiológicas importantes, como lipoproteínas, fosfolipídios, hormônios, entre outros.

As combinações de gordura e proteína (lipoproteínas) são constituintes celulares importantes, ocorrendo - tanto na membrana celular - como na mitocôndria, dentro do citoplasma, e servem também como meio de transporte do lipídio no sangue.

A betaina é atuante no metabolismo lipídico e vem sendo usada na dieta animal, demonstrando efeitos benéficos na produção, reduzindo teores de gordura na carcaça de frangos e suínos. Muitas vezes, a atuação da betaina no metabolismo animal se faz de forma indireta, como no aumento da síntese de carnitina, estimulando a mobilização de lipídios do fígado, alterando o nível de colesterol e o perfil lipoprotéico sanguíneo.

Uma outra função básica da betaina em plantas, microorganismos e animais, é a sua propriedade em aumentar a resistência celular, mantendo o equilíbrio osmótico sob estresse, provocado pela seca ou alta salinidade, evitando a perda de água. A betaina substitui o potássio intracelular e mantém o

balanço hídrico, sendo benéfica em auxiliar a osmorregulação celular de alguns salmonídeos que migram da água doce para a água salgada em determinada fase da vida.

O pacu, *Piaractus mesopotamicus*, é um peixe nativo muito usado na piscicultura brasileira por apresentar qualidades, como rusticidade, adaptação à alimentação artificial e carne saborosa, mas com grande tendência a acumular gordura em determinadas regiões do corpo, o que reduz sua aceitação no mercado consumidor. O uso da betaina como composto lipotrópico na dieta de pacus é uma tentativa de melhorar sua carne para o consumo.

O objetivo do presente estudo foi determinar o efeito de dietas suplementadas com betaina sobre o metabolismo lipídico, glicemia e hematócrito do pacu.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A betaina é um composto originado a partir da colina com potencial osmorregulador e lipotrópico.

Como osmorregulador, substitui o potássio intracelular e mantém o balanço hídrico, aumentando a resistência osmótica celular (Yancey et al., 1982). Segundo Clarke et al. (1994), o uso da betaina na alimentação de *Oncorhynchus tshawytscha*, durante a fase de vida em água salgada, reduziu o teor de sódio no plasma sanguíneo.

De acordo com Scott (1986), o uso de betaina na dieta promove indiretamente a formação da metionina através da metilação da homocisteína. A metionina forma S-adenosil metionina que, por sua vez, atua na metilação da noraepinefrina em epinefrina. A epinefrina bloqueia a liberação de insulina, reduzindo a absorção de glicose (Murray et al., 1994).

O glicogênio é a principal forma de armazenamento de carboidrato nos animais, presente no fígado e no músculo. Seu metabolismo é controlado, principalmente, por duas enzimas- glicogênio fosforilase e glicogênio sintetase-reguladas por uma série de reações, envolvendo a fosforilação e desfosforilação da proteína enzimática. Essas modificações são devidas, principalmente, ao AMP cíclico, formado pela ação da adenilato ciclase, ativada por hormônios, como epinefrina e noraepinefrina.

Os lipídios, insolúveis no meio aquoso do sangue, são transportados de duas maneiras: ligados a proteínas, ou formando micelas. Os lipídios da dieta, (triglicerídios, colesterol e fosfolipídios, principalmente) formam quilomicrons. Esses, no endotélio dos tecidos adiposo e muscular, vão ser degradados por uma lipase com liberação de ácido graxo que será armazenado no adipócito e oxidado no músculo. O excesso de carboidratos da dieta será convertido em triglicerídios no fígado que o exportará para armazenamento no tecido adiposo. Nos períodos

de jejum, esse triglicerídio será hidrolizado e os ácidos graxos liberados serão utilizados pelos tecidos que deles necessitem. Da mesma forma, o colesterol ingerido ou sintetizado pelo fígado precisa chegar aos tecidos, onde fará parte da membrana celular ou será utilizado para a síntese de hormônios esteróides. As lipoproteínas promovem este intercâmbio entre os tecidos, solubilizando lipídios não polares como triglicerídios e ésteres de colesterol, guardando-os no centro da molécula, protegendo-os com uma concha externa hidrofílica formada por proteínas, fosfolipídios e colesterol livre, produtos iônicos ou polares que permitem solubilização no plasma (Alvares-Leite et al., 1995).

A parte protéica das lipoproteínas é conhecida como apoproteína que possuem em sua nomenclatura letras A, B, C, D e E. Algumas são integrais e não podem ser removidas, enquanto outras estão livres para serem transferidas a outras lipoproteínas. As apoproteínas atuam como cofatores enzimáticos, proteínas transportadoras de lipídios e ligantes para a interação com receptores de lipoproteínas nos tecidos (Murray et al., 1994).

Os triglicerídeos são as principais formas de armazenamento de ácidos graxos, e o colesterol, provavelmente o lipídio mais conhecido devido a sua associação com arteriosclerose, é bioquimicamente importante por ser o precursor de esteróides igualmente importantes, que incluem ácidos biliares, hormônios adrenocorticais, hormônios sexuais, Vitamina D, entre outros. Os triglicérides são transportados a partir do intestino nos quilomicrons e a partir do fígado nas lipoproteínas de muito baixa densidade. Os triglicérides dos quilomicrons e VLDL são hidrolisados pela lipoproteína-lipase, enzima localizada na parede dos capilares sangüíneos. O sangue normal não contém grandes quantidades dessa enzima, porém a presença de heparina libera a lipoproteína-lipase para a circulação. Os fosfolipídios e a apoproteína C-II são necessários como cofatores para a atividade da

lipoproteína-lipase. A hidrólise ocorre enquanto as lipoproteínas estão ligadas à enzima no endotélio. O triacilglicerol é hidrolisado a ácido graxo livre mais glicerol. Alguns desses ácidos graxos livres retornam à circulação, ligados à albumina, porém a maior parte é transportada para o interior do tecido. Segundo Mayes (1994), como a concentração plasmática dos triglicérides diminui durante a transição da condição alimentada para a condição do jejum, a lipoproteína-lipase cardíaca permanece saturada com o substrato, entretanto, a saturação da enzima no tecido adiposo decresce, promovendo um redirecionamento a tomada do tecido adiposo para o coração. No tecido adiposo, a insulina aumenta a síntese de lipoproteína – lipase nos adipócitos e sua translocação para a superfície do endotélio do capilar. A reação com a lipoproteína-lipase resulta em perda de aproximadamente 90% do triacilglicerol dos quilomicrons e na perda de apo-C, que retorna a HDL. As lipoproteínas remanescentes são captadas pelo fígado. A principal função da HDL é atuar como depósito de apoproteínas C e E que são indispensáveis ao metabolismo dos quilomicrons e VLDL.

Os quilomicrons são formados somente pelo sistema linfático que drena o intestino. São responsáveis pelo transporte na circulação de todos os lipídios da dieta. As lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) plasmática têm origem hepática, e são os veículos de transporte de triacilgliceróis do fígado para os tecidos extra - hepáticos. Ambos contêm apoproteína C e E, e a apo-B é essencial na formação dos quilomicrons e das VLDL. Há uma correlação significativa entre a capacidade de um tecido para incorporar ácidos graxos dos triacilgliceróis das lipoproteínas e a atividade enzimática da lipoproteína-lipase. Os quilomicrons remanescentes são captados pelo fígado e os ésteres de colesterol e triacilgliceróis são hidrolizados e metabolizados. A maior parte das

lipoproteínas de baixa densidade (LDL), são formadas a partir das VLDLs. Aproximadamente, 50% das LDLs são degradadas no tecido extra - hepático e 50% no fígado. A alta concentração de LDL no plasma está correlacionada positivamente a alta incidência de arteriosclerose coronariana (Murray et al., 1994).

As lipoproteínas de alta densidade são sintetizadas e secretadas pelo fígado. A principal função da HDL é atuar como depósito de apoproteína C e E, indispensáveis ao metabolismo dos quilomicrons e VLDL. As HDL consistem de duas camadas discoídes contendo apoproteína e colesterol livre. A enzima lecitina: colesterol aciltransferase (LCAT) e a apoproteína. A catálise de LCAT converte fosfolípidios e o colesterol em éster de colesterol livre e lisolecitina. Os ésteres de colesterol vão para o interior da bicamada (hidrófobo) e a lisolecitina é transferida para a albumina plasmática, continuamente, formando HDL. O colesterol esterificado pode ser transferido para quilomicrons, VLDL e LDL, via proteína transferidora de ésteres de colesterol, de modo que o sistema LCAT está envolvido na remoção do excesso de colesterol não esterificado das lipoproteínas e dos tecidos. Dessa forma, as concentrações de HDL no plasma variam reciprocamente com as concentrações dos quilomicrons e das VLDL e diretamente com a atividade da lipoproteína-lipase. As concentrações de HDL são inversamente relacionadas à incidência de arteriosclerose coronariana (Murray et al., 1994).

Níveis de colesterol total, LDL e HDL, não devem ser avaliados separadamente (Alvares-Leite et al., 1995)

Alguns estudos demonstram o potencial lipotrópico da betaina atuando na síntese de alguns compostos, indiretamente, pela doação dos seus três grupos metil. A síntese inadequada de carnitina causada pela deficiência em grupos metil prejudica a oxidação de gorduras (Stryer, 1988). A deficiência de colina resulta na síndrome do fígado gorduroso em ratos e aves de corte (Lombardi,

Pani e Schlunk, 1968) e em aves de postura (Schexnailder e Griffith, 1973; Wolford e Polin, 1975). A oxidação da colina na mitocôndria do fígado de ratos resulta na formação de betaina (De Ridder e Van Dam, 1973). Esses mesmos autores demonstraram que a betaina está presente em alta concentração na mitocôndria do fígado de ratos (De Ridder e Van Dam, 1975). Como doador de grupo metil a betaina é também um eficiente lipotrópico e sua ação tem sido demonstrada na redução de gordura na carcaça de várias espécies, incluindo suínos (Virtanen et al., 1994) e aves domésticas (Saunderson e Mckinlay, 1990). Foi demonstrado por Turpin (1985) que a betaina participa do transporte lipídico diminuindo os níveis de colesterol e interferindo no perfil lipoprotéico do sangue de humanos com hiperlipedemia.

A redução de gordura na carcaça, alteração do perfil lipoprotéico sanguíneo, economia de colina e auxílio na osmorregulação celular são alguns dos potenciais benéficos da inclusão de betaina na alimentação animal. Seu efeito tem sido bastante estudado em suínos e aves domésticas e, agora, sua aplicação tem sido usada também na aquicultura.

O pacu, *Piaractus mesopotamicus*, é uma espécie nativa com grande importância para a aquicultura brasileira. No entanto, possui tendência a acumular gordura, reduzindo sua aceitação e consumo no mercado. O uso da betaina na dieta dessa espécie pode trazer algum efeito benéfico, principalmente relacionado a alterações no metabolismo lipídico e glicemia, tornando o produto final mais saudável e de melhor qualidade para o consumo humano.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições experimentais

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Fisiologia do Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais - CEPTA/ IBAMA, situado no município de Pirassununga – São Paulo no período de 11 de novembro a 16 de dezembro de 1999.

Foram utilizados 49 juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus*, oriundos de desova induzida, com peso médio $106,10 \text{ g} \pm 4,59$.

Utilizaram-se 7 caixas quadradas de fibra de vidro, fluxo contínuo de água e com capacidade para 51 litros cada (Figura 1). Em cada caixa, foram estocados 7 exemplares de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, onde permaneceram em período de adaptação por 14 dias (período pré-experimental) segundo metodologia descrita por Souza (1999). Durante esse período, a ração controle foi fornecida diariamente, sempre às 9:00 e às 16:00, na proporção de 3,0% do peso vivo.

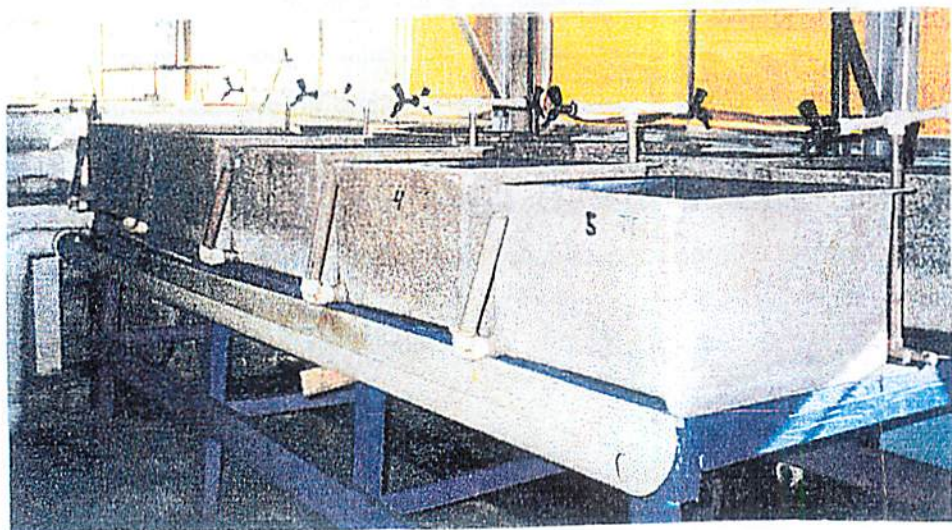


Figura 1. Vista das caixas experimentais.

3.2 Manejo alimentar

Após o período pré-experimental de 14 dias, os animais receberam rações com diferentes níveis de betaina: 0, 2 e 4%, sendo estas fornecidas diariamente no mesmo horário (9:00 e 16:00 hs). A composição centesimal das rações encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal das rações por tratamento.

Ingrediente (kg)	% Betaina na dieta		
	0,0	2,0	4,0
Farinha de Peixe	10,00	10,00	10,00
Farelo de Trigo	23,00	23,00	23,00
Farelo de Soja	31,20	31,20	31,20
Milho moído	31,30	31,30	31,30
Premix **	0,50	0,50	0,50
Betaina anidra	0,00	2,00	4,00
Caulin	4,00	2,00	0,00
Vitamina C	0,005	0,005	0,005
Total	100,00	100,00	100,00
Composição			
Proteína (%)	28,05	28,05	28,05
Energia Digestível (kcal)	3125,15	3125,15	3125,15
Fibra (%)	4,8	4,8	4,8

* Valores calculados de acordo com Tabela 1 do Capítulo II. ** Premix para peixes Empresa de rações - Rações Total.

3.3 Amostragem de sangue

Após os 14 dias de adaptação nas caixas experimentais, foram realizadas três amostragens de sangue com 0, 10 e 20 dias de alimentação com as dietas experimentais, sempre pela manhã, duas horas após o fornecimento de ração.

Foram coletados 7 espécimes de cada tratamento para retirada por punção de aproximadamente 1,5 ml de sangue da veia caudal. Do sangue coletado, 0,5 ml foi armazenado em tubo *ependorff* previamente heparinizado e permanecendo resfriados até a coleta de sangue do último peixe, para então serem centrifugados a 6000 rpm em centrífuga refrigerada HERMLE Modelo Z

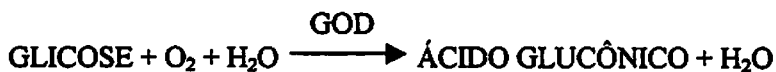
323 k para separação do plasma dos eritrócitos . O restante do sangue coletado (1,0 ml), foi colocado em tubo de ensaio que permaneceu em descanso, à temperatura ambiente para separação do soro.

3.3.1 Determinação do Hematócrito

Para a determinação do hematócrito, utilizou-se a técnica do microhematócrito, em que parte da amostra de sangue armazenadas nos tubos *ependorff* foi transferida para um tubo capilar. Os tubos capilares com amostra de sangue foram vedados em uma das extremidades com massa apropriada, e centrifugados por 10 minutos a 12.000 rpm em centrífuga FANEN Modelo 207 N segundo metodologia utilizada por Souza (1999). A leitura foi feita em escala padronizada e os valores expressos em %.

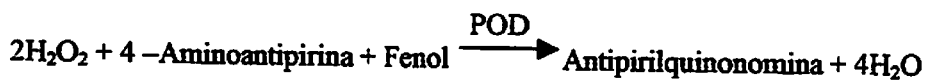
3.3.2 Determinação da Glicose no Sangue

Utilizou-se a metodologia de sistema enzimático da LABTEST Diagnóstica. O princípio desse método consiste na catálise da oxidação da glicose pela glicose – oxidase, de acordo com a seguinte reação:



O peróxido de hidrogênio formado reage com 4 – aminoantipirina e fenol, sob ação catalisadora da peroxidase, através de uma reação oxidativa de

acoplamento, formando uma antipirilquinonimina vermelha, cuja intensidade de cor é proporcional à concentração de glicose na amostra.



Foram utilizados 10 µl de plasma misturados a 1 ml de reagente de cor preparado previamente e constituído de: Tampão 100 mmol/l; pH 7,4; Glicose-oxidase ≥ 20.000 U/l; Peroxidase ≥ 668 U/l; 4 - aminoantipirina 133 µmol/l; Fenol 10 mmol/l preservativos, estabilizadores e ativadores. A amostra foi misturada e em seguida foi levada a banho - maria de 37 °C por 15 minutos. A absorbância da amostra e do padrão foram determinadas em 505 nm de comprimento de onda em espectrofotômetro HACH DR/3000 Spectrophotometer.

Os valores de glicose foram expressos em mg/dl.

3.3.3 Determinação de Triglicérides no Sangue

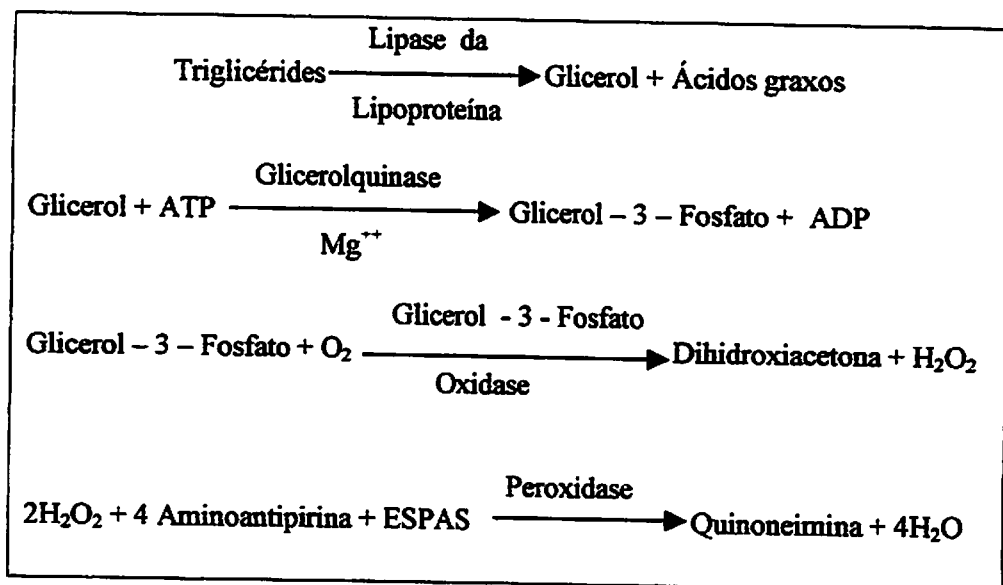
Para a determinação do triglicérides no sangue, separou-se o plasma como descrito para glicose. Utilizou-se o método enzimático colorimétrico com reação de ponto final da LABTEST Diagnóstica. O princípio desse método consiste na liberação do glicerol pela hidrólise dos triglicérides catalisada pela lipase da lipoproteína. Esse glicerol liberado é convertido pela ação da glicerolquinase em glicerol - 3 - fosfato, que é oxidado a dihidroxiacetona e peróxido de hidrogênio na presença da glicerolfosfato oxidase. A reação de acoplamento que ocorre entre peróxido de hidrogênio, 4 - aminoantipirina e

ESPAS é catalisada pela peroxidase produzindo a quinoneimina que tem máximo de absorvância em 540nm. A intensidade da cor violeta formada é diretamente proporcional à concentração dos triglicérides na amostra.

Foram utilizados 10 µl de plasma misturados a 1 ml de reagente de cor preparado previamente e constituído de: Tampão 50 mmol/l; pH 6,5; acetato de magnésio 5 mmol/l; ESPAS 1 mmol/l, 4 - aminoantipirina 0,7 µmol/l; ATP 0,3 mmol/l; Glicerolquinase ≥ 800 U/l; Glicerolfosfato ≥ 2500 U/l; lipase da lipoproteína ≥ 100 KU/l; Peroxidase ≥ 350 U/l; azida sódica 1,54 mmol/l. A amostra foi misturada e em seguida foi levada a banho - maria de 37 °C por 10 minutos. A absorvância da amostra e do padrão foram determinadas em 540 nm de comprimento de onda em espectrofotômetro HACH DR/3000 Spectrophotometer.

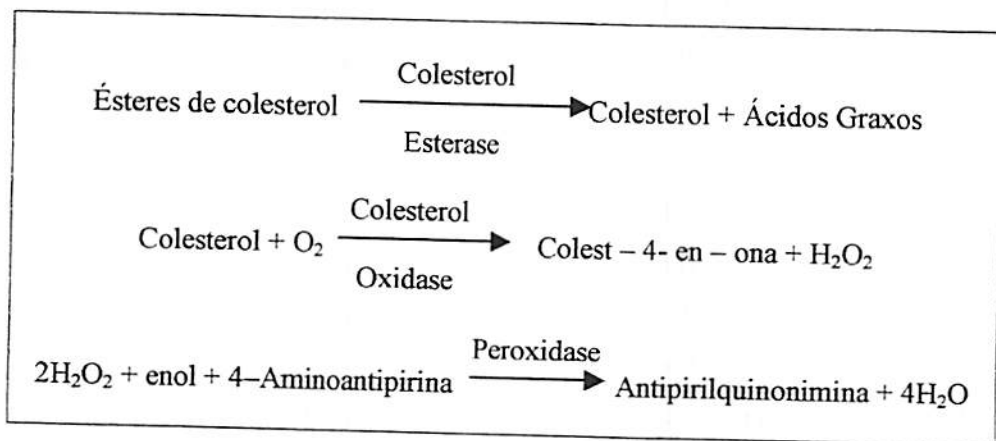
Os valores de triglicérides foram expressos em mg/dl.

Reação:




3.3.4 Determinação do Colesterol no Sangue

Para a determinação do colesterol no sangue, separou-se o soro por decantação dos eritrócitos em tubo de ensaio. Utilizou-se a metodologia de sistema enzimático com reação de ponto final da LABTEST Diagnóstica. O colesterol total é determinado de acordo com as seguintes reações:



Os ésteres de colesterol são hidrolisados pela colesterol esterase a colesterol livre e ácidos graxos. O colesterol livre é oxidado pela colesterol oxidase a colest - 4 - en - ona e peróxido de hidrogênio. Na presença de peroxidase e peróxido de hidrogênio, o fenol e a 4 - aminoantipirina são oxidados, formando a antipirilquinonimina que tem absorvidade máxima em 500 nm, e cuja intensidade de cor vermelha formada na reação final é diretamente proporcional à concentração do colesterol na amostra.

Foram utilizados 10 µl de soro misturados a 1 ml de reagente de cor preparado previamente e constituído de: Tampão 50 mmol/l; pH 7,0; fenol 24,0 mmol/l; colato de sódio 0,5 mmol/l; azida sódica 1,5 mmol/l; 4 -



aminoantipirina 0,5 mmol/l; colesterol esterase ≥ 250 U/l; colesterol oxidase ≥ 150 U/l e peroxidase ≥ 1000 U/l. A amostra foi misturada e em seguida foi levada a banho – maria de 37 °C por 10 minutos. A absorbância da amostra e do padrão foram determinadas em 500 nm de comprimento de onda em espectrofotômetro HACH DR/3000 Spectrophotometer.

Os valores de colesterol foram expressos em mg/dl.

3.3.5 Determinação das Lipoproteínas de Alta Densidade (HDL) e Lipoproteínas de Baixa e Muito Baixa Densidade (LDL e VLDL) no Sangue.

Para determinação do colesterol HDL, separou-se o soro dos eritrócitos por decantação, e em seguida adicionou-se o precipitante.

As VLDL e LDL são quantitativamente precipitadas utilizando - se o ácido fosfotúngstico e cloreto de magnésio esse material é vigorosamente agitado e, em seguida, centrifugado a 3500 rpm por 15 minutos. O colesterol ligado às lipoproteínas de alta densidade (Colesterol HDL), é determinado no sobrenadante, utilizando o sistema enzimático Colesterol COD – ANA Labtest Cat. 60.

Foram utilizados 100 μ l de sobrenadante misturados a 1 ml de reagente de cor COD-ANA Labtest. A amostra foi misturada e, em seguida, foi levada a banho – maria de 37 °C por 10 minutos. A absorbância da amostra e do padrão foram determinadas em 500 nm de comprimento de onda em espectrofotômetro HACH DR/3000 Spectrophotometer.

A concentração de VLDL/ LDL é determinada pela diferença entre Colesterol Total e Colesterol HDL. Os valores de Colesterol HDL foram expressos em mg/dl.

3.3.6 Determinação do Lipídio Total no Sangue

Os lipídios do plasma reagem com o ácido sulfúrico, formando o íon carbonium, que reage com o grupamento carbonil ativado do reagente de cor produzindo um complexo de cor rósea, que é estabilizado por ressonância e tem absorção máxima em torno de 535nm.

Foi misturado 50µl de plasma a 1,0ml de ácido sulfúrico concentrado. Em seguida, a mistura foi agitada e levada a banho de água fervente por 10 minutos e logo após, a banho de água gelada por 5 minutos. A mistura foi homogeneizada e adicionaram-se 2,5ml de reagente de cor. Essa nova mistura foi colocada em banho – maria a 37°C durante 15 minutos e, em seguida, a banho de água fria por 5 minutos. A absorbância do teste e do padrão foi determinada em 535 nm de comprimento de onda.

3.4 Amostragem de fígado

Logo após a coleta de sangue cada peixe foi sacrificado, para a coleta de amostra de fígado, o qual era armazenado em tubo *ependorff*, previamente perfurado com agulha (para evitar rompimento no momento do congelamento), e congelado em nitrogênio líquido a -96 °C.

3.4.1 Determinação de Glicogênio Hepático

Os valores de glicogênio hepático foram obtidos pela separação alcoólica do glicogênio, segundo metodologia descrita por Bidinotto, Moraes e Sousa (1997), seguida da determinação direta de glicose através do método hidrolítico ácido de DuBoie et al. (1956). As amostras de fígado em água (\pm 50 mg) foram digeridas em 1,0 ml de solução KOH 6N e levadas a banho – maria em água fervente por 5 minutos. Após a digestão, alíquotas de 250 µl da

dissolução resultante adicionou-se etanol 90% promovendo uma floculação alcoólica na qual adicionou-se 0,1 ml de K₂SO₄ 10% em água para aumento da força iônica. A mistura foi centrifugada a 3000 rpm e o sobrenadante desprezado. O precipitado de glicogênio foi solubilizado em 2,5 ml de água destilada e a determinação do carboidrato total foi feita pelo método ácido hidrolítico de DuBoie et al. (1956).

O teor de glicogênio foi expresso em μ moles de glicosil-glicose/ g de tecido úmido.

3.5 Análise limnológica

Foram verificados – diariamente - a temperatura (°C) e o oxigênio dissolvido da água com o auxílio de um oxímetro YSI, modelo 57 com sensor de temperatura acoplado.

A alcalinidade, pH, dureza e amônia foram determinados semanalmente em laboratório. As amostras foram coletadas na saída de água de cada caixa. A alcalinidade e a dureza (mg de CaCO₃/L) foram determinadas por titulação em HCL 2N e agente complexante (EDTA e ERIO-CROMONEGROT), respectivamente, segundo metodologia de Boyd (1982). O pH foi determinado com auxílio de um potenciômetro digital tipo B278 da micronal. Os teores de amônia foram obtidos por espectrofotometria, com comprimento de onda de 425 nanômetros e reagente Nesler, segundo marcha analítica utilizada no Laboratório de Química do CEPTA.

3.6 Delineamento experimental

Foram utilizados 49 juvenis de Pacus, *Piaractus mesopotamicus*, distribuídos aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado

(DIC), com os tratamentos em arranjo fatorial 3x2, sendo três níveis de betaina (0, 2 e 4%) e dois períodos de fornecimento (10 e 20 dias), sete repetições e cada peixe constituiu-se de uma unidade experimental.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote computacional Statystical Analisis Sistem (SAS, 1985), através do seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + (BT)_{ij} + e_{ijk}$$

onde:

y_{ij} : valor observado no tratamento i no tempo de fornecimento j e na repetição k ;

μ : constante inerente ao modelo;

B_i : efeito do nível i de betaina, $i = 1, 2$ e 3 ;

T_j : efeito do tempo de fornecimento j , $j = 1$ e 2 ;

$(BT)_{ij}$: efeito da interação do nível i de betaina e no tempo de fornecimento j ;

e_{ijk} : erro experimental associado a y_{ijk} .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises Sangüíneas de *Piaractus mesopotamicus*, submetidos à alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

4.1.1 Hematócrito de sangue venoso (Htv)

Na Tabela 2, encontram-se os valores do hematócrito (Ht) no sangue venoso dos pacus, *Piaractus mesopotamicus*, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de betaina.

Tabela 2. Valores médios do hematócrito (%) de sangue venoso (Htv) de *Piaractus mesopotamicus*, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaina (0, 2 e 4%).

Período Dias	% Betaina na dieta			C.V. (%)
	0	2	4	
0	28,43 ± 1,04	-	-	-
10	27,3 ± 5,6	29,1 ± 2,0	30,9 ± 2,3	12,01
20	29,8 ± 3,7	32,3 ± 2,1	30,7 ± 4,6	11,92

*Não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

Ao longo de todo o período experimental, não foram observadas variações significativas ($p > 0,05$) nos valores de hematócrito. A constância nos valores de Htv sugerem não haver influência dos diferentes níveis de betaina utilizados na dieta e do período de alimentação no transporte de O_2 no sangue, permanecendo próximo aos níveis encontrados por Moraes et al. (1997), para essa mesma espécie.

4.1.2 Glicose plasmática de *Piaractus mesopotamicus*, submetidos à alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

Os valores de glicose plasmática obtidos encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Níveis médios de glicose sangüínea (mg/dl) de *Piaractus mesopotamicus*, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaina (0, 2 e 4%).

Período Dias	% Betaina na dieta			CV (%)
	0	2	4	
0	137,04 ± 5,69	-	-	-
10 ^{*1}	104,67 ± 3,94 ^b	111,48 ± 5,28 ^{ab}	124,79 ± 5,46 ^a	11,58
20 ^{*2}	105,75 ± 2,11 ^a	115,24 ± 10,74 ^a	127,23 ± 8,71 ^a	18,79

^{*1} Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas, diferem significativamente ($p < 0,05$) pelo teste SNK.

^{*2} Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas, não diferem significativamente pelo teste SNK.

Os resultados demonstram que houve efeito da adição de betaina na dieta após 10 dias de alimentação, com aumento significativo ($p < 0,05$) do nível de glicose plasmática circulante no sangue para o tratamento 2, não ocorrendo o mesmo após 20 dias de alimentação, embora os valores sejam próximos, sendo caracterizados pelo mesmo perfil (Figura 2). Esse fato pode ser devido ao maior coeficiente de variação obtido após 20 dias de experimento.

Uma possível explicação para a elevação do teor de glicose plasmática é a produção de epinefrina. Segundo Scott (1986), o uso de betaina na dieta promove indiretamente uma formação mais eficaz de metionina, que por sua vez forma S – adenosilmetionina. Na medula adrenal, a enzima feniletanolamina utiliza S- adenosilmetionina para metilar a amina da norepinefrina para formar epinefrina. A epinefrina diminui a liberação de insulina. A insulina tem efeito imediato em tecidos adiposo e muscular, aumentando a velocidade de absorção da glicose. Essa reação é causada pelo aumento do transporte de glicose na membrana celular através do recrutamento dos transportadores de insulina, que

estão no interior da célula, para a membrana plasmática. Ao contrário, não há efeito direto da insulina na entrada de glicose nas células hepáticas; estando de acordo com o fato de que o metabolismo da glicose pelas células hepáticas não depende da permeabilidade das membranas dessas células à glicose. Todavia, indiretamente, a insulina aumenta a absorção de glicose pelo fígado, em virtude de sua ação sobre enzimas que regulam a glicólise e a gliconeogênese. A epinefrina promove a glicogenólise hepática e muscular, por estimular a fosforilase. No músculo, em virtude da ausência de glicose-6-fosfatase, a glicogenólise forma lactato; contudo, no fígado, o principal produto final é a glicose, o que acarreta aumento da glicose sanguínea (Murray, 1994).

O aumento da glicose sangüínea, obtido com o aumento do nível de betaína na dieta (Figura 2), pode ser explicado pela atuação indireta da betaína na formação de epinefrina e, conseqüentemente, bloqueio da insulina.

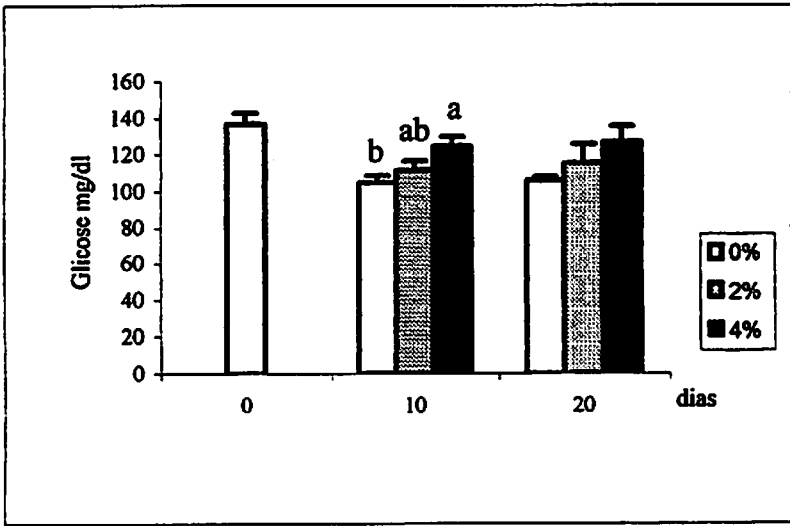


Figura 2. Níveis plasmáticos de glicose (mg/ dl) em *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína.

Os valores de glicose plasmática obtidos neste experimento estão condizentes com os valores descritos para esta espécie, por Bidinotto, Moraes e Sousa (1997).

4.1.3 Triglicérides e lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) no sangue de *Piaractus mesopotamicus*, submetidos à alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

Os valores de triglicérides e VLDL no plasma sanguíneo de pacus alimentados com dietas contendo betaina encontram-se nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Níveis médios de triglicérides plasmático (mg/dl) de *Piaractus mesopotamicus*, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaina (0, 2 e 4%).

Período Dias	% Betaina na dieta			CV (%)
	0	2	4	
0	232,93 ± 28,74	-	-	-
10 ¹	210,05 ± 20,94 ^b	346,02 ± 21,12 ^a	249,18 ± 30,72 ^b	24,27
20 ²	237,06 ± 25,48 ^a	277,64 ± 44,62 ^a	224,70 ± 19,70 ^a	34,27

¹Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas, diferem significativamente (p <0,05) pelo teste SNK.

²Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas, não diferem significativamente pelo teste SNK.

Tabela 5. Níveis médios de VLDL (lipoproteínas de muito baixa densidade) plasmático (mg/dl) de *Piaractus mesopotamicus*, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaina (0, 2 e 4%).

Período Dias	% Betaina na dieta			CV %
	0	2	4	
0	46,59 ± 5,75	-	-	-
10 ¹	42,01 ± 4,19 ^b	69,20 ± 4,22 ^a	49,84 ± 6,14 ^b	24,27
20 ²	47,41 ± 5,10 ^a	55,53 ± 8,92 ^a	44,94 ± 3,81 ^a	34,27

¹Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas, diferem significativamente (p <0,05) pelo teste SNK.

²Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas, não diferem significativamente pelo teste SNK.

A inclusão de 2% de betaina na dieta diferiu significativamente ($p < 0,05$) da ração controle (0% betaina), aumentando os níveis de triglicérides (Figura 3) no plasma sanguíneo de pacus após 10 dias de alimentação, o mesmo ocorrendo com o VLDL (Figura 4). Esses resultados não estão de acordo com Turpin (1985), que obteve redução de triglicérides em humanos com hipertrigliceridemia, tratados com ampolas de citrato de betaina, assim como com Barak (1993), comparando animais alimentados com dietas contendo etanol e etanol mais betaina demonstrou o efeito benéfico da betaina, reduzindo o nível de triglicérides hepático, concluindo que a betaina pode proteger o fígado, reduzindo o risco de cirrose causada por dietas com deficiência em colina.

Zeisel (1981), também demonstrou que a presença da síndrome do fígado gorduroso, envolvendo acúmulo de triglicérides no fígado de ratos alimentados com dietas deficientes em colina, favorece a formação inadequada de lipoproteínas. Dietas deficientes em colina promovem desequilíbrios nas reações bioquímicas do organismo causando distúrbios, como a síndrome do fígado gorduroso, devido a baixa oxidação em betaina e, conseqüentemente, a baixa liberação de grupos metil lábeis para atuar nessas reações.

A formação indireta de epinefrina, pela betaina, pode ter causado uma redução na síntese da lipoproteína-lipase, reduzindo a hidrólise de triglicérides e promovendo elevação do seu teor no plasma sanguíneo, de pacus alimentados por 10 dias com 2% de betaina, embora o mesmo não tenha ocorrido com a inclusão de 4% de betaina na dieta.

Com 20 dias de alimentação, não houve efeito da betaina sobre o teor de triglicérides e VLDL plasmático, porém, pode-se observar uma

mudança, embora não significativa, nesse perfil plasmático, quando comparado com 10 dias de alimentação. Os dados sugerem que, com maior tempo de experimento, pode ocorrer um possível aumento desses valores para peixes alimentados com a ração controle e decréscimo para aqueles alimentados com betaina (Figura 3 e 4).

A utilização de heparina na coleta do sangue para a obtenção do plasma pode ter influenciado os resultados em ambos os períodos promovendo um clareamento da lipemia, embora tenha sido utilizada a mesma metodologia para todos os tratamentos, sugerindo que a utilização do soro ao invés do plasma seja mais adequado para esse tipo de análise.

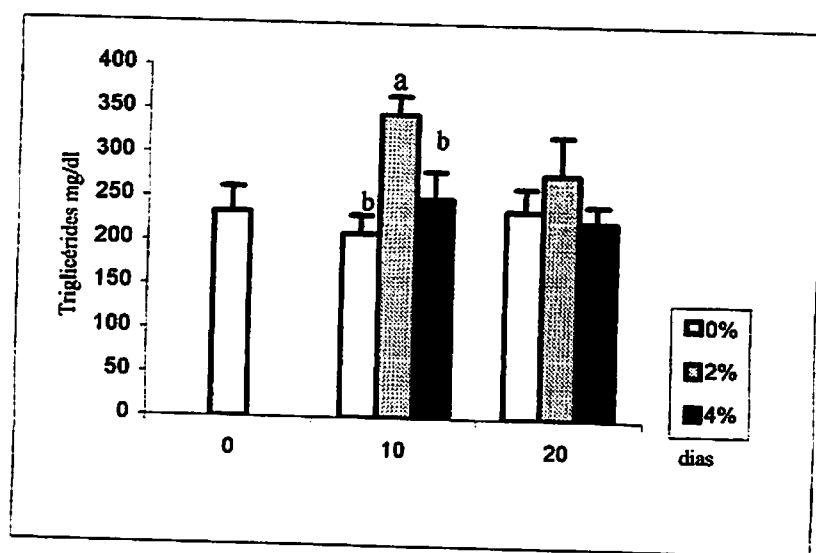


Figura 3. Níveis plasmáticos de triglicérides (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaina.

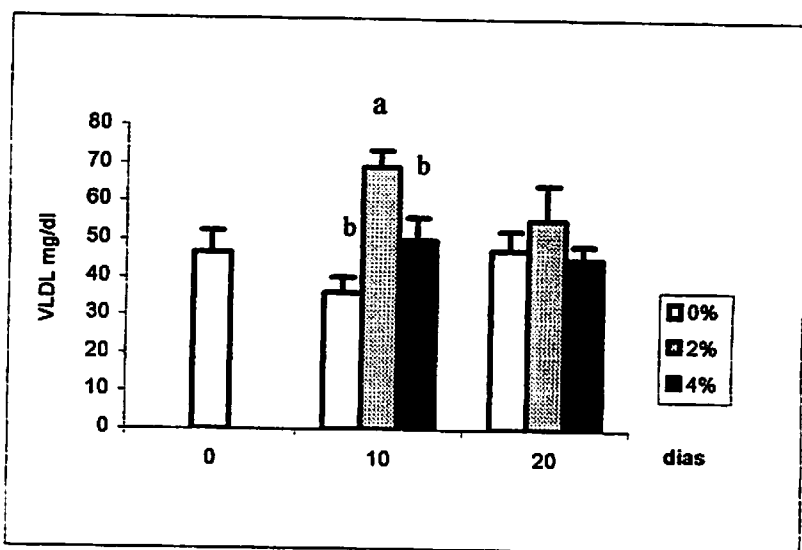


Figura 4. Níveis plasmáticos de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaina.

4.1.4 Colesterol, lipoproteínas de alta densidade (HDL) e lipoproteínas de baixa e muito baixa densidade (LDL e VLDL) séricos de Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos à alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

Os resultados referentes aos níveis de colesterol, HDL e VLDL/LDL encontrados no soro de pacu alimentado com as dietas experimentais encontram-se nas Tabelas 6, 7 e 8 respectivamente.

Tabela 6. Níveis médios de colesterol sérico (mg/dl) de *Piaractus mesopotamicus*, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).

Período Dias	% Betaína na dieta			CV (%)
	0	2	4	
0	119,43 ± 5,20	-	-	-
10	109,15 ± 5,39	120,77 ± 4,66	112,57 ± 6,70	13,09
20	139,52 ± 22,73	120,96 ± 9,39	106,76 ± 5,16	30,94

* Não houve diferença estatística ($p > 0,05$).

Tabela 7. Níveis médios de lipoproteínas de alta densidade (HDL) no sangue (mg/dl) de *Piaractus mesopotamicus*, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).

Período Dias	% Betaína na dieta			CV (%)
	0	2	4	
0	43,96 ± 3,63	-	-	-
10 ¹	46,93 ± 4,21 ^a	47,91 ± 7,40 ^a	47,91 ± 3,69 ^a	30,08
20 ²	58,14 ± 2,13 ^a	46,04 ± 3,27 ^b	47,46 ± 3,72 ^b	15,90

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas, não diferem significativamente pelo teste SNK.

² Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas, diferem significativamente ($p < 0,05$) pelo teste SNK.

Tabela 8. Níveis médios de lipoproteínas de muito baixa e baixa densidade (VLDL/LDL) no sangue (mg/dl) de *Piaractus mesopotamicus*, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).

Período Dias	% Betaína na dieta			CV (%)
	0	2	4	
0	75,47 ± 5,78	-	-	-
10	62,22 ± 4,61	72,86 ± 7,16	64,66 ± 3,86	24,27
20	81,38 ± 23,00	74,92 ± 9,18	59,30 ± 3,82	34,27

* Não houve diferença estatística ($p > 0,05$).

Os resultados demonstram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para os níveis séricos de colesterol e HDL entre os três tratamentos com 10 dias de alimentação, porém a adição de betaína na dieta de pacus,

promoveu uma redução gradativa, não significativa do colesterol (Figura 5) e decréscimo significativo ($p < 0,05$) nos níveis de HDL para T1 e T2 (Figura 6) após 20 dias de alimentação.

Embora a redução do colesterol não tenha sido significativa, constatou-se que a suplementação com betaina proporcionou resultados benéficos em relação a decréscimo do HDL, mantendo a proporção colesterol/ HDL nos níveis normais quando comparado com a relação existente entre o lote alimentado com dieta controle (Tabela 9). Níveis de colesterol, LDL e HDL não devem ser analisados separadamente, a relação LDL/ HDL e/ ou colesterol/ HDL devem ser mantidos dentro da normalidade de cada espécie (Alvares-Leite et al., 1995).

Tabela 9. Relação colesterol / HDL (mg/dl) de *Piaractus mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaina (0, 2 e 4%).

Período Dias	%Betaina na dieta		
	0	2	4
0	2,72	-	-
10	2,33	2,52	2,34
20	2,40	2,62	2,25

Os diferentes níveis de betaina na dieta não afetaram significativamente ($p > 0,05$) o perfil sérico de VLDL/ LDL (Figura 7), estando de acordo com o trabalho realizado por Turpin (1985), o qual não constatou alteração significativa no perfil de apoproteínas A e B (HDL e VLDL) em humanos e discordam de Yao e Vance (1989) que constataram uma secreção subótima de LDL e VLDL em ratos alimentados com dietas deficientes em colina e suplementadas com betaina.

A colina sintetiza lecitina (Islabão, 1987). A betaina também atua na fosforilação da colina (Kidd, Ferker e Garlich, 1997). A lecitina é o fosfolípido envolvido na remoção do excesso de colesterol não esterificado das lipoproteínas e dos tecidos transporte de colesterol via lecitina:colesterol aciltransferase (LCAT).

As HDLs consistem de duplas camadas discóides contendo opoproteínas e colesterol livre. A LCAT e a apoproteína A ativadora de LCAT converte os fosfolípidios e o colesterol livre em ésteres de colesterol e lisolecitina. A lisolecitina é transferida para a albumina plasmática e os ésteres de colesterol penetram no interior hidrofóbico da bicamada em reação contínua até formar HDL coberta por uma película de lipídeos e apoproteínas polares e núcleo apolar. O colesterol esterificado pode ser transferido para quilomicrons, VLDL, LDL, por meio de proteína transferidora de ésteres de colesterol (apoD), componente da HDL permitindo a transferência do éster de colesterol da HDL para o fígado. Assim sendo, as concentrações de HDL no plasma variam, reciprocamente, com as concentrações de VLDL (Mayes et al., 1994).

Esse mecanismo pode explicar os resultados obtidos (Figura 5, 6 e 7), mesmo que não significativo para colesterol e VLDL plasmático, e permite inferir que um maior tempo de alimentação com betaina poderia levar a uma redução significativa desses constituintes lipídicos, devido a sua atuação indireta na síntese de LCAT.

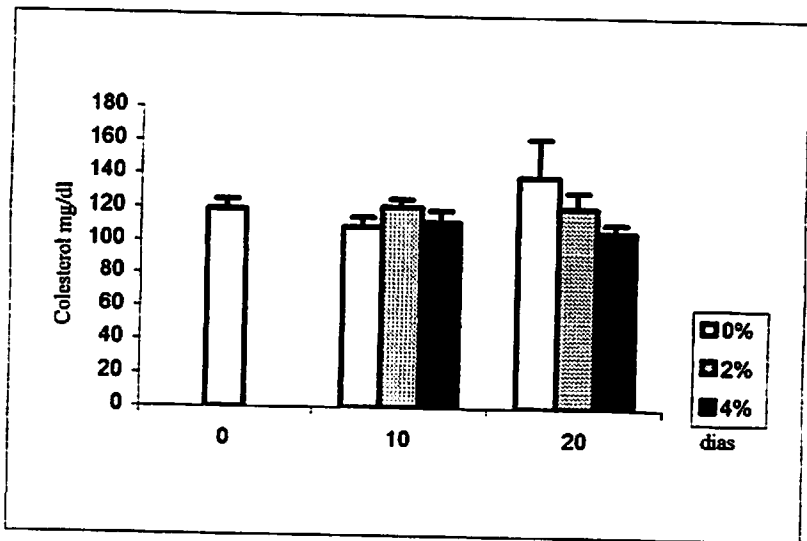


Figura 5. Níveis séricos de colesterol (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaina.

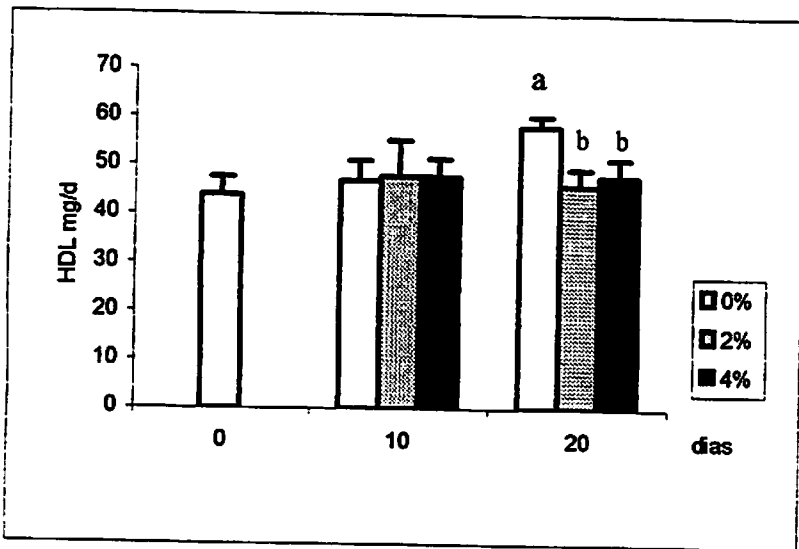


Figura 6. Níveis séricos de lipoproteínas de alta densidade (HDL) (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaina.

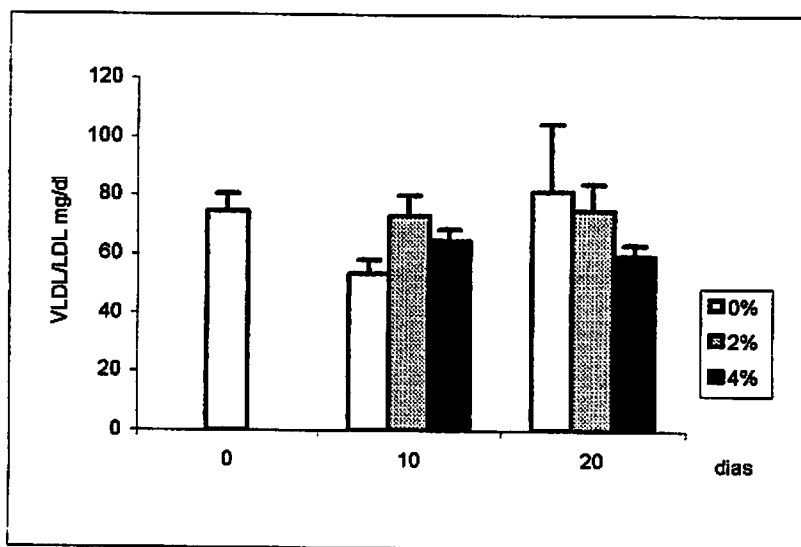


Figura 7. Níveis séricos de lipoproteínas de muito baixa e baixa densidade (VLDL/ LDL) (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína.

4.1.5 Lipídio total plasmático de *Piaractus mesopotamicus*, submetidos à alimentação contendo diferentes níveis de betaína.

Na Tabela 10, encontram-se os valores de lipídio total plasmático de pacus submetidos ao experimento com dietas contendo betaína.

Tabela 10. Níveis médios de lipídio total plasmático (mg/dl) de *Piaractus mesopotamicus*, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).

Período Dias	%Betaína na dieta			CV (%)
	0	2	4	
0	681,68 ± 38,92	-	-	-
10 ¹	968,99 ± 57,38 ^a	1008,12 ± 44,81 ^a	978,22 ± 68,30 ^a	-
20 ²	1056,80 ± 119,77 ^b	1410,20 ± 94,91 ^a	1100,34 ± 150,49 ^b	-

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas, não diferem significativamente pelo teste SNK.

² Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas, diferem significativamente (p < 0,05) pelo teste SNK.

O tratamento com 4% de betaina promoveu aumento significativo do lipídio total plasmático em relação à ração controle ao tratamento 2, com maior tempo de alimentação (Figura 8). Esses resultados discordam com os dados obtidos por Virtanen, Junnila e Soivo (1989), ao estudar o efeito da alimentação suplementada com betaina sobre a adaptação osmótica do *Salmo solar*.

A deficiência de colina pode ser ocasionada basicamente por escassez de grupo metil lábil para sua formação, uma vez que a colina pode ser sintetizada pelos grupos metil da metionina, no processo de transmetilação. Ao suprir a dieta com nível adequado de betaina, que possui três grupos metil lábeis, podemos inferir que a exigência de colina na dieta poderá ser suprida pela síntese de colina no organismo. A sua ausência implica no impedimento da síntese de fosfolipídios das lipoproteínas, permitindo acumular triacilgliceróis, (representante do lipídio total, juntamente com fosfolipídios, éster de colesterol, colesterol livre e ácidos graxos livres) no fígado, ocasionando o estado patológico conhecido como síndrome do fígado gorduroso.

Geralmente, as fontes de metil induzem à mobilização de lipídios no fígado. Esse efeito foi demonstrado em ratos alimentados com dietas suplementadas com betaina, que protegeu de forma eficaz contra a síndrome de do fígado gorduroso, induzido experimentalmente (Barak et al., 1993).

A ação sobre o nível de lipídio total plasmático pela betaina está representado na Figura 8.

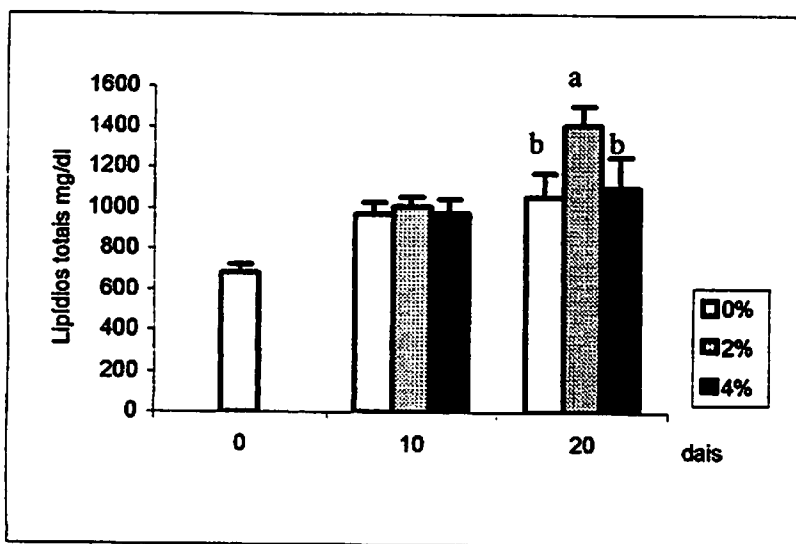


Figura 8. Níveis plásmaticos de lipídio total (mg/ dl) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaína.

4.2 Análise do glicogênio hepático de *Piaractus mesopotamicus*, submetidos à alimentação contendo diferentes níveis de betaína.

Na Tabela 11, encontram-se os valores do glicogênio hepático de pacus submetidos ao experimento com dietas contendo 2 e 4% de betaína.

Tabela 11. Níveis médios de glicogênio hepático (μ moles de glicosil-glicose/ g tecido) de *Piaractus mesopotamicus*, com 0, 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de betaína (0, 2 e 4%).

