ESTABELECIMENTO DE FUNÇÕES BENEFÍCIO DA PRODUÇÃO DE TILÁPIAS EM TANQUES-REDE NO RESERVATÓRIO DE XINGÓ PARA DIFERENTES CENÁRIOS

Carlos Alberto Gomes de Amorim Filho[1] *& Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes*[2]

RESUMO --- A determinação dos benefícios econômicos da produção de tilápias em tanques-rede em função de diferentes quantidades de fósforo aportadas no reservatório de Xingó por este uso possibilitam a mensuração das perdas impostas a esses usuários, os custos sociais, por limites de qualidade que venham a ser estabelecidos, para evitar impactos ambientais tais como a eutrofização do reservatório. Estes valores de reduções de benefícios para diferentes usuários, podem subsidiar decisões e políticas públicas que eliminem o conflito entre os diferentes usos no reservatório, possibilitando o desenvolvimento econômico da região com sustentabilidade. Os dados obtidos em campo e a aplicação da metodologia mostram que a densidade de estocagem escolhida pelos produtores depende do tamanho do peixe demandado pelo mercado e do limite permitido de fósforo que pode ser lançado no ambiente. Foi assim identificado, para diferentes cenários de mercado e diferentes limites impostos, o lucro máximo obtido pelos produtores em função da carga aportada ao ambiente, que representa o benefício econômico do uso. Além disso, a partir de limites, intervalos e funções estabelecidas, obteve-se uma forma de calcular os custos sociais imputados aos produtores, por restrições de lançamento de fósforo ao ambiente.

ABSTRACT --- The determination the economic benefits of the tilapia production in cages according to different phosphorus levels allocated to the Xingó reservoir by this use enable the measurement of losses impose on this users, the social costs, by quality limits that can be established, to avoid environmental impacts like reservoir eutrophication. These values of benefit reductions for different users can subsidise decisions and public policies that eliminate conflicts between different uses in Xingó reservoir, allowing the region economic development with sustainability. The data from research and application of the methodology show that the density chosen by the producers depends on fish size demanded by market and limit of phosphorus allowed to be released to the environmental. By this way, for different market scenarios and different limits imposed, were identified the maximum benefit obtained by producers according to the allocated load in the environmental, that represents the economic benefit of the use. Furthermore, from the limits, intervals and functions established, it was found a way to calculate social costs imposed on producers by constrains of phosphorus released to the environment.

Palavras-chave: Funções Benefício Econômico, Piscicultura, Aporte de Fósforo.

[1] Professor substituto do Departamento de Economia da UFPE e doutorando do Programa de Pós-Graduação em Economia da UFPE (PIMES), Avenida dos Economistas, s/n, Centro de Ciências Sociais Aplicadas / UFPE, 50740-590 Recife. E-mail: carlos.agaf@gmail.com

[2] Professora Adjunta do Departamento de Economia da UFPE, Avenida dos Economistas, s/n, Centro de Ciências Sociais Aplicadas / UFPE, 50740-590 Recife. E-mail: marciagamoraes@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de peixes em tanques-rede faz parte de uma categoria chamada de cultivo super-intensivo, apresentando alto grau de desenvolvimento em várias partes do mundo e poderá ser uma importante opção disponível aos piscicultores brasileiros para a criação de espécies economicamente viáveis. Neste tipo de cultivo, é indispensável à utilização de rações balanceadas para se obter um crescimento adequado e lucrativo dos peixes. Apesar dos gastos com ração, este cultivo é hoje um método crescente de aceitação popular, pois envolve custos iniciais relativamente baixos e métodos de manejo e tecnologia muito simples (Schmittou, 1997). Este sistema de cultivo tem crescido em países como China, Indonésia e Brasil e tende a tornar-se o mais importante sistema de criação de peixes em países com práticas em aqüicultura, devido às vantagens que apresenta sobre os sistemas convencionais de cultivo (Zaniboni Filho *et al*., 2005).

Ono e Kubitza (2003) ressaltam que, atualmente, esta prática de cultivo vem ganhando adeptos em todo o Brasil, pois, ao contrário das estratégias de cultivo tradicionais, possibilita o aproveitamento de rios, grandes reservatórios, estuários, lagos naturais e açudes espalhados em milhares de propriedades rurais por todo o país. A atividade no país, embora contemporânea, apresenta grande potencial de crescimento em decorrência da enorme disponibilidade hídrica, estimada em 5,3 milhões de hectares de lâmina d'água em reservatórios naturais e artificiais, principalmente das usinas hidrelétricas, das condições climáticas favoráveis e da maior disponibilidade e do aprimoramento das rações balanceadas para a piscicultura intensiva.

A tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) vem ocupando lugar de destaque na piscicultura em tanques-rede, por ser uma espécie precoce, de rápido crescimento e apresentar excelente desempenho em sistemas intensivos de produção, além do excelente sabor de sua carne. A criação de tilápias teve suas origens aproximadamente 4.000 anos atrás (Balarin *et al.*,1982). É uma espécie originária dos rios e lagos africanos que foi introduzida no Brasil em 1971 em açudes do Nordeste e difundiu-se para todo o país, sendo a segunda espécie mais criada no mundo, logo após a carpa (Popman & Lovshin, 1996). Pólos de cultivo e processamento de tilápia se multiplicam no Brasil, impulsionados principalmente pelo interesse dos consumidores dos Estados Unidos e da Europa pela tilápia brasileira.

Assim, o cultivo de peixes em tanques-rede em alta densidade e com alimentação artificial vem se tornando cada vez mais freqüente, devido à sua alta produção e rápido retorno econômico. No entanto, a introdução da piscicultura intensiva em reservatórios de uso múltiplo gera conflitos qualitativos entre estes usos, uma vez que esta atividade libera no ambiente resíduos (alimentos não

consumidos e material fecal) que contribuem para o aporte de fósforo, um dos principais constituintes de qualidade da água responsável pelo processo de eutrofização do mesmo. Essa eutrofização é benéfica até o ponto em que promove aumento na população de peixes do ambiente natural, entretanto, enriquecimento excessivo do ambiente torna-se poluição, uma vez que favorece a proliferação de algas e o acúmulo do lodo anaeróbico, diminuindo a disponibilidade de oxigênio do meio (Beveridge, 1984; Schmittou, 1997). Outros usos do reservatório, tais como exploração turística em passeios de catamarã, bem como ocupações no entorno do mesmo, tanto por aglomerações urbanas como por assentamentos agrícolas também aportam fósforo no lago. Isto significa que há conflitos de uso entre a piscicultura e os demais usuários. Assim, ao mesmo tempo em que a atividade concorre para o desenvolvimento da região, impacta o ambiente, e portanto impõe custos sociais externos aos demais. Por isso, a piscicultura intensiva em áreas de uso múltiplo requer estudos que utilizem instrumentos econômicos, de forma a buscar a eficiência econômica.

Diante disso, o presente trabalho propõe-se a mensurar os benefícios econômicos da produção de tilápias em tanques-rede para diferentes quantidades de fósforo alocadas no ambiente, para diferentes cenários de mercado que simularão situações de preço e tamanho mínimo de peixes demandados, de forma a subsidiar decisões e políticas públicas que eliminem o conflito entre os diferentes usos no reservatório de Xingó, possibilitando o desenvolvimento econômico da região com sustentabilidade.

O estudo foi realizado no reservatório da usina hidrelétrica de Xingó devido a intensificação de usos na região, como a piscicultura, que comprometem a qualidade da água. O reservatório situa-se entre os Estados de Alagoas e Sergipe, a cerca de 2 km a montante do município de Canindé do São Francisco (SE) e a cerca de 179 km da foz do rio. O reservatório fica quase totalmente confinado no "canyon" do rio, com 60 km de comprimento na cota de 138 m, apresenta uma superfície de 60 km² e um volume total de 3,8 bilhões de m³. Além da piscicultura este reservatório possui outros usos que comprometem a qualidade da água, como o turismo, e a disponibilidade hídrica, como a geração de energia elétrica. Existem, ainda, a irrigação nos assentamentos e o abastecimento humano, que afetam tanto a qualidade da água como a disponibilidade hídrica.

Portanto, considerando-se o grande potencial da tilápia para criação em regime intensivo e o conflito qualitativo existente entre os diversos usos em reservatórios gerado por essa atividade e outras igualmente importantes para o desenvolvimento da região, julga-se válido o desenvolvimento de estudos neste sentido, com vistas a subsidiar políticas que contribuam para o melhor planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos desta região.

2. OS IMPACTOS DA PISCICULTURA NA QUALIDADE DA ÁGUA

Os principais aspectos do meio ambiente que devem ser considerados na piscicultura são os que podem produzir impactos negativos sobre os ecossistemas, principalmente na qualidade da água, por meio de descartes de efluentes e os conflitos entre usuários da água, quando da não regulamentação e administração dos recursos hídricos de forma planejada (Almeida, 2006).

Phillips *et al*. (1991) considera que o maior impacto na utilização da água pela aqüicultura é o impacto sobre a qualidade da água. As principais fontes poluentes do ambiente aquático são as rações e metabólitos (substâncias químicas produzidas através de material orgânico) dos peixes que apresentam altos teores de nitrogênio e fósforo (Medeiros, 2002).

O nitrogênio e o fósforo, presente nos rios e lagos, constituem dois nutrientes básicos que dão suporte à cadeia alimentar. Os problemas advindos do aumento dessas concentrações refletem na proliferação de algas, no efeito tóxico da amônia nos peixes e nos déficits de oxigênio consumido no processo (Lima, 2001). Apesar do efluente de piscicultura apresentar grande volume com baixos teores de nutrientes (N e P), quando comparado com efluentes de origem doméstica, o seu lançamento direto e contínuo nos ambientes pode resultar em uma bioacumulação crônica e posteriormente à eutrofização, com conseqüências ecológicas negativas sobre o ambiente aquático.

O conflito que pode ocorrer envolvendo a piscicultura em tanques-rede em reservatórios de uso múltiplo refere-se principalmente, à alteração da qualidade da água, pelo impacto dessa atividade na aceleração da eutrofização e as conseqüências deste fenômeno, que pode inviabilizar seu uso para consumo humano, animal e do próprio projeto de piscicultura. Além disso, o referido processo de eutrofização pode acarretar diversos prejuízos aos esportes náuticos e ao turismo, além do entupimento das grades de tomadas d´água das turbinas de usinas hidrelétricas, devido à alta produção de biomassa dessas populações de plantas (Tanaka, 1998).

A qualidade da água é agravada pelo confinamento, grande adensamento de peixes por tanque-rede e qualidade da ração, entre outros. Por isso, a alimentação que é uma importante fonte de nutrientes para o sistema aquático, deve ser controlada com o uso de rações de alta qualidade em quantidades apropriadas, minimizando os impactos ambientais (Barbosa *et al*., 2000). Parte dos nutrientes fornecidos através da ração é consumida pelos peixes e retirada na forma de biomassa, outra parte é eliminada nas excretas e ainda uma parte não é consumida pelo peixe. O nitrogênio e o fósforo em excesso presentes no alimento são dissolvidos na água ou permanecem em suspensão (IETC, 2001).

Quando do uso em aqüicultura, os reservatórios devem ser protegidos através de ações de gestão integradas com o restante da bacia hidrográfica. Uma clara conclusão neste propósito é de que os programas de gestão serão mais eficientes caso visem à utilização sustentável dos recursos hídricos da bacia, levando em conta a preservação da vida aquática, das atividades de pesca e aqüicultura e demais atividades associadas ao uso do solo e preservação de vegetação.

3. METODOLOGIA

Muitos fatores influenciam o desempenho e a sobrevivência dos peixes em gaiolas e tanques-rede. As características intrínsecas da espécie, qualidade da água, dimensões do tanque-rede, alimentação e a densidade de estocagem são os principais fatores que afetam o sucesso da criação de peixes neste sistema (Beveridge, 1984). Dessa forma, para o desenvolvimento do trabalho foi necessário estabelecer um sistema de produção padrão, baseado nas observações das caracteristicas mais comuns dos criadores da região, assim o estudo foi realizado para tanques-rede com 4m³ de volume útil, a espécie cultivada foi a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), o peso inicial dos alevinos foi de 30 gramas, o tempo de cultivo de aproximadamente 5 meses, o percentual de proteína bruta utilizada nas rações de 32% e as densidades de estocagem de 150, 200, 250, 300 e 425 peixes/m³. A metodologia desenvolvida nesse trabalho baseou-se na teoria econômica e no comportamento racional dos produtores. Já os dados utilizados foram fornecidos por algumas associações de pescadores da região, entre elas, a Associação de Pescadores do Povoado Salgado, situada em Delmiro Gouveia/AL e a Associação dos Pequenos Apicultores e Piscicultores de Canindé, localizada em Canindé de São Francisco/SE;

Ademais, foi estabelecida a hipótese de que a biomassa acumulada (BA), para os diferentes níveis de densidades de estocagem estudados, pode ser estimada por uma função de produção, tendo como argumento o principal insumo utilizado, a quantidade de ração acumulada (RA) no período analisado (5 meses), uma vez que a ração é um insumo de grande peso no custo de produção da tilápia (Scorvo *et al*., 1996, 1999; Carneiro *et al*., 1999b).

O lucro (L) do produtor é representado pela diferença entre a receita obtida com a venda do produto (P * BA) e os custos de produção do sistema (W * RA):

$$L = P * BA - W * RA \qquad (1)$$

onde: BA = f (RA); P é o preço do Kg do peixe; W é o preço do Kg da ração (único insumo).

É assumido, também, que o mercado de peixes é competitivo, uma vez que o preço (P) dos peixes independe do nível de produção dos criadores, seja qual for a quantidade produzida, ele só poderá vendê-la a um preço: o preço vigente no mercado.

A idéia foi então, dados o preço do Kg do peixe, a função de produção f(RA) para cada densidade de estocagem (peixes/m³) e o preço da ração, maximizar a função lucro e encontrar a quantidade de ração (RA) que maximizaria o lucro para cada densidade, ou seja, a quantidade de ração que anula a primeira derivada da função lucro. Nesse ponto de lucro ótimo há o encontro das curvas de custo e receita marginais. Se RA* for a escolha de maximização de lucros, então o preço do peixe multiplicado pelo produto marginal da ração deve ser igual ao preço da ração, ou seja, o valor do produto marginal da ração deve ser igual ao seu preço. Assim, o lucro máximo (benefício econômico) para cada nível de densidade de estocagem foi obtido pela função:

$$L_{max} = P * BE - RA^{*} * W \qquad (2)$$

onde: $BE = f(RA^{*})$ é a biomassa econômica, isto é, a biomassa que maximiza o lucro.

Encontrados os lucros foi estabelecida uma relação destes com a quantidade de carga orgânica (quantidade de fósforo) residual no reservatório proveniente desta atividade. Esta quantidade de fósforo aportada no ambiente foi determinada pela diferença entre a quantidade de fósforo lançada no reservatório através da ração e a quantidade de fósforo absorvida pelos peixes. O fósforo lançado foi calculado através de um percentual fixo da quantidade de fósforo existente em cada Kg de ração, o percentual considerado foi de 1,3%. Do mesmo modo, a quantidade de fósforo que os peixes absorveram foi determinada através de uma taxa que representa a quantidade de fósforo em cada Kg de peixe, a taxa utilizada foi de 0,34%, segundo Schimittou (1997).

Assim, para que fosse possível encontrar o lucro máximo e a quantidade de fósforo que permanece no ambiente proveniente da obtenção deste lucro para as diferentes densidades de estocagem, foi preciso estimar a função de produção f(RA) para cada nível de densidade.

Para estimar as funções de produção f(RA) utilizou-se o seguinte formato de curva (Figura 1):

$$F(x) = \alpha [\, 1 - 10^{-\gamma (x + \theta)} \,] \quad \text{(Função de Mitscherlich)} \qquad (3)$$

onde, $\alpha > 0$, $| 10^{-\gamma} | < 1$ e $-\alpha\, 10^{-\gamma\theta} < 0$.

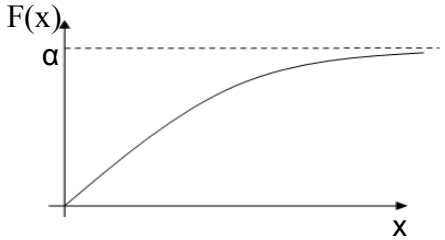

Figura 1 - Representação da Função Mitscherlich.

A Figura 1 ilustra o crescimento hipotético de tilápias (acúmulo de biomassa no sistema) em função do consumo de ração acumulado, ou seja, a função de produção. A variável x representa a quantidade de ração consumida em Kg/m³ durante o ciclo produtivo.

Segundo Varian (2003), quando se aumenta a quantidade utilizada de um insumo, no caso a ração acumulada, mantendo constante a quantidade utilizada dos outros insumos, o produto (biomassa acumulada) aumenta, mas esse aumento é cada vez menor. Analisando o formato da curva da Figura 1, pode-se inferir que há incrementos decrescentes de biomassa à medida que o consumo acumulado de ração aumenta. Efeito este, que também pode ser comprovado pelos sinais das derivadas de primeira e segunda ordem da função. A primeira derivada é positiva, isto é, a produtividade marginal do insumo é positiva, indicando que um aumento na quantidade de ração aumenta a biomassa acumulada. Todavia, a segunda derivada é negativa, significando que esses aumentos são cada vez menores. Matematicamente isto significa dizer que a função de produção é côncava quando se mantém a quantidade utilizada dos outros insumos constantes, exatamente como se verifica na Figura 1.

Ainda analisando a Figura 1, observa-se que o valor da função se aproxima assintoticamente de α quando x tende para o infinito. O parâmetro α corresponde a uma característica biológica da espécie, ou seja, a produção máxima que pode ser alcançada com o fornecimento de determinado insumo em abundância, que neste caso é a ração. O parâmetro θ representa a quantidade do insumo disponível no ambiente. E, o parâmetro γ é denominado coeficiente de eficácia e está relacionado com a intensidade do efeito da unidade de insumo no desenvolvimento da espécie.

Portanto, para determinar as funções de produção para cada um dos níveis de densidade de estocagem estudados foi feita uma estimativa preliminar de α, e as estimativas de γ e θ foram obtidas através da solução de um problema de otimização, no qual minimizou-se uma função objetivo que era a diferença elevada ao quadrado entre a produção da função estimada e a produção dos dados de campo obtidas para as respectivas quantidades de insumo .

4. RESULTADOS

4.1 - Função de produção

Os dados utilizados para a estimação dos parâmetros da função de produção foram obtidos com os criadores da região e se referiram à quantidade total de ração (Kg/m³) ofertada durante todo o ciclo produtivo (5 meses) e a respectiva biomassa acumulada (Kg/m³) obtida ao final do mesmo ciclo. De posse dessas informações e considerando o valor do parâmetro α[3], Tabela 1, obteve-se, com o desenvolvimento de um código fonte, desenvolvido para o software GAMS (General Algebraic Modeling System), os valores do parâmetros γ e θ e consequentemente as curvas de produção para cada densidade, conforme Tabela 2.

[3] Máxima biomassa acumulada para cada densidade, considerando o sistema de produção padrão estabelecido.

Tabela 1. Dados considerados para o parâmetro α para cada densidade.

Densidade de estocagem (peixes/m³)	Valor do parâmetro α (Kg/m³)
150	165
200	200
250	225
300	240
425	255

Fonte: Elaborada pelo próprio autor com dados fornecidos pelas associações de criadores.

Tabela 2. Funções de Produção (Kg/m³).

Densidade de estocagem (peixes/m³)	Função de Produção (Kg/m³)
150	$165\ (1- 10^{(-0,00295544(RA) - 0)})$
200	$200\ (1- 10^{(-0,00254922(RA) - 0)})$
250	$225\ (1- 10^{(-0,00237721(RA) - 0)})$
300	$240\ (1- 10^{(-0,00231137(RA) - 0)})$
425	$255\ (1- 10^{(-0,00218694(RA) - 0)})$

Com relação ao parâmetro exógeno α, observa-se que quanto maior a densidade de estocagem maior o valor desse parâmetro. A partir de informações dos próprios produtores a respeito do tamanho máximo que o peixe poderia alcançar em cada densidade, considerando as características definidas no sistema de produção padrão, e assumindo 100% de sobrevivência, a estimativa do α foi feita multiplicando-se o tamanho máximo do peixe pela quantidade de peixes por metro cúbico.

Em relação aos parâmetros endógenos (γ e θ) estimados no processo de otimização, verifica-se que para todos os níveis de densidade de estocagem a estimativa do parâmetro θ foi zero, significando que o efeito na produção dos insumos existentes no ambiente é praticamente zero. Segundo Tacon (1987), um cultivo intensivo ou superintensivo com alta taxa de estocagem, têm-se uma contribuição mínima de alimento natural e o uso absoluto de rações balanceadas. Já com relação ao outro parâmetro endógeno, o γ, obteve-se valores diferentes para cada densidade.

A Figura 2 apresenta as funções de produção em um único gráfico para melhor compará-las.

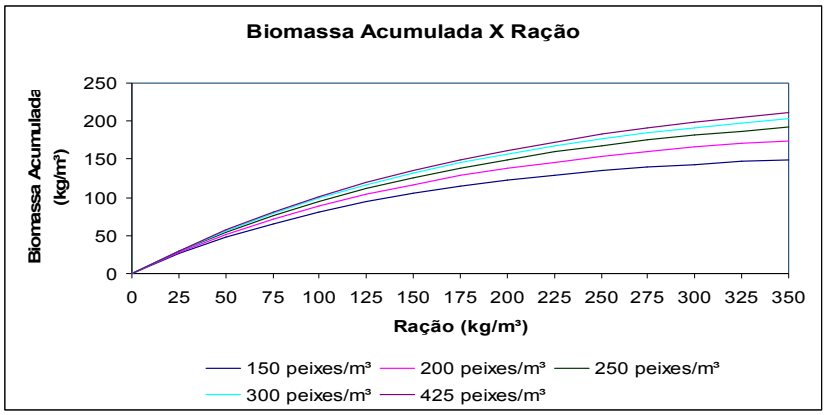

Figura 2 - Curva de Biomassa acumulada (BA) em função da quantidade de ração consumida (RA) durante o ciclo de produção, para as diferentes densidades.

Observa-se que para maiores densidades, a biomassa acumulada (BA) em função da ração acumulada é maior. Isto significa que, para dadas quantidades de ração acumulada, a biomassa acumulada será maior quando se tem maiores densidades. Dessa forma, verifica-se uma relação direta entre o aumento da densidade de estocagem e o incremento da biomassa total. Resultado semelhante foi encontrado por Conte (2002).

4.2 – Biomassa econômica e fósforo aportado

A biomassa econômica de cada densidade foi obtida através da maximização das funções lucro, apresentadas na Tabela 3 e representadas graficamente na Figura 3. Para tal, foram considerados os preços da ração e dos peixes adultos vigentes no mercado da região em fevereiro de 2009, de R$ 1,16/Kg e R$ 4,00/Kg, respectivamente. A maximização da função foi feita com a utilização de código fonte desenvolvido para o software GAMS.

Tabela 3. Funções Lucro (R$/m³).

Densidade de estocagem (peixes/m³)	Função Lucro (R$/m³)
150	$4(165\ (1- 10^{-0,00295544(RA)})) – 1,16\ (RA)$
200	$4(200\ (1- 10^{-0,00254922\ (RA)})) – 1,16\ (RA)$
250	$4(225\ (1- 10^{-0,00237721\ (RA)})) – 1,16\ (RA)$
300	$4(240\ (1- 10^{-0,00231137\ (RA)})) – 1,16\ (RA)$
425	$4(255\ (1- 10^{-0,00218694\ (RA)})) – 1,16\ (RA)$

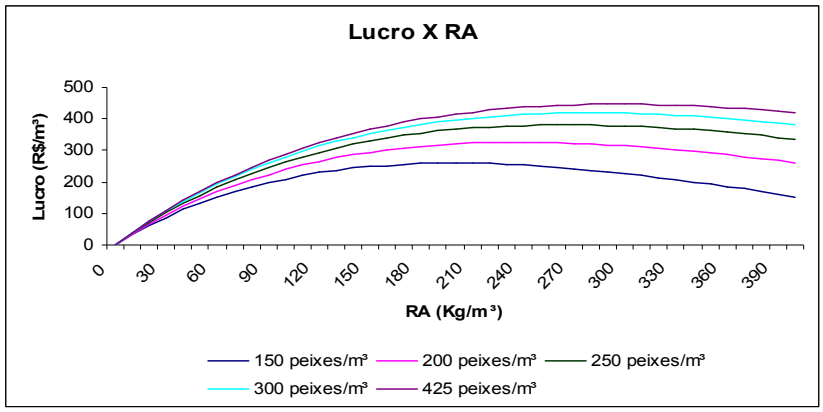

Figura 3 - Funções lucro em função da ração acumulada (RA) para as diferentes densidades.

A Tabela 4 mostra o resultado da maximização, ou seja, o lucro máximo que pode ser obtido para cada densidade de estocagem juntamente com as quantidades de ração, produção e tamanho médio estimado dos peixes, determinados pela obtenção desse lucro.

Tabela 4. Lucro máximo obtido para cada densidade de estocagem.

Densidade de estocagem (peixes/m³)	Quantidade de ração ótima[1] (Kg/m³)	Biomassa econômica[2] (Kg/m³)	Tamanho médio dos peixes[3] (g)	Lucro máximo[4] (R$/m³)
150	198,9294	122,3852	815,9	258,78
200	238,2121	150,5945	752,97	326,05
250	264,203	172,0194	688,08	381,60
300	278,5787	185,5105	618,37	418,89
425	295,479	197,4102	464,49	446,88

(1) Determinada através da maximização da função lucro e representa a quantidade de ração que faz com que o lucro seja máximo;
(2) Encontrada através da função de produção com a utilização da quantidade de ração ótima;
(3) Calculado pela divisão da biomassa econômica pela quantidade total de peixes, assumindo 100% de sobrevivência;
(4) Determinado através das funções lucro utilizando a quantidade de ração ótima.

Analisando os valores da Tabela 4 pode-se perceber que quanto maior a densidade de estocagem utilizada maior a quantidade de ração ótima que tem que ser fornecida durante o cultivo, maior a biomassa econômica e maior o lucro obtido. Além disso, verifica-se também que quanto maior a densidade menor o tamanho dos peixes ao final do cultivo. À medida que se aumenta o número de peixes por m³, a taxa de crescimento individual dos peixes decresce, porém a biomassa total obtida é maior.

De posse das quantidades de ração e produção que proporcionam a maximização do lucro para os diferentes níveis de densidade, pôde-se estimar a quantidade de fósforo que ficaria no ambiente e, portanto, o impacto ambiental resultante da obtenção destes lucros, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Quantidades de fósforo residuais no ambiente para cada densidade.

Densidade de estocagem (peixes/m³)	Fósforo lançado no ambiente (kg/m³)[1]	Fósforo absorvido pelos peixes (kg/m³)[2]	Fósforo remanescente no ambiente (Kg/m³)[3]
150	2,586082	0,41611	2,169972
200	3,096757	0,512021	2,584796
250	3,434639	0,584866	2,849773
300	3,621523	0,630736	2,990787
425	3,841227	0,671195	3,170032

(1) Calculado multiplicando a quantidade de ração ótima lançada no ambiente por 1,3%;
(2) Determinado multiplicando a biomassa econômica por 0,34%;
(3) Calculado pela diferença entre a quantidade de fósforo lançada e a quantidade absorvida pelos peixes.

Com os dados das Tabelas 4 e 5 pode-se relacionar a quantidade de fósforo que permanece no ambiente com o benefício econômico obtido pelos produtores, considerando que estes estão maximizando o lucro, para diferentes densidades de estocagem.

Assim, se o produtor estiver utilizando uma densidade de, por exemplo, 200 peixes/m³ e, conforme é esperado[4], esteja maximizando seu lucro pode-se concluir que ele está obtendo um lucro de R$ 326,05/m³ e o impacto que ele está causando no meio ambiente é equivalente a quantidade de 2,584796 Kg de fósforo/m³ que está permanecendo no reservatório.

Ainda comparando as Tabelas 4 e 5, pode-se perceber que quanto maior o lucro que pode ser alcançado pelo produtor, maior o nível de poluição gerado. Dessa forma, nota-se que a obtenção de maiores lucros provoca maiores impactos ambientais.

4.3 - Simulação de cenários

Para atingir o objetivo do trabalho foi necessário a criação de cenários que simulassem as condições de mercado para descobrir em que níveis de densidade os produtores cultivam os peixes, visto que, as funções estimadas dependem da densidade utilizada.

Como para maiores densidades se conseguem lucros maiores é de se esperar que sempre os produtores optassem pela maior densidade, no caso 425 peixes/m³, e consequentemente, se teria uma quantidade de fósforo aportada no ambiente de 3,170032 kg/m³. No entanto, na prática, existem duas variáveis importantes que influenciam na determinação dos níveis de densidade que serão escolhidos. Essas variáveis são os recursos disponíveis pelos produtores e o tamanho mínimo do peixe exigido pelo mercado. Dependendo da quantidade de recursos que o produtor possui, ele pode estar limitado à escolha de densidades menores, uma vez que para maiores densidades seu custo de produção será maior. A exigência do mercado por um tamanho mínimo do peixe também faz com que os produtores tenham que optar por densidades menores, visto que quanto maior a densidade menor o tamanho médio final dos peixes.

4.3.1 Cenário 1

Considerou-se, nesse primeiro cenário, que os produtores possuíam uma quantidade de recursos suficientes para cultivar os peixes em qualquer densidade e o mercado aceitava peixes de qualquer tamanho. Sendo assim, a densidade escolhida foi a de 425 peixes/m³, uma vez que esta proporciona o maior lucro para quaisquer quantidades de fósforo aportadas no ambiente. Dessa forma, o lucro obtido com diferentes quantidades de fósforo aportadas no ambiente, foi estimado considerando a densidade de cultivo de 425 peixes/m³.

A Tabela 6 mostra os maiores benefícios econômicos que podem ser obtidos para diferentes cargas orgânicas aportadas no meio ambiente, considerando que o mercado aceita qualquer tamanho de peixe.

[4] Espera-se comportamento racional do produtor, segundo Varian (2003).

Tabela 6. Benefícios Econômicos obtidos para diferentes quantidades de fósforo aportadas ao ambiente no cenário de recursos não limitados e o mercado aceitando qualquer tamanho de peixe.

Quantidade de fósforo residual no ambiente[1] (Kg/m³)	Quantidade de ração utilizada (Kg/m³)	Biomassa acumulada[2](Kg/m³)	Tamanho do peixe[3] (g)	Lucro[4] (R$/m³)
2,169972	210,5082	166,6572	392,13	422,4391
2,584736	246,2155	181,1957	426,34	439,1728
2,849773	268,6664	189,0852	444,90	444,6878
2,990787	280,5118	192,902	453,88	446,2143
3,170032	295,479	197,4102	464,49	446,8853

(1) valores obtidos a partir dos percentuais de fósforo de 1,3 % por Kg da ração e 0,34 % por Kg da biomassa;
(2) valores obtidos a partir da coluna anterior usando a função de produção da densidade de 425 peixes/m³;
(3) valores obtidos a partir dos dados da coluna anterior divididos pela densidade (425);
(4) valores encontrados a partir da função lucro da densidade de 425 peixes/m³ usando os dados da coluna de ração.

Comparando a Tabela 6 com os dados das Tabelas 4 e 5, percebe-se que optando por essa densidade o produtor obtém maiores lucros para os mesmos níveis de fósforo aportados ao ambiente. Por exemplo, para uma quantidade de fósforo igual a 2,169972 Kg/m³ se ele optar pela densidade de 425 ao invés de 150 peixes/m³ ele obterá lucro de R$ 422,4391/m³ ao invés de R$ 258,78/m³.

A Figura 4 apresenta o gráfico de um conjunto de pontos que relacionam o lucro e a quantidade aportada de fósforo ao ambiente. Através desse conjunto de pontos procurou-se uma forma funcional que os representasse. Para isso foi desenvolvido um código fonte (software GAMS), que minimiza os erros ao quadrado, para determinar os parâmetros da função que os pontos sugeriam.

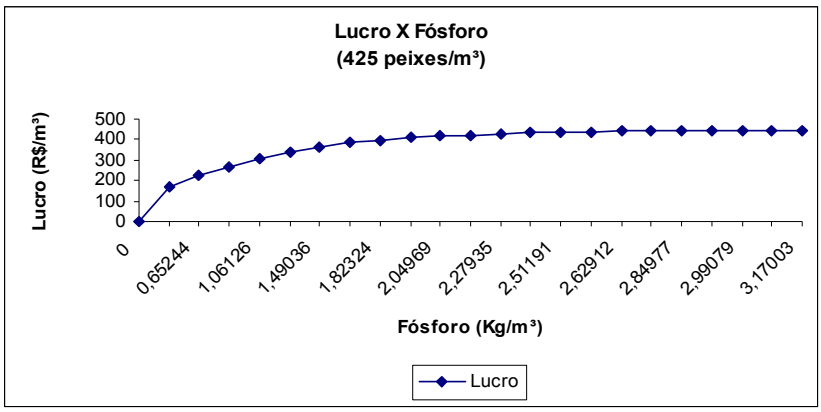

Figura 4 - Lucro obtido para diferentes quantidades de fósforo aportadas ao ambiente.

A equação encontrada foi:

$$L(P) = 147{,}4221 * \ln(P) + 310{,}6048 \qquad (4)$$

Onde: L = Lucro (R$/m³); P = quantidade de fósforo aportada (Kg/m³).

Com essa função estimada, pode-se determinar quais seriam os custos para os produtores, caso a autoridade responsável resolvesse impor limites às quantidades máximas de fósforo aportadas pela piscicultura no reservatório. Este seria um custo social imputado a este usuário. Por exemplo, uma imposição de que a quantidade máxima de fósforo permitida fosse de 2,584736 Kg/m³ faria com que os produtores não pudessem mais operar no lucro máximo da densidade de 425 peixes/m³, obtendo assim ganhos menores. Sendo assim, pode-se estimar o custo dessa imposição para o produtor como a redução do seu lucro, ou seja, a diferença entre o que ele ganharia sem a intervenção da autoridade e o que ele passaria a ganhar com essa imposição. Por exemplo, se o limite fosse de 2,584736 Kg de fósforo/m³ o custo para o produtor seria de R$ 7,71/m³, que é a diferença entre os lucros como pode ser visto na Tabela 6.

A Tabela 7 resume os lucros obtidos pelos produtores e conseqüentes custos sofridos em função dos limites impostos à quantidade de fósforo que pode ser alocada no ambiente.

Tabela 7. Relação entre o limite de fósforo permitido, o lucro obtido e o custo para o produtor em função da imposição desse limite.

Limite de fósforo (Kg/m³)	Fósforo aportado (kg/m³)	Lucro (R$/m³)	Custo (R$/m³)
Sem limite	3,170032	446,8853	-
] 0 ; 3,170032 [	Limite estabelecido	147,4221*ln(P) + 310,6048	446,8853 – x(*)

(*) x = 147,4221 * ln(limite) + 310,6048

Com a equação 4, pode-se estimar o custo para o produtor de qualquer limite imposto à quantidade de fósforo aportada ao ambiente, bastando encontrar o lucro que pode ser obtido alocando a quantidade de fósforo igual ao limite e diminuir de R$ 446,8853. Esta função pode ser utilizada num modelo econômico-hidrológico integrado de alocação de cargas orgânicas entre os usos, para se maximizar o benefício social, que seria o de todos os usuários. Assim, poderia-se pensar de forma integrada e evitar que os custos sociais sejam impostos de forma não equânime entre os diversos usuários. Deve-se lembrar que esta função só poderia ser usada, no caso em que o mercado aceitasse qualquer tamanho de peixe e os recursos fossem suficientes.

4.3.2 Cenário 2

No segundo cenário, considerou-se que os produtores possuíam recursos suficientes para cultivar os peixes em qualquer densidade, mas que o mercado exigia peixes de no mínimo 800 gramas.

Pela Tabela 4, pode-se verificar que nos pontos de maximização do lucro a única densidade que ao final do cultivo apresenta peixes maiores do que 800 gramas é a de 150 peixes/m³. Contudo, não se pode rejeitar as outras densidades, já que com elas se pode produzir peixes com 800 gramas,

considerando o sistema de produção padrão estabelecido. Para isso teria que ser utilizada uma quantidade maior de ração do que a quantidade ótima, o que diminuiria o lucro, mas talvez esse lucro ainda fosse maior do que o obtido pela densidade de 150 peixes/m³.

Sendo assim, foi resolvido novamente o problema de maximização do lucro acrescentando uma restrição de tamanho mínimo do peixe, cujos resultados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Lucro máximo e fósforo alocado para cada densidade de estocagem considerando a restrição de tamanho mínimo do peixe igual a 800 gramas.

Densidade de estocagem (peixes/m³)	Tamanho do peixe (g)	Quantidade de ração utilizada (Kg/m³)	Biomassa acumulada (Kg/m³)	Lucro (R$/m³)	Quantidade de fósforo aportada ao ambiente (Kg/m³)
150	815,90	198,9294	122,3852	258,78	2,169972
200	800	274,1898	160	321,94	3,020467
250	800	401,4128	200	334,36	4,538366

Analisando a Tabela 8 e comparando-a com a Tabela 4 pode-se perceber que a restrição foi inativa para a densidade de 150 peixes/m³, o lucro e a quantidade de fósforo aportada se mantêm em R$ 258,78/m³ e 2,169972 Kg/m³. Já para as densidades de 200 e 250 peixes/m³ a restrição foi ativa, reduzindo o lucro e aumentando a quantidade de fósforo aportada. Para as densidade de 300 e 425 peixes/m³ não foi possível alcançar esse tamanho de peixe, diante do estabelecido no sistema de produção padrão.

De posse dos dados da Tabela 8, verifica-se que para uma quantidade de fósforo aportada ao ambiente de 4,538366 Kg/m³, o maior lucro que pode ser obtido pelo produtor é R$ 334,36/m³ se ele escolher uma densidade de 250 peixes/m³ e fornecer uma quantidade de ração igual a 401,4128 Kg/m³. Para qualquer quantidade de fósforo abaixo desse valor e maior ou igual a 3,020467 Kg/m³ o produtor optará pela densidade de 200 peixes/m³, já que para essas quantidades de fósforo ele não conseguiria obter peixes de no mínimo 800 gramas para a densidade de 250 peixes/m³. Pelos mesmos motivos, para níveis de fósforo alocado menores do que 3,020467 Kg/m³, o produtor optará pela densidade de 150 peixes/m³.

Assim, pôde-se estimar o maior lucro que poderia ser obtido para as quantidades permitidas de fósforo aportadas, dada a hipótese de que o mercado somente demanda peixes de, no mínimo, 800 gramas.

Se for permitido ao produtor aportar qualquer quantidade de fósforo no ambiente, ele aportará 4,538366 Kg de fósforo/m³ e terá um lucro de R$ 334,36/m³ . Se existir um limite da quantidade de fósforo que pode ser aportada e esse for menor do que 4,538366 Kg/m³ e maior ou igual a 3,020467

Kg/m³, pode-se concluir que o produtor alocará no ambiente 3,020467 Kg de fósforo/m³ e terá um lucro de R$ 321,94/m³, uma vez que, para qualquer outra quantidade de fósforo entre 3,020467 e o limite estabelecido o lucro obtido pelo produtor é menor. Se o limite imposto for entre 2,07404 e 3,020467 Kg de fósforo/m³, o produtor estará aportando 2,169972 Kg/m³ e obtendo R$ 258,78/m³. Para quantidades de fósforo aportadas entre 2,07404 e 2,169972 Kg/m³, o lucro obtido pelo produtor não varia quase nada, se mantendo em torno de R$ 258,78/m³. Caso o limite imposto seja menor do que 2,07404 Kg/m³, o lucro obtido pelos produtores será zero, já que para essas quantidades de fósforo alocadas o produtor não conseguirá atingir peixes de 800 gramas.

A Tabela 9 resume os lucros obtidos pelos produtores e conseqüentes custos sofridos, em função dos limites impostos à quantidade de fósforo que pode ser alocada no ambiente. Para limites de fósforo entre 2,169972 e 2,074043 Kg/m³ o lucro praticamente não se altera, permanecendo em torno de R$ 258,78/m³, enquanto a quantidade de fósforo aportada será igual ao limite estabelecido.

Tabela 9. Relação entre o limite de fósforo permitido, o lucro obtido e o custo para o produtor em função da imposição desse limite.

Limite de fósforo (Kg/m³)	Quantidade de ração utilizada (Kg/m³)	Biomassa acumulada (Kg/m³)	Tamanho do peixe (g)	Fósforo alocado (kg/m³)	Lucro (R$/m³)	Custo (R$/m³)
Sem limite	401,4128	200	800	4,538366	334,36	-
[3,020467;4,538366]	274,1898	160	800	3,020467	321,94	12,42
[2,169972;3,020467[	198,9294	122,3852	815,9	2,169972	258,78	75,58
]0;2,074043[	0	0	0	0	0	334,36

4.3.3 Cenário 3

Até o momento, foram considerados cenários em que, ou o mercado somente aceitava peixes grandes, ou aceitava peixes de qualquer tamanho, o que levava os criadores a utilizarem densidades maiores, resultando na produção de peixes pequenos. O cenário que melhor representa o mercado da região é aquele em que se aceita tanto peixes grandes como pequenos, desde que estes possuam preços diferentes. Sendo assim, no cenário 3 foi considerado um tamanho mínimo do peixe de 400g e o preço dos peixes menores do que 800 gramas sendo R$ 3,00/Kg, enquanto que para os maiores, de R$ 4,00/Kg.

A Tabela 10 apresenta o resultado da maximização do lucro dos produtores quando se tem o preço do peixe igual a R$ 3,00/Kg.

Tabela 10. Lucro máximo para cada densidade de estocagem considerando R$ 3,00/Kg do peixe.

Densidade de estocagem (peixes/m³)	Tamanho do peixe (g)	Quantidade de ração utilizada (Kg/m³)	Biomassa acumulada (Kg/m³)	Lucro (R$/m³)	Quantidade de fósforo aportada ao ambiente (Kg/m³)
150	721,2	156,655	108,18	142,82	1,668705
200	670,63	189,201	134,126	182,9	2,003591
250	617,44	211,647	154,359	217,57	2,226587
300	557,82	224,524	167,347	241,59	2,342617
425	419,33	238,349	178,213	258,15	2,492617

Comparando a Tabela 10 com a Tabela 8, pode-se concluir que se não existir limites à quantidade de fósforo aportada no ambiente, o melhor para o produtor seria produzir peixes de 800 gramas cultivando com a densidade de 250 peixes/m³, dessa maneira ele obteria o maior lucro possível que é de R$ 334,16/m³ e alocaria no ambiente 4,538366 Kg de fósforo/m³.

Caso houvesse um limite de fósforo menor do que 4,538366 Kg/m³, não compensaria para o produtor manter a densidade de 250 peixes/m³, visto que, com uma quantidade de fósforo menor do que 4,538366 Kg/m³, ele não conseguiria obter peixes de 800 gramas e, consequentemente, o maior lucro que ele poderia obter seria de R$ 217,57/m³, caso optasse por manter a densidade de 250 peixes/m³ (ver Tabela 10), dado que os peixes menores de 800 gramas valem R$3,00 o Kg. Assim, para um limite de fósforo entre 3,020467 e 4,538366 Kg/m³, o melhor para o produtor seria continuar produzindo peixes de 800 gramas utilizando a densidade de 200 peixes/m³, o que proporcionaria a ele um lucro de R$ 321,94/m³ e provocaria um aporte de fósforo de 3,020467 Kg/m³.

Se o limite for menor do que 3,020467 e maior do que 2,169972 Kg de fósforo/m³, o produtor não conseguirá produzir peixes de 800 gramas com a densidade de 200 peixes/m³. Pode-se verificar pelas Tabelas 8 e 10, que o melhor para o produtor seria então continuar produzindo peixes de 800 gramas, agora, utilizando uma densidade de 150 ao invés de produzir peixes menores com uma densidade de 425 peixes/m³ , e assim obterá lucros de R$ 258,78/m³ ao invés de R$ 258,15/m³ e alocará no ambiente 2,169972 Kg de fósforo/m³ em vez de 2,492617 Kg/m³.

Para imposições entre 2,074043 e 2,169972 Kg de fósforo/m³, o produtor continuará produzindo peixes maiores do que 800 gramas, utilizando a densidade de 150 peixes/m³ e obtendo lucros de aproximadamente R$ 258,00/m³ e alocando no ambiente o limite máximo permitido.

A análise inicial feita para o cenário 3 foi praticamente a mesma do cenário 2. A diferença é que no cenário 2 quando o limite permitido de fósforo não possibilitava que os produtores produzissem peixes de 800 gramas, esses não tinham escolha, tinham que trabalhar com uma densidade menor para manter os peixes com esse tamanho já que o mercado não demandaria peixes menores. Nesse cenário, entretanto, existe a possibilidade do produtor continuar com a mesma densidade produzindo peixes menores, pois estes serão demandados pelo mercado, sendo que por preços também menores. Apesar dessa possibilidade, os dados apresentados mostram que o melhor para ele seria diminuir a densidade e continuar produzindo peixes de 800 gramas, porque assim obteria lucros maiores.

Para limites menores do que 2,074043 Kg de fósforo/m³, o produtor não consegue mais produzir peixes de 800 gramas. A ideia seria então que ele optasse por cultivar os peixes com a densidade de 425 peixes/m³, uma vez que, com essa densidade ele obteria os maiores lucros para os limites estabelecidos. O problema é que para níveis de fósforo menores do que 2,074043, essa densidade não consegue produzir peixes de 400 gramas. Com o limite de 2,074043 Kg de fósforo/m³, o tamanho do peixe obtido com a densidade de 425 peixes/m³ é 383,18 gramas, tamanho esse que não é demandado pelo mercado. Sendo assim, o produtor cultivará os peixes com a densidade de 300 peixes/m³, visto que essa densidade proporciona o maior lucro e atende às exigências do mercado.

O produtor utilizará a densidade de 300 peixes/m³ caso o limite imposto não seja menor do que 1,285117 Kg de fósforo/m³, uma vez que para valores menores do que esse, o produtor não consegue produzir peixes de 400 gramas com essa densidade. Dessa forma, para limites menores do que 1,285117 Kg de fósforo/m³ o produtor utilizará a densidade de 250 peixes/m³. Pelo mesmo motivo, ele só trabalhará com essa densidade até a imposição ser de 1,055983 Kg/m³, para valores menores que este o produtor utilizará a densidade de 200 peixes/m³, permanecendo com essa densidade até o limite imposto ser de 0,85934 Kg/m³, a partir do qual a densidade escolhida será a de 150 peixes/m³ .

Para quantidades de fósforo permitidas menores do que 0,659435 Kg/m³, o produtor não consegue produzir peixes de até 400 gramas utilizando as densidades estudadas. Ou seja, para limites menores do que esse valor não haverá produção.

Assim, foi encontrado para cada uma dessas densidades, levando em consideração o intervalo das quantidades de fósforo em que cada uma é utilizada, um conjunto de pontos que relacionam o lucro com a quantidade de fósforo aporta. Através desses conjuntos de pontos obtidos para cada densidade foi estimada a forma analítica de uma função que representasse esses pontos.

A Tabela 11 contém essas funções que estimam os lucros obtidos pelos produtores para diferentes quantidades de fósforo aportadas e conseqüentes custos sofridos em função dos limites impostos à quantidade de fósforo que pode ser aportada ao ambiente.

Tabela 11. Relação entre o limite de fósforo permitido, o lucro obtido e o custo para o produtor em função da imposição desse limite.

Limite de fósforo (Kg/m³)	Fósforo alocado (kg/m³)	Lucro (R$/m³)	Custo Social (R$/m³)
Sem limite	4,538366	334,36	-
[3,020467 ; 4,538366]	3,020467	321,94	12,42
[2,169972 ; 3,020467 [	2,169972	258,78	75,58
[1,285117 ; 2,074043 [	Limite estabelecido	65,76449537 * ln(P)+195,7244	X(*)
[1,055983 ; 1,285117 [	Limite estabelecido	84,47316045 * ln(P)+171,02	Y(**)
[0,85934 ; 1,055983 [	Limite estabelecido	75,09776461 * ln(P)+150,5648	Z(***)
[0,659435 ; 0,85934 [	Limite estabelecido	60,19771478 * ln(P)+128,1278	W(****)
] 0 ; 0,659435 [	0	0	334,36

(*) x = 334,36 – (65,76449537 * ln(limite)+195,7244)
(**) y = 334,36 – (84,47316045 * ln(limite)+171,02)
(***) z = 334,36 – (75,09776461 * ln(limite)+150,5648)
(****) w = 334,36 – (60,19771478 * ln(limite)+128,1278)

Analisando a Tabela 11, verifica-se que para limites de fósforo menores do que 0,659435 Kg/m³, o custo para o produtor é de R$ 334,36/m³, uma vez que ele deixa de criar peixes. Para limites entre 0,659435 e 2,074043 Kg/m³, o custo para o produtor será igual a R$ 334,36/m³ menos o maior lucro que ele pode obter com a restrição de fósforo, lucro esse que é calculado utilizando as equações apresentadas na Tabela 11. A equação a ser utilizada vai depender de qual intervalo se encontra o limite estabelecido. Para limites de fósforo entre 2,169972 e 2,074043 Kg/m³, o lucro praticamente não se altera, ficando em torno de R$ 258,00/m³ e o custo em R$ 76,36/m³, enquanto a quantidade de fósforo alocada será igual ao limite estabelecido. Para limites entre 2,169972 e 3,020467 Kg/m³, o custo para o produtor é de R$ 75,58/m³ independentemente do limite estabelecido nesse intervalo. Já para limites de fósforo entre 3,020467 e 4,538366 Kg/m³, o custo para o produtor é de R$ 12,42/m³, também independentemente do limite estabelecido no intervalo.

5. CONCLUSÕES

A introdução da piscicultura intensiva em reservatórios de uso múltiplo gera conflitos qualitativos entre estes usos, uma vez que esta atividade libera no ambiente resíduos (alimentos não consumidos e material fecal) que provocam a eutrofização do mesmo. É neste contexto que está inserido o reservatório da usina hidrelétrica de Xingó, que possui além da piscicultura outros usos quantitativos e qualitativos como turismo, irrigação nos assentamentos, geração de energia elétrica e abastecimento humano. Assim, por introduzir conflitos de uso, concorrer para o desenvolvimento

da região, e ao mesmo tempo impactar o ambiente, a piscicultura intensiva nas áreas do reservatório requer estudos utilizando instrumentos econômicos. Os mesmos devem ser utilizados de forma a possibilitar a resolução do conflito entre os vários usos de forma eficiente, ou seja, maximizando o bem-estar ao mesmo tempo respeitando a classe de qualidade à qual o corpo aquático pertence. Por isso, foi desenvolvido o estudo objetivando determinar funções-benefício dessa atividade. Funções como as determinadas permitem que se calculem custos sociais de eventuais limitações ao aporte de fósforo no ambiente que terão que ser internalizadas pelos usuários. Na continuidade desta pesquisa pretende-se construir para o reservatório de Xingó, um modelo econômico-hidrológico integrado, que identifique a alocação ótima das cargas orgânicas (nível ótimo de poluição), no referido ambiente, entre os usos, maximizando o benefício de todos. Esta função benefício social será representada pela soma das funções benefício de todos os usuários.

Assim, funções benefício como as propostas neste trabalho, podem através de modelos integrados subsidiar decisões e políticas públicas que eliminem o conflito entre os diferentes usos no reservatório de Xingó, possibilitando o desenvolvimento econômico da região com sustentabilidade. A questão da distribuição equânime dos custos sociais pode ser avaliada, uma vez que se calcule esta referência ótima, podendo-se comparar esquemas de compensação ou formas de subsídios cruzados adequados.

Finalmente, com estes limites, intervalos e funções definidas e estabelecidas pode-se calcular para esta atividade de piscicultura, com os componentes padrão como definidos anteriormente, as reduções de benefícios ou custos sociais de limitações de aporte de fósforo impostos aos produtores.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, J. R. (2006). *Gestão Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável*. Ed. Thex. Rio de Janeiro, p. 495-496.

BALARIN, J. D.; HALLER, R. D. (1982). *The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages*. In: MUIR, J. F.; ROBERTS, R. J. (Ed.). RECENT ADVANCES IN AQUACULTURE. Londres: Croom Helm, p.267-355.

BARBOSA, D. S.; OLIVEIRA, M. D. de; NASCIMENTO, F. L.; SILVA, E. L. V. (2000). *Avaliação da Qualidade da Água na Piscicultura em Tanques-Rede, Pantanal, MS*. **Anais**... III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Os Desafios do Novo Milênio. Corumbá-MS.

BEVERIDGE, M.C.M. (1984). *Cage and pen fish farming: carrying capacity models and environmental impact.* Rome: FAO, 131p.

CARNEIRO, P. C. F.; MARTINS, M. I. E. G.; CYRINO, J. E. P. (1999). *Estudo de caso da criação comercial da tilápia vermelha em tanques-rede – Avaliação econômica*. Informações Econômicas, v.29, n.8, p. 52-61.

CONTE, L. (2002). *Produtividade e Economicidade da tilapicultura em Gaiolas na Região Sudoeste do Estado de São Paulo: Estudos de Caso*. Piracicaba.

INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE – IETC. (2001). *Planejamento e Gerenciamento de Lagos e Reservatórios: Uma Abordagem Integrada ao Problema da Eutrofização.* Edição em português. UNEP-IETC, São Carlos, 385 p.

LIMA, E. B. N. R. (2001). *Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do rio Cuiabá*. 186 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos). Programa de Engenharia Civil - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

MEDEIROS, F.C. (2002). *Tanque-Rede: Mais Tecnologia e Lucro na Piscicultura.* ISBN 85-902369-1-9. Cuiabá/MT, 110 p.

ONO, E.A.; KUBITZA, F. (2003). *Cultivo de Peixes em Tanques-rede*. Jundiaí: E.A. Ono. 112p.

PHILLIPS, M. J., BEVERIDGE, M. C. M. & CLARK, R. M. (1991). *Impact of Aquaculture on Water Resources*. In: BRUNE, D. E. & TOMASSO, J. R. (Editors) (1991). AQUACULTURE AND WATER QUALITY*,* Baton Rouge, The World Aquaculture Society, pp. 568-591.

POPMAN, T. J., LOVSHIN, L .L. (1996). *Worldwide prospects for commercial production of tilapia*. Alabama: International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, 23 p. (Research and Development, 41).

SCORVO FILHO, J. D.; AYROSA, L. M. S. (1996). *A situação da piscicultura no Estado de São Paulo*. Panorama da Aqüicultura, v.35, n.6, p.18-19.

SCORVO FILHO, J. D.; MARTIN, N. B.; AYROSA, L. M. S. (1999). *Preços na piscicultura no Estado de São Paulo, 1995 e 1997*. Informações Econômicas, v.29, n.3, p.1-10.

SCHIMITTOU, H. R. (1997). *Produção de peixes em alta densidade em tanques rede de pequeno volume*. Campinas: Mogiana Alimentos e Associação Americana de Soja, 78p.

TACON, A. G. J. (1987). *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp.* In: A TRAINING MANUAL: THE ESSENTIAL NUTRIENTS. Brasilia: FAO, v. 1, 117 p.

TANAKA, R. H. (1998). *Prejuízos provocados pelas plantas aquáticas*. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília-DF. **Resumos**... Brasília: IBAMA, p.36-38.

VARIAN, H. R. (2003). *Microeconomia*. Tradução da 6ª edição americana. Rio de Janeiro, editora Campus.

ZANIBONI FILHO, E. *et al*. (2005). *Cultivo de peixes em tanques-rede e impactos ambientais*. In: CULTIVO DE PEIXES EM TANQUES-REDE: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA UM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Belo Horizonte: EPAMIG, 104 p.