

Técnicas de controle de qualidade utilizadas na criação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Vandir Medri^{1*}, Geni Varéa Pereira² e Júlio Hermann Leonhardt³

¹ Departamento de Matemática Aplicada, Universidade Estadual de Londrina, 86051-990, Londrina-Paraná, Brazil.

² Departamento de Química, Universidade Estadual de Londrina, 86051-990, Londrina-Paraná, Brazil.

³ Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade Estadual de Londrina, 86051-990, Londrina-Paraná, Brazil.

*Author for correspondence.

RESUMO. Foram utilizados 240 alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), de 45 dias, sexualmente revertidos com peso médio inicial de $1,25 \pm 0,14g$, distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, durante 180 dias. Foram avaliados os efeitos da substituição de 10%, 20% e 30% da ração por levedura de destilaria alcooleira. Os resultados médios obtidos para os parâmetros limnológicos no controle da qualidade da água através de análises físico-químicas e gráficos de controle foram normais durante todo o período experimental. Os valores da temperatura média mensal revelaram estar “fora de controle estatístico”, e mostraram, através da aplicação dos índices de capacidade (Cp e Cpk), que 35,20% estão abaixo do limite inferior de especificação (LIE). A análise dos resultados obtidos, através da aplicação das técnicas de Pareto e Problema da Mochila, evidenciou a solução ótima para resolver os problemas de predadores, biometrias e doenças com a função objetivo Z* maximizada. A utilização das técnicas de controle de qualidade permite um aumento da taxa de estocagem nos tanques sem redução da taxa de crescimento individual e com obtenção de altas produções de peixes de boa qualidade.

Palavras-chave: gráfico de controle, índice de capacidade, levedura, mochila, Pareto, qualidade.

ABSTRACT. Quality control techniques used in the breeding of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Two hundred and forty Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*), 45 days old, sexually reverted, with initial average weight of $1.25 \pm 0.14g$, distributed in a totally randomized design during 180 days, were used in this experiment. Effects of substitutions of 10%, 20% and 30% of the rations by yeast obtained from alcohol distillery were evaluated. Average results obtained for the limnological parameters in water quality control by means of chemical analyses and control graphs were considered normal during the entire experimental period. Values of monthly average temperature were statistically out of control and by the application of the capacity rates (Cp and Cpk) showed that 35.20% were below the lowest specification limit (LSL). By means of Pareto's techniques and knapsack problem used, results presented the best solution for problems of predators, biometry and diseases with the maximized function Z* objective. Quality control techniques have made possible an increase of stocking rate in the tanks without a reduction of the individual growth rate and with high productions of good quality fish.

Key words: capacity rate, control graph, knapsack, Pareto, quality, yeast.

As diferentes características físicas e químicas dos viveiros de piscicultura propiciam diferenças na qualidade e quantidade de organismos aquáticos e constituem-se em verdadeiras barreiras para a produção de peixes (Castagnolli, 1992). Desse modo, é fundamental o conhecimento da qualidade da água, para evitar problemas de pouco crescimento, elevação dos níveis de doenças, parasitas e morte de peixes. O controle da qualidade da água é, sem dúvida, um dos problemas mais difíceis enfrentados pelos aqüicultores, pois não é de

fácil compreensão, previsão e administração (Zimmermann e Winkler, 1993).

Com as inovações tecnológicas pode-se: a) atingir maior produção por área e melhor conversão alimentar; b) maximizar o incremento em comprimento e peso dos peixes, com decