

MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA À EXPLORAÇÃO ECONÔMICA DE SURUBINS, PINTADOS E CACHARAS (*Pseudoplatystoma corruscans* e *Pseudoplatystoma fasciatus*), EM PISCICULTURA INTENSIVA

Celso Correia de Souza
Martin Halverson

SOUZA¹, C. C., HALVERSON², M. Modelagem matemática aplicada à exploração econômica de surubins, pintados e cacharas (*Pseudoplatystoma corruscans* e *Pseudoplatystoma fasciatus*), em piscicultura intensiva. *Arq. ciên. vet. zool., UNIPAR.* 5(1): p. 103-110, 2002.

RESUMO: O presente trabalho trata da aplicação de uma modelagem matemática adequada para a análise econômica da criação de peixes em piscicultura intensiva, considerando uma taxa de mortalidade natural, despesas com ração e com mão de obra, taxa mensal de inflação e depreciação de capital. A partir de dados de comprimento e peso coletados, em espaços de tempos iguais de uma amostra confiável de peixes, determinam-se as equações de Von Bertalanffy para o crescimento em comprimento e peso e relação peso/comprimento versus tempo. De posse da função de crescimento em peso, bem como da função de variação da população de peixes no tempo, obtém-se a função biomassa natural, produto dessas duas funções. Considerando o preço de mercado do peixe em estudo, custo da ração e mão-de-obra, taxa de inflação mensal e uma taxa de depreciação de capital, obtém-se a função valor presente do lucro. Com a utilização de recursos numéricos e computacionais, determina-se o instante em que ocorre o lucro máximo. A modelagem matemática foi aplicada na análise e controle da criação de uma população de mesma idade de surubins pintado e cachara em viveiros do Projeto Agropeixe em Itaporã, Mato Grosso do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem matemática, piscicultura intensiva, surubins, pintado, cachara

MATHEMATICAL MODELING ADJUSTED FOR THE ANALYSIS AND ECONOMIC EXPLORATION OF SURUBINS, PINTADOS AND CACHARAS (*Pseudoplatystoma corruscans* and *Pseudoplatystoma fasciatus*), IN INTENSIVE FISH FARMING.

SOUZA, C. C., HALVERSON, M., Mathematical modeling adjusted for the analysis and economic exploration of surubins, pintados and cacharas (*pseudoplatystoma corruscans* and *Pseudoplatystoma fasciatus*), in intensive fish farming. *Arq. ciên. vet. zool., UNIPAR.* 5(1): p. 103-110, 2002.

ABSTRACT: The present work deals with the application of a mathematical modeling adjusted for the analysis and control of the creation of fish in intensive fish farming, considering a tax of natural mortality, expenditures with ration and hand of workmanship, monthly tax of inflation and depreciation of capital. From collected data, in spaces of equal times, on size and weight of one it shows trustworthy of fish, determine the equations of Von Bertalanffy for the growth in size and weight and relation weight/size versus time. Of ownership of the function of growth in weight, as well as of the function of variation of the population of fish in the time, it is gotten function natural biomass, product of these two functions. Considering the price of market of the fish in study, cost of the ration and man power, tax of monthly inflation and one tax of depreciation of capital, gets it function present value of the profit. With the use of numerical and computational features, the instant is determined where the maximum profit occurs. On the other hand, our objective also, is to calculate, relatively to the biomass, the capacity of bed of the fish farming, critical biomass and economic biomass the mathematical modeling was applied in the analysis and control of the one creation coorte of surubins pintado and cachara in fisheries of the Projeto Agropeixe in Itaporã, Mato Grosso do Sul.

KEY WORDS: intensive fish farming, mathematical modeling, surubins, pintado, cachara

1 Professor Doutor dos Programas de Mestrados em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional e Produção e Gestão Agroindustrial da Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal – UNIDERP – Travessa João Domingos, 139. 79050-032 - Campo Grande - MS - Brasil

2 Pesquisador Mestre em Piscicultura do Projeto Agropeixe Ltda, de Itaporã – MS.

MODELO MATEMÁTICO APLICADO PARA LA EXPLOTACIÓN ECONÓMICA DE SURUBINS, PINTADOS Y CACHARAS (*Pseudoplatystoma corruscans* e *Pseudoplatystoma fasciatus*), EN PISCICULTURA INTENSIVA

SOUZA, C. C., HALVERSON, M., Modelo matemático aplicado para la exportación econômica de surubins, pintados y cacharas (*pseudoplatystoma curruscans* e *pseudoplatystoma fasciatus*), en piscicultura intensiva. *Arq. ciên. vet. zool., UNIPAR.* 5(1) : p. 111-118, 2002.