Período Dias	% Betaína na dieta			CV %
	0	2	4	
0	773,54 \pm 46,79	-	-	-
10	392,99 \pm 95,59 ^{SB}	585,89 \pm 40,76 ^{bA}	886,55 \pm 109,54 ^{aA}	31,97
20	535,61 \pm 46,93 ^{aA}	549,42 \pm 46,03 ^{aA}	508,88 \pm 84,64 ^{aB}	30,39

^{a1} Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, diferem significativamente ($p < 0,05$) pelo teste SNK.

^{a2} Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas, diferem significativamente ($p < 0,05$) pelo teste SNK.

Com 10 dias de alimentação houve um aumento significativo ($p < 0,05$) do teor de glicogênio hepático com o aumento do teor de betaina na dieta (Figura 9).

O metabolismo do glicogênio é controlado por duas principais enzimas, a glicogênio sintetase e fosforilase, reguladas por reações, nas quais agem muitos hormônios. No fígado, a enzima existe em uma forma ativa, a fosforilase a, tem um de seus resíduos serina fosforilado numa ligação éster com a hidroxila da serina. Por ação de fosfatase específica, a enzima pode ser inativada pela fosforilase b, numa reação que envolve a remoção hidrolítica do fosfato do resíduo serina. A reativação requer a refosforilação com ATP por uma enzima específica, a fosforilase-quinase. O principal fator que controla o metabolismo do glicogênio no fígado é a concentração da fosforilase a, que limita a velocidade da glicogenólise e inibe a ativação da proteína fosfatase-1, controlando a síntese de glicogênio. A inativação da fosforilase pode ser devida a inibição alostérica pela glicose, à medida que sua concentração aumenta (Mayes et al., 1994).

A betaina participa indiretamente da síntese de serina, via dimetilglicina, justificando os dados obtidos neste experimento após 10 dias de alimentação. Os valores de glicogênio obtidos com o uso de 4% de betaina na dieta, durante 10 dias de alimentação, estão semelhantes aos níveis encontrados para esta mesma espécie ($859,32 \pm 32,21$) por Moraes et al., (1997). Contudo, pacus submetidos a um maior período de alimentação com ração controle e rações contendo betaina, apresentaram teores de glicogênio hepático semelhante, ocorrendo uma redução desses valores quando comparado com 10 dias de alimentação. Este fato pode estar relacionado ao maior tempo de permanência em condições experimentais, o que, possivelmente, pode acarretar em ocorrência de estresse pelos peixes. Estes valores diferiram significativamente dos dados obtidos com 10 dias de alimentação, havendo interação entre tempo e tratamento, sugerindo que a

betaina pode promover uma mudança no perfil do glicogênio hepático com o maior tempo de alimentação.

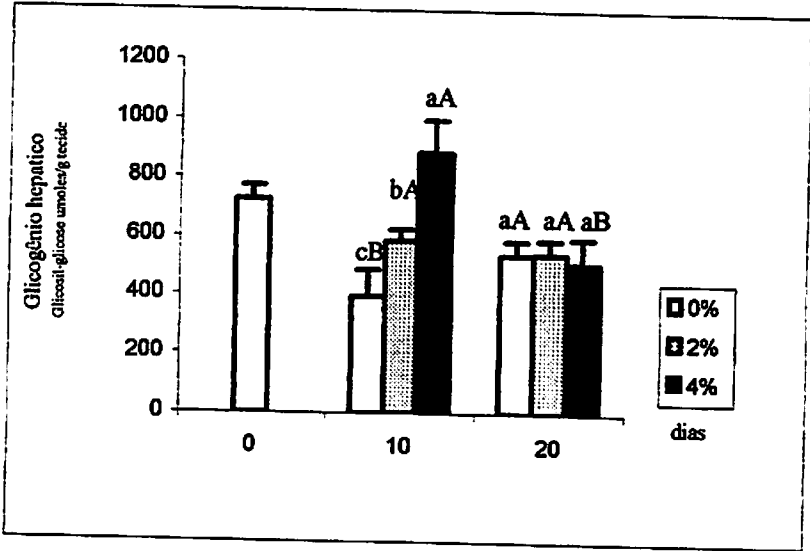


Figura 9. Níveis de glicogênio hepático (μ moles de glicosil-glicose/ g tecido) de *P. mesopotamicus*, após 10 e 20 dias de alimentação com dietas contendo 0, 2 e 4 % de betaina.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos durante os experimentos realizados, pode-se concluir que a adição de betaína até 4 %, reduz as lipoproteínas de alta densidade (HDL mg/ dl) no soro sanguíneo de juvenis de pacus após um maior tempo de alimentação (20 dias) demonstrando também a possibilidade de redução gradual do colesterol e de lipoproteínas de muito baixa e de baixa densidade (VLDL / LDL) séricos. A adição de 2% de betaína na dieta aumentou os níveis de glicogênio hepático, triglicérides e lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL mg dl) no plasma sanguíneo com 10 dias de alimentação; e de lipídios totais com 20 dias de alimentação.

Os resultados sugerem que sejam realizados novos experimentos testando maiores níveis de inclusão de betaína na dieta por maior tempo de alimentação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ-LEITE, J.A. et al. **Química-Fisiológica**. 2.ed. São Paulo: Atheneu , 1995.
- BARAK, A.J.; BECKENHAUER, H.C.; JUNILLA, M.; TUMA, D.J. Dietary betaine promotes generation of hepatic S-adenosilmethionine and protects the liver from ethanol-induced fatty infiltration. **Clinical and Experimental Research**, New York, v.17, n.3, p.552-555, 1993.
- BIDINOTTO, P.M.; MORAES, G.; SOUSA, R.H.S. Hepatic glycogen and glucose in eight tropical fresh water teleost fish a procedure for field determinations of micro samples. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.10, p.53-57, 1997.
- BOYD, C.E. **Water quality management for pond fish culture**. Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1982. p.318.
- CLARKE, W.C.; VIRTANEN, E.; BLACKBURN, J.; HIGGS, D.A. Effects of a dietary betaine/ amino acid additive on growth and seawater adaptation in yearling chinook salmon. **Aquaculture**, Amsterdam, v.121, p.137-145, 1994.
- DERIDER, J.J.M.; VAN DAM, K. Control of choline oxidation by rat- liver mitochondria. **Biochimica et biophysica Acta**, Amsterdam, v.408, p.112-122, 1975.
- DERIDER, J.J.M.; VAN DAM, K. The efflux of betaine from rat-liver mitochondria, a possible regulating step in choline oxidation. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v.291, p.557-563, 1973.
- DUBOIE, M. et al. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p.350-358, 1956.
- KIDD, M.T.; FERKET, P.R.; GARLICH, J.D. Nutricional and osmorregulatory functions of betaine. **World's Poultry Science Journal**, Wageningen, v.53, n.2, p.125-139, June 1997.

- LOMBARDI, B.; PANI, P. ; SCHLUNK, F.F. Choline- deficiency fatty liver: impaired release of hepatic triglycerids. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v.9, p.437-446, 1968.
- ISLABÃO, N. **Vitaminas – Seu metabolismo no homem e nos animais domésticos**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1987.
- MAYES, P.A.; MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; RODWELL, V.W. **Harper: bioquímica**. 7.ed. São Paulo: Atheneu, 1994.
- MORAES,G.; CHIPARI, A.R.; GUERRA, C.D.R.; GOMES, L.C.; SOUZA, R.H.S. Immediate changes observed on metabolic parameters of the freshwater teleost fish *Piaractus mesopotamicus* (pacu) under severe hypoxia. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v.10, p.45-52, 1997.
- MURRAY, R.K.; MAYES, P.A.; GRANNER, D.K.; RODWELL, V.W. **Harper: bioquímica**. 7.ed. São Paulo: Atheneu, 1994.
- SAS. SAS/STAT Software. **Guide for personal computers**. Inc, Cary, New York, 1985.
- SAUDENDERSON, C.L. ; MCKINLAY, J. Changes in body-weight, composition and hepatic enzyme activities in response to dietary methionine, betaine and choline levels in growing chicks. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.63, n.2, p.339-349, Sept. 1990.
- SCHEXNAILDER, R.; GRIFFITH, M. Liver fat and egg production of laying hens influenced by choline and other nutrients. **Poultry Science**, Champaign, v.52, n.3, p.1188-1194, May 1973.
- SCOTT, M.L. **Nutrition of humans and selected animal Species**. New York: John Wiley and Sons, 1986. p.537.
- SOUZA, R.H.S. **Respostas cardio-respiratórias e metabólicas de dourado, *Salminus maxillosus*, (Teleostei, Characidae)**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos - SP, 1999. p.160. (Tese de doutorado).
- STRYER, L. **Biosynthesis of amino acids and heme**. **Biochemistry**. 3th ed. New York: W.H. Freeman and Company, 1988. p.575-626.

- TURPIN, G. A double blind study of the effectiveness of Beaufour betaine citrate ampullas in the treatment of type IV hyperlipidaemias. (In French) Étude en double aveugle de l'efficacité du citrate de bétaine beaufour ampoules dans le traitement des hyperlipidémies de type IV. *Sem Hôp Paris*, Paris, v.61, n. 3, p.2429-2434, 1985.
- VIRTANEN, E.; HOLE, R.; RESINK, J.W.; SLINNING, K-E. ; JUNNILA, M. Betaine/amino acid additive enhances the seawater performance of trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed standard fish-meal-based diets. *Abstracts/Aquaculture*, Amsterdam, v.124, p.219-222, 1994.
- VIRTANEN, E.; JUNNILA, M.; SOIVIO, A. Effects of food containing betaine/amino acid additive on the osmotic adaptation of young Atlantic Salmon, *Salmo solar* L. *Aquaculture*, Amsterdam, v.83, p.109-122, 1989.
- WOLFORD, J.H. ; POLIN, D. Effect of inositol lecithin vitamins (B12 with choline and E), and iodinated casein on induced fatty liver –hemorrhagic syndrome in laying chickens. *Poultry Science*, Champaign, v.54, n.4, p.981-991, July 1975.
- YANCEY, P.H.; CLARCK, N.E.; HAND, S.C.; BOWLUS, R.D.; SOMERO, G.N. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. *Science*, London, v.217, n.4566, p.1214-1222, Sept. 1982.
- YAO, Z.; VANCE, D.E. Head group specificity in the requirement of phosphatidylcholine biosynthesis for very low density lipoprotein secretion from cultured hepatocytes. *Journal of Biological Chemistry*, Baltimore, v. 264, n.19, p.11373-11380, July 1989.
- ZEISEL, S.H. Dietary choline: biochemistry, physiology and pharmacology. *Annual Review of Nutrition*, Palo Alto, v.1, p.95-121, 1981.

ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A. Resumo das análises de variância do peso médio corporal (g) de pacus, <i>Piaractus mesopotamicus</i> , submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina.	92
TABELA 2A. Resumo das análises de variância do ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA) de pacus, <i>Piaractus mesopotamicus</i> , submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina.	92
TABELA 3A. Resumo das análises de variância do teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e gordura (EE) na carcaça de pacus, <i>Piaractus mesopotamicus</i> , submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina.	92
TABELA 4A. Peso médio corporal (g) de pacus, <i>Piaractus mesopotamicus</i> , de acordo com o tratamento (% de betaina) e o período de criação (dias).	93
TABELA 5A. Comprimento médio corporal (g) de pacus, <i>Piaractus mesopotamicus</i> , de acordo com o tratamento (% de betaina) e o período de criação (dias).	93
TABELA 6A. Ganho de peso médio diário (GPMD) em gramas/ dia, conversão alimentar (CA) e taxa de eficiência alimentar (TEA), de pacus, <i>Piaractus mesopotamicus</i> , em 80 dias de criação, de acordo com o tratamento (% de betaina).	93

ANEXO B

Página

- TABELA 1B.** Resumo das análises de variância dos níveis de hematócrito venoso (Htv) e glicose plasmática (GP) de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina. 94
- TABELA 2B.** Resumo das análises de variância dos níveis de triglicérides e VLDL plasmática de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina. 94
- TABELA 3B.** Resumo das análises de variância dos níveis séricos de colesterol, HDL e VLDL/LDL de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina. 94
- TABELA 4B.** Resumo das análises de variância dos níveis de glicogênio hepático (GH) e lipídio total plasmático (LT) de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina. 94

TABELA 1A. Resumo das análises de variância do peso médio corporal inicial e final (g) de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

Fonte de Variação	GL	Inicial		Final	
		Quadrado Médio	Nível de Significância	Quadrado Médio	Nível de Significância
Trat	4	852,53	0,10654	3538,19	-
Linear	1	1470,02	0,06494	4888,28	0,26191
Quad	1	1247,51	0,08646	2545,95	-
Cubic	1	131,69	-	5164,50	0,24941
Quart	1	560,87	0,23756	1554,03	-
Resíduo	15	370,60	-	3596,94	-
CV	-	-	10,51	-	10,05

TABELA 2A. Resumo das análises de variância do ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA) de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

Fonte de Variação	GL	GPMD		CA	
		QM	Nível Sign	QM	Nível Sign
Trat	4	0,3459	-	0,2003	-
Linear	1	0,1558	-	0,4626 ¹	-
Quad	1	0,3580 ¹	-	0,3111 ¹	-
Cubic	1	0,5689	0,30584	0,4286	0,20387
Quart	1	0,6222	0,28538	0,2956	0,28725
Resíduo	15	0,5069	-	0,2428	-
CV	-	-	18,82	-	16,57

TABELA 3A. Resumo das análises de variância do teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e gordura (EE) na carcaça de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

Fonte de Variação	GL	GPMD		CA	
		QM	Nível Sign	QM	Nível Sign
Trat	4	0,3459	-	0,2003	-
Linear	1	0,1558	-	0,4626 ¹	-
Quad	1	0,3580 ¹	-	0,3111 ¹	-
Cubic	1	0,5689	0,30584	0,4286	0,20387
Quart	1	0,6222	0,28538	0,2956	0,28725
Resíduo	15	0,5069	-	0,2428	-
CV	-	-	18,82	-	16,57

TABELA 4A. Peso médio corporal (g) de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, de acordo com o tratamento (% de betaina) e o período de criação (dias).

Tratamento % betaina	Período de criação (dias)				
	0	21	42	63	80
0	308,60±21,86	426,00±47,81	489,48±26,41	591,65±28,49	632,6 ±39,11
1	283,25±13,53	387,30±20,93	463,30±32,84	563,00±66,94	592,38±79,26
2	288,45±28,58	365,45±34,52	433,48±32,35	542,90±43,74	576,75±60,22
3	276,35±17,83	380,35±32,58	448,48±27,47	547,8 ±40,05	622,75±64,95
4	285,33±27,68	380,60±40,16	432,23±25,27	540,93±56,58	592,00±48,06
CV (%)	6,55	-	-	-	10,05

TABELA 5A. Comprimento médio corporal (cm) de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, de acordo com o tratamento (% de betaina) e o período de criação (dias).

Tratamento % betaina	Período de criação (dias)				
	0	21	42	63	80
0	24,79 ± 0,80	26,16 ± 1,14	27,53 ± 0,83	28,33 ± 0,53	28,91 ± 0,84
1	23,70 ± 0,53	25,21 ± 0,80	27,19 ± 0,59	28,06 ± 1,07	28,91 ± 1,28
2	23,77 ± 0,47	24,80 ± 0,75	26,34 ± 0,68	27,65 ± 0,87	28,01 ± 1,42
3	23,23 ± 0,49	24,94 ± 0,86	26,71 ± 0,64	27,80 ± 0,61	28,53 ± 1,46
4	23,79± 1,08	25,15 ± 1,01	26,31± 0,72	27,84 ± 0,56	28,68 ± 1,26

TABELA 6A. Ganho de peso médio diário (GPMD) em gramas/ dia, conversão alimentar (CA) e taxa de eficiência alimentar (TEA), de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, em 80 dias de criação, de acordo com o tratamento (% de betaina).

Parâmetros Avaliados	Tratamentos (% betaina)					CV (%)
	0	1	2	3	4	
GPMD (g/dia)	4,05	3,86	3,60	4,33	3,83	18,82
CA	1,57	1,67	1,72	1,59	1,67	16,57

TABELA 1B. Resumo das análises de variância dos níveis de hematócrito venoso (Htv) e glicose plasmática (GPI) de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina, durante 10 e 20 dias.

Fonte de Variação	GL	Htv			GPI		
		QM	F	NS	QM	F	NS
Tratamento (T)	2	20,54	1,610	0,21443	1486,42	4,635	0,01614
Período (P)	1	34,64	2,713	0,10846	59,8617	0,187	-
T x P	2	10,76	1,338	-	6,07745	0,19	-
Resíduo	35	12,76			319,435		
CV	-	-	-	11,87	-	-	15,53

TABELA 2B. Resumo das análises de variância dos níveis de triglicérides e VLDL plasmática de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

Fonte de Variação	GL	Triglicérides			VLDL		
		QM	F	NS	QM	F	NS
Tratamento (T)	2	31051,3	5,437	0,00879	1241,928	5,436	0,0879
Período (P)	1	4,922,94	0,862	-	196,9378	0,862	-
T x P	2	7647,11	1,339	0,27521	305,7693	0,1338	0,27535
Resíduo	35	5711,22			228,4529		
CV	-	-	-	29,22	-	-	29,22

TABELA 3B. Resumo das análises de variância dos níveis séricos de colesterol, HDL e VLDL/LDL de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

Fonte de Variação	GL	Colesterol			HDL			VLDL		
		QM	F	NS	QM	F	NS	QM	F	NS
Tratamento (T)	2	802,43	0,962	-	121,40	0,902	-	562,54	0,685	-
Período (P)	1	694,88	0,892	-	89,47	0,665	-	285,68	0,334	-
T x P	2	1248,90	1,441	0,250	1711,13	1,441	0,293	526,69	0,617	-
Resíduo	35	866,80			134,61			85 4,30		
CV	-	-	-	24,84	-	-	23,62	-	-	42,18

TABELA 4B. Resumo das análises de variância dos níveis de glicogênio hepático (GH) e lipídio total plasmático (LT) de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a alimentação contendo diferentes níveis de betaina.

Fonte de Variação	GL	GH			LT		
		QM	F	NS	QM	F	NS
Tratamento (T)	2	24499,21	1,693	0,20708	155799,1	2,343	0,11094
Período (P)	1	109737,4	7,583	0,00313	425178,1	6,394	0,01612
T x P	2	49803,11	3,442	0,02496	102156,1	1,536	0,22936
Resíduo	35	14471,20			66501,5		
CV	-	-	-	-	-	-	23,66