RESUMEN: El presente trabajo trata de la aplicación de un modelo matemático adecuado para el análisis económico de la criación de peces en piscicultura intensiva, considerando una tasa de mortalidad natural, gastos con ración y con mano de obra, tasa mensual de inflación y depreciación del capital. A partir de datos de tamaño y peso colectados, en espacios de tiempos iguales de una muestra confiable de peces, se determina las ecuaciones de Von Bertalanffy para el crecimiento en tamaño y peso y relación peso/tamaño versus tiempo. De pose de la función de crecimiento en peso, bien como de la función de variación de la población de peces en el tiempo, se obtiene la función biomasa natural, producto de esas dos funciones. Considerando el precio de mercado del pez en estudio, costo de la ración y mano de obra, tasa de inflación mensual y una tasa de depreciación de capital, se obtiene la función valor presente del lucro. Con la utilización de recursos numéricos y computacionales, se determina el instante en que ocurre el lucro máximo. El modelo matemático fue aplicado en el análisis y control de la criación de una población de la misma edad de surubins pintado y cachara en viveros del Proyecto Agropeixe en Itaporã, Mato Grosso do Sul.

PALABRA-CLAVE: modelagem matemática, piscicultura intensiva, surubins, pintado, cachara

Introdução

A pesca, antigamente de subsistência, tem se tornado uma atividade lucrativa aos empresários do ramo. A construção de sofisticados equipamentos de prospecção do pescado tem facilitado a localização e a captura de grandes cardumes. Conseqüentemente tem havido um declínio nos estoques naturais de peixes, provocando um aumento dos esforços de captura, inviabilizando, com isso, o consumo de peixe, devido seu alto custo. O período de procriação, geralmente, não tem sido respeitados, prejudicando a reprodução dos peixes, contribuindo ainda mais para a diminuição dos estoques. Esses fatores, aliados à poluição descontrolada dos recursos hídricos do planeta, bem como a construção de grandes barragens sobre os rios, destinadas à geração de energia elétrica, tem comprometido seriamente os estoques de peixes no mundo.

Contrastando com esse contexto, a piscicultura em escala comercial tem se apresentado como uma alternativa viável para aumentar a produção mundial de peixes. Neste sentido, alguns países têm se destacado nesta atividade; são exemplos: Japão, Indonésia, Noruega, Equador, Filipinas e China, entre outros (Souza, 1985).

Apesar do Brasil reunir as melhores

condições para o desenvolvimento da piscicultura intensiva, tais como: clima tropical em quase toda sua extensão territorial, elevado potencial hídrico, altos índices de produção agrícola, grande variedade de espécies de peixes, recentemente essa atividade começou a despertar o interesse no meio empresarial, tendo surgido criações pontuais de peixes em todo País, principalmente no Nordeste brasileiro, com a criação da tilápia do Nilo em açudes do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DENOCS), (Silva, 1983). Nesse sentido, é de fundamental importância uma análise do cultivo das espécies de peixes do pantanal, como surubins e cachara, as quais possuem um elevado valor comercial e excelente valor nutritivo, e são provenientes da criação racional nos viveiros do Projeto Agropeixe, e que poderão representar um importante elo da economia de Mato Grosso do Sul, a pele pode ser estudada na confecção de bolsas, sapatos, cintos e outros artigos. Grandes fazendas do Estado de Mato Grosso do Sul tem explorado, de forma ainda rudimentar, a criação comercial de peixes em viveiros. Os produtores não tem acesso a informações a respeito de determinadas espécies cultivadas, levando-se em conta o potencial de desenvolvimento das mesmas e o custo de produção.

O presente trabalho de pesquisa se propõe a analisar o desenvolvimento de uma corte de

surubins pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e cachara (*Pseudoplatystoma fasciatus*) e determinar através de modelo matemático o momento ideal para a despesca, visando uma maior produtividade, e conseqüentemente maior lucro. Outros parâmetros importantes também serão determinados, tais como: conversão alimentar, taxa de crescimento diário, custo de produção por unidade de produto, capacidade de suporte, rendimento de carcaça e filé.

Aspectos biológicos das espécies: Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e Cachara (*Pseudoplatystoma fasciatus*).

O pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) é um peixe de couro, bastante conhecido pelo seu grande porte, podendo atingir mais de 3 m de comprimento total e peso superior à 100 kg. Esta espécie é encontrada, principalmente, nas bacias dos rios Prata, Uruguai e São Francisco. O Cachara (*Pseudoplatystoma fasciatus*), apresenta menor porte, comparado ao pintado, sendo diferenciado pela presença de manchas longitudinais ao longo do corpo.

Estes peixes são espécies de piracema, que necessitam de migração para a reprodução, sendo que, atualmente, tem-se obtido um grande número de larvas através da reprodução induzida.

Estas espécies vivem, preferencialmente, em grandes massas de água, sendo que seu desenvolvimento inicial ocorre nas lagoas marginais, onde encontram alimento adequado para o seu desenvolvimento (FURUYA, 1998).

Material e Métodos

Diversas equações têm sido usadas para descrever o crescimento de peixes, dentre as quais se destacam as equações de Von Bertalanffy (BERTALANFFY, 1973), não só pela simplicidade das mesmas e parâmetros biológicos envolvidos, mas pelos bons resultados obtidos, os quais aproximam-se do valor real, quando feita a simulação.

Segundo o autor, a equação de crescimento em comprimento de uma coorte de peixes, num instante t qualquer, é dado por

$$l(t) = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (01)$$

onde L_{∞} é o comprimento assintótico, k é um coeficiente de crescimento e t_0 é, teoricamente, a

idade do peixe com comprimento zero. Os parâmetros k , L_{∞} e t_0 da equação (01) são calculados usando a relação de Ford – Walford, que consiste em substituir em (01) t por $t + 1$, obtendo-se

$$l(t+1) = L_{\infty} (1 - e^{-k}) + e^{-k} l(t) \quad (02)$$

ou ainda

$$l(t+1) = a + b \cdot l(t) \quad (03)$$

denominada relação de Ford-Walford, onde $a = L_{\infty} (1 - e^{-k})$ e $b = e^{-k}$. Com os valores tabelados de $l(t)$ determinam-se a e b através de Regressão Linear (Souza, 1985), ficando também determinados os valores de k e L_{∞} , com

$$L_{\infty} = \frac{a}{1-b}, \quad k = -\ln b \quad e \quad (04)$$

$$t_0 = t + \frac{1}{k} \ln \left(\frac{L_{\infty} - l(t)}{L_{\infty}} \right)$$

A equação de Von Bertalanffy para o crescimento em peso, num instante qualquer é obtida através da relação

$$w(t) = \theta [l(t)]^{\phi} \quad (05)$$

onde θ e ϕ são parâmetros a serem determinados a partir dos dados de comprimento e peso dos peixes.

De (01) e (05), obtém-se

$$w(t) = w_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{\phi} \quad (06)$$

onde,

- $w(t)$: peso
- L : comprimento
- θ : constante alométrica
- ϕ : fator de condição

onde $w_{\infty} = \theta L_{\infty}^{\phi}$, é o peso assintótico do peixe, isto é, o peso máximo que os indivíduos podem atingir nas condições de cultivo praticadas.

A função biomassa, num instante t , é dada pela função (Clark, 1973).

$$B(t) = w(t)N(t) \quad (07)$$

onde $N(t)$ representa o número de peixes no

instante t (Springborn, 1992), sendo

$$N(t) = N_0 e^{-Mt} \quad (08)$$

onde N_0 o número de peixes estocados e M é o coeficiente instantâneo de mortalidade.

O lucro líquido, obtido pela receita menos o custo total no instante t (Springborn, 1992), é dada pela expressão

$$C(t) = C_0 + C_1(t) + C_2(t) \quad (09)$$

onde $p(t)$ é o preço por unidade de biomassa e $C(t)$ é o custo total da produção no instante t , podendo ser decomposto em

$$L(t) = e^{\alpha} [p(t) \cdot B(t) - C(t)] \quad (10)$$

sendo C_0 o custo com os alevinos, $C_1(t)$ é o custo com ração e $C_2(t)$ é o custo com mão de obra e equipamentos (Springborn, 1992). Considerando em (06) uma taxa α de elevação setorial de preços (inflação), tem-se

$$L(t) = p(t)B(t) - C(t) \quad (11)$$

Levando-se, ainda, que haja uma taxa instantânea de δ depreciação do capital, uma função do valor presente do lucro é obtida a partir

da equação (09), ou seja

$$PV(t) = e^{-\delta \cdot t} \cdot L(t) \quad (12)$$

Maximizando a função $PV(t)$, determinam-se o instante t em que ocorre o lucro máximo da coorte de peixes em estudo, e o valor desse lucro.

Resultados econômicos e biológicos sobre o cultivo de surubins em viveiros do Projeto Agropeixe.

O modelo descrito anteriormente foi aplicado no cálculo bioeconômico do instante ótimo de despesa do experimento realizado pelo Projeto Agropeixe em Itaporã-MS, onde foram estocados, inicialmente, 20.000 alevinos de surubins pintado e cachara em um tanque de 4 há de espelho d'água. Os peixes, foram transferidos para tanques maiores, durante o crescimento, encerrando o cultivo em um tanque de 8 ha. No início da estocagem os alevinos apresentaram comprimento médio de 23,1 cm e peso médio de 52 g. O experimento foi desenvolvido de 01 de agosto de 1998 a 31 de março de 2000, totalizando 17 meses, sendo registradas 17 medidas de comprimento e peso, bem como todos os parâmetros relativos a custo de produção, conforme apresentado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Planilha de amostragens periódicas para a avaliação do desempenho econômico na planejamento da produção de peixes da espécie surubim. Quantidade inicial: 20.000 peixes.

Nº	Data	Intervalo de Tempo	Dias de Arraçoamento	Número de Peixes	Comprimento Médio	Peso Médio	Biomassa Média	Consumo de Ração	Despesas Acumuladas
	dd/m/aa	(dias)	(dias)	(um)	(cm)	(g)	(kg)	(kg)	(R\$)
1	01/08/98	--	--	20.000	23,10	52,00	462	--	37.835,00
2	18/09/98	40	40	20.000	27,12	134,15	2.683	1.743	39.226,00
3	19/10/98	30	30	20.000	32,94	238,28	4.766	1.740	42.261,00
4	18/11/98	30	30	20.000	33,11	259,10	5.182	4.050	47.072,00
5	18/12/98	30	30	20.000	42,73	632,19	12.643	6.525	50.495,00
6	19/01/99	31	31	20.000	46,43	789,50	15.780	4.287	54.224,00
7	19/02/99	30	30	20.000	47,40	863,00	17.260	4.938	58.016,00
8	18/03/99	30	30	19.800	49,24	1012,00	20.037	5.100	63.836,00
9	19/04/99	30	30	19.700	51,58	1249,00	24.605	7.865	69.778,00
10	24/05/99	35	35	19.700	54,67	1431,00	28.208	7.568	72.440,00
11	26/06/99	30	30	19.700	55,13	1586,00	31.244	3.200	76.155,00
12	22/07/99	30	30	19.700	57,11	1748,00	34.436	4.425	80.492,00
13	22/08/99	30	30	19.700	58,35	1905,00	37.528	4.583	87.957,00
14	28/09/99	36	36	19.600	62,05	2321,00	45.492	8.160	99.145,00
15	29/11/99	60	60	19.600	65,89	2511,00	49.216	12.125	112.106,00
16	31/01/00	61	61	16.600	68,23	2824,00	46.480	14.200	116.090,00
17	31/03/00	60	60	06.200	68,05	2800,00	17.360	03.650	117.898,00

A partir dos dados tabelados, aplicou-se a transformação dos dados pelo método de Ford-

Walford, obtendo-se a Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 - Transformação dos dados de tempo e comprimento dos peixes pelo método de Ford-Walford.

t [mês]	l(t) [cm]	l(t+1) [cm]	t [mês]	l(t) [cm]	l(t+1) [cm]
0	23.10	27.12	09	54.67	55.13
1	27.12	32.94	10	55.13	57.11
2	32.94	33.11	11	57.11	58.35
3	33.11	42.73	12	58.35	62.05
4	42.73	46.43	13	62.05	65.89
5	46.43	47.40	14	65.89	68.23
6	47.40	49.24	15	68.23	68.05
7	49.24	51.58	16	68.05	69.18
8	51.58	54.67	-	-	-

Resultados

Equação do Crescimento em comprimento

Usando regressão linear, determinam-se os parâmetros da equação (03), que representa a relação de Ford – Walford entre os parâmetros, $l(t+1) \times l(t)$ dada por

$$l(t+1) = 6,963 + 0,914.l(t)$$

$$L_{\infty} = 80,965\text{cm}, \quad k = 0,090,$$

$$t_0 = -3,732 \text{ (mes)} \text{ e } r = 0,985$$

sendo r o coeficiente de correlação entre

$$l(t+1) \text{ e } l(t)$$

Assim, a equação de crescimento em comprimento de von Bertalanffy para o surubim pintado e cachara, resultou em:

$$l(t) = 80,965 \cdot [1 - e^{-0,090 \cdot (t+3,732)}]$$

cujo gráfico está representado na Figura 1, a seguir.

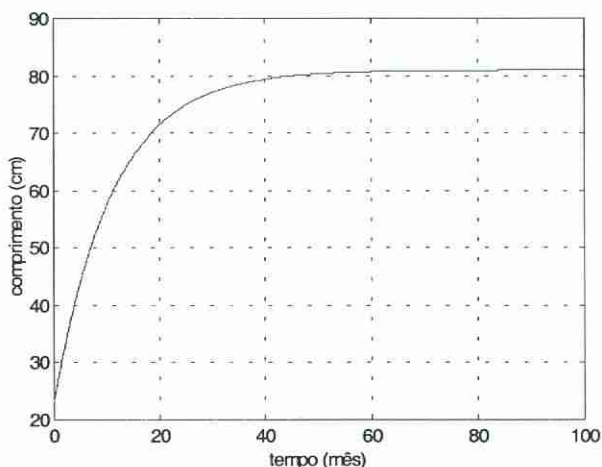


Figura 1- Curva de crescimento em comprimento no cultivo de surubins

Observe que tamanho médio máximo atingido pelos surubins criados nos viveiros do Projeto Agropeixe é de, aproximadamente, 80,965 cm (ponto superior da curva), isso devido à restrições de espaço e qualidade da água.

Com respeito à restrição de espaço e qualidade da água, o Projeto Agropeixe executa dois tipos de ações: primeiro, com relação ao espaço, os alevinos, inicialmente colocados em um tanque de terra de aproximadamente 4 ha de espelho d'água, foram transferidos para um tanque de 8 ha após atingir 10 meses de idade; segundo, quanto à qualidade da água, o Projeto Agropeixe mantém uma equipe que faz o monitoramento diário da água nos diversos tanques, tomando medidas de concentração de oxigênio, temperatura, pH, turbidez, alcalinidade, dureza, índice de uréia e de amônia, procurando corrigir, imediatamente, qualquer problema encontrado. Contudo podem ocorrer problemas que fogem, momentaneamente, do controle, como o que ocorreu por volta do décimo quinto mês, em que morreram aproximadamente três mil peixes por problemas de má qualidade da água.

Outros fatores biológicos também podem interferir negativamente na piscicultura tais como, aves predadoras, bloom de macrófitas e algas.

Equação do crescimento em peso

Aplicando logaritmo nos dois membros da equação (05), obtém-se

$$\ln(w(t)) = \ln(\phi) + \theta \ln(l(t))$$

ou ainda $y = a + bx$

com $y = \ln(w(t))$

$$a = \ln(\phi)$$

$$b = \theta$$

$$x = \ln(l(t))$$

Usando os dados de $l(t)$ e $w(t)$ da tabela 01, determinam-se a e b através de regressão linear, ficando, conseqüentemente, determinados os valores de θ e ϕ , isto é

$$y = -6,986 + 3,562 x$$

$$\phi = e^a = e^{-6,986} = 0,001$$

$$b = \theta = 3,562$$

Assim,

$$\omega(t) = 6,270 \cdot [1 - e^{-0,090(t+3,732)}]^{3,562}$$

O gráfico da Figura 2 representa o crescimento em peso de surubins.

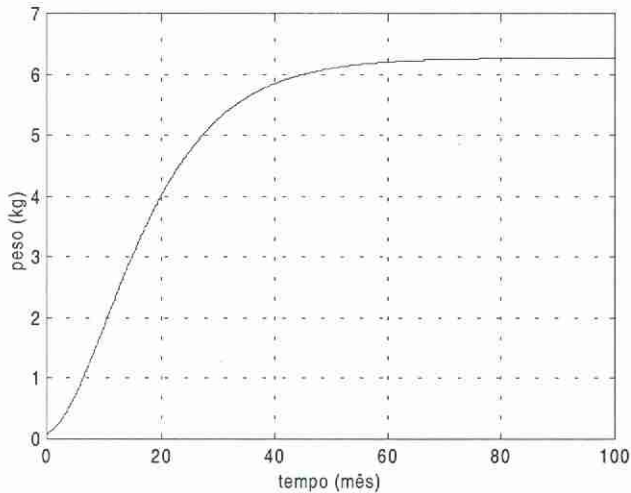


Figura 2 - Curva de crescimento em peso de surubins (kg x mês)

Já neste caso, observe que o peso médio máximo deste espécime é de 6,27 kg, conseqüência, como já foi dito acima, devido à restrições de espaço e qualidade da água. O ponto de inflexão desta curva, representa a maior variação de crescimento do surubim, é dado por t_{inf} , sendo

$$t_{inf \text{ lexao}} = -3,732 + \frac{1}{0,09} \cdot \log(3,562)$$

$$t_{inf \text{ lexao}} = 10,54 \text{ (mes)}$$

sendo

$$\omega(t_{inf}) = 1,977(kg)$$

isto é, aos 10,5 mês de idade, esse peixe que pesa em média 1,980 kg, tem sua maior variação de

Função Biomassa Natural

A quantidade de peixes num instante qualquer é dada pela função

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-mt}$$

sendo $N(t)$ a quantidade de peixes no instante t , N_0 quantidade de peixes no instante $t = 0$, início do experimento, e m a taxa de mortalidade natural. Como no momento da despesca haviam 16.600 animais sobreviventes, sendo este o valor de $N(t)$ na expressão acima, para $t = 18$ (mês). Assim,

substituindo esses valores na referida expressão, obtém-se a taxa de mortalidade natural $m = 0.01 = 1,0 \%$ ao mês. Portanto, a função quantidade de peixes num instante qualquer pode ser escrita como

$$N(t) = 20000 e^{-0.01 \cdot t}$$

Por outro lado, a função biomassa é dada por, $B(t) = N(t) \cdot w(t)$ tem-se, então

$$B(t) = 125420 e^{-0.01 \cdot t} [1 - e^{-0.090(t+3,732)}]^{3,562} \text{ kg}$$

O parâmetro acima interessa muito pouco aos piscicultores, sendo a biomassa por hectare mais utilizada pelos mesmos, pois apresenta sempre dados relativos, que são mais fáceis de comparar. Como a área de cultivo dos peixes foi de 8 ha, temos então:

$$B_{ha}(t) = 15677,5 e^{-0.01 \cdot t} [1 - e^{-0.090(t+3,732)}]^{3,562} \text{ kg/ha}$$

cujo gráfico está na Figura 3.

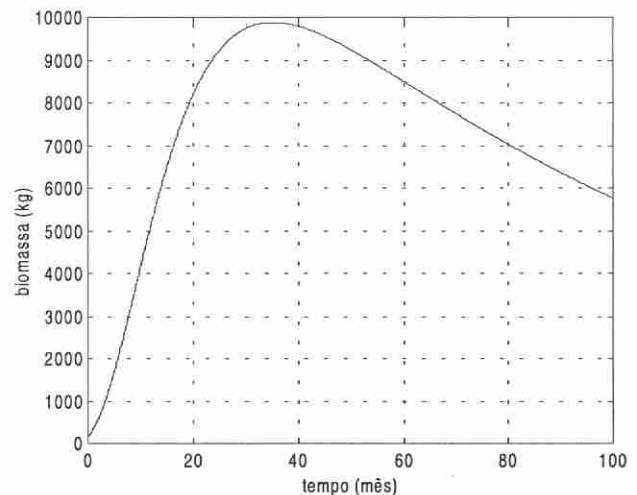


Figura 3 - Curva de biomassa da criação de surubins do Projeto Agropeixe

O instante t em que ocorreria o valor máximo da biomassa $B(t)$, é dado por

$$\frac{w'(t)}{w(t)} = m$$

ou seja

$$t^* = 35,2 \text{ (mês)}$$

resultando o valor da biomassa

$$B(t^*) = 9.889,123 \text{ kg/ha}$$

Observe que, se não forem consideradas despesas com ração, mão de obra, máquinas e

equipamentos e depreciação de capital, o maior rendimento em peso acontecerá, aproximadamente, no trigésimo quinto mês, com valor igual a 9889,1 kg/ha. No próximo parágrafo levaremos em conta os parâmetros despesas com ração, mão de obra, máquinas e equipamentos e depreciação de capital, na determinação do rendimento máximo.

Valor presente do lucro

A determinação da função lucro é dada pela expressão $L(t) = p(t)B(t) - C(t)$, onde $p(t)$ é o preço por unidade de biomassa e $C(t)$ é o custo total da produção no instante t , com $C(t) = C_0 + C_1(t) + C_2(t)$. A expressão de $C(t)$ é obtida através de regressão linear, usando os dados da Tabela 1, relativamente às despesas mensais efetuadas. Dispondo os valores obtidos foram num gráfico de dispersão e a reta que melhor se ajusta a esses pontos foi representada neste mesmo gráfico de dispersão, obtendo-se a equação

$$C(t) = 5.224.t + 25.042$$

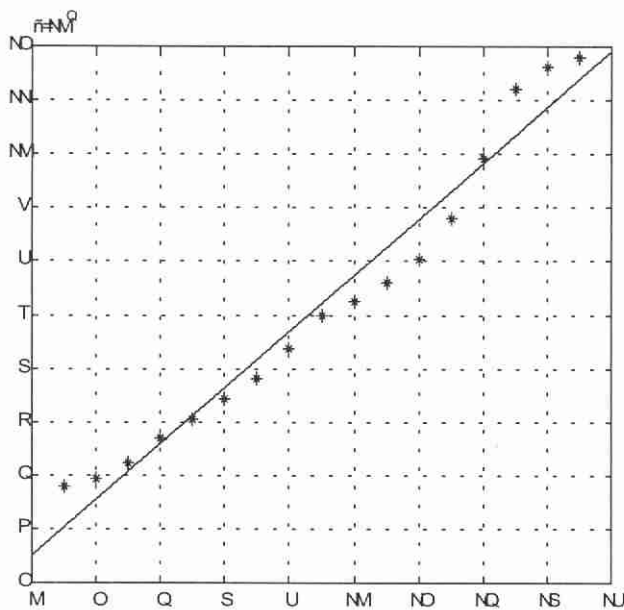


Figura 4 - Despesas acumuladas mensais com ração, mão de obra e alevinos

Levando-se em conta que, no início do experimento, o preço no varejo, por quilo de biomassa do surubim era da ordem de R\$ 5,53, obteve-se a função lucro (09), igual a:

$$L(t) = 693.572,60.e^{-0.0107t} \cdot (1 - e^{-0,090(t+3,372)})^{3,562} - (5.224.t + 25.042)$$

O valor máximo dessa função, não considerando taxa de depreciação de capital e inflação, ocorreu para $t = 26,59$ mês, com lucro líquido de R\$ 254.047,55, ocorrendo, aproximadamente, no vigésimo terceiro mês da experimentação. Considerando os oito hectares de tanques utilizados nessa criação, podemos estimar o lucro líquido de R\$ 31.755,94 por hectare.

Considerando uma depreciação de capital da ordem de 1% ao mês e uma inflação que provoque uma elevação no índice setorial de preços da ordem de 0,5% ao mês, podemos construir a função presente valor do lucro (11), compondo essas duas taxas, obtendo-se:

$$PV = e^{-0,005t} L(t)$$

Neste caso, em que foram consideradas as duas taxas, o lucro líquido aconteceu aos 23,68 meses, com montante de R\$ 205.818,60. Portanto, o lucro líquido pode ser entendido em R\$ 25.727,33 por hectare. Na Figura 5, a seguir, estão traçados dois gráficos, um deles representando o rendimento sem considerar depreciação de capital e inflação, o outro, levando em consideração esses dois parâmetros, conforme especificado em cada curva.

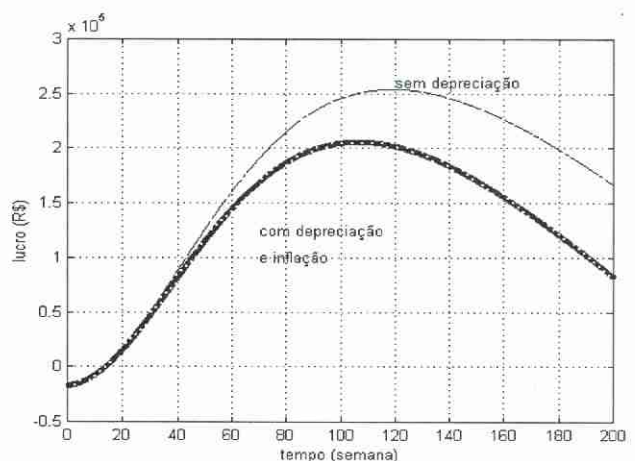


Figura 5 - Curvas de lucratividade obtidas no cultivo de surubins: com depreciação e sem depreciação de capital

Conclusão

Os resultados podem ser considerados satisfatórios, devido terem se aproximado dos valores reais, obtidos pelo Projeto Agropeixe no momento da despesa, cujo tempo foi determinado

empiricamente, acontecendo dois meses antes do tempo determinado pela modelagem matemática específica. Observa-se que, se não fosse considerado despesas com mão de obra, ração, equipamentos e depreciação de capital, a biomassa ótima aconteceria por volta do 35º mês de criação, o que não acontece ao observarmos a Tabela 1. O motivo principal para essa discrepância, foi o fato da perda de três mil peixes, por problemas de qualidade da água, havendo, com isso, uma redução momentânea da biomassa, provocando uma “descontinuidade” acentuada da função biomassa natural. Por outro lado, é bom salientar que os consumidores preferem um peixe de menor tamanho, por volta de 2 a 3 quilos, por possuírem uma carne mais macia e ausência de muita gordura. Sendo assim, a despesca ocorreu antes que a função biomassa superasse a marca atingida no décimo quinto mês da criação.

Referências

BERTALANFFY, I. Von. Teoria geral dos sistemas. Petrópolis-RJ: Editora Vozes Ltda.. 1973. p. 1-351.

CLARK, C.W. *et al.* Beverton-Holt model of a comercial fishery: optimal dynamics. Canada: J. Fish Res. Board. Vol. 30. 1973. p. 1629 – 1640.

FURUYA, W. M. Curso de Atualização em Piscicultura de Água Doce por Tutotia à Distância: Ciência de Espécies Nativas. AZOPA/UEM, 1998.

SILVA, J. W. B. *et al.* Resultados de um ensaio sobre a criação de machos albinos da tilápia do Nilo (*Sorotherodon niloticus*) (L.), em viveiros do Centro de Pesquisas Ictiológicas do DENOCS (Pentecostes, Ceará, Brasil). Brasília: Boletim Técnico do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – Ministério do Interior, Vol. 41, n° 01. 1983. p. 182.

SOUZA, C.C. Exploração de recursos renováveis: otimização do modelo de Beverton-Holt de uma pesca comercial. Campinas-SP, 1985. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada) – IMECC, Universidade Estadual de Campinas. p. 1-122.

SPRINGBORN, R. R. *et al.* Optimum harvest time in aquaculture: na application of economic principles to a Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (*Sorotherodon niloticus*) (L.), growth model. Kingston-USA. Aquaculture and Fishiries Management, Vol. 23, 1982. p. 639-647.

Recebido para publicação em 23/04/01.

Received for publication on 23 April 2001.

Recibido para publicación en 23/04/01.

Aceito para publicação em 10/07/01.

Accepted for publication on 10 July 2001.

Acepto para publicación en 10/07/01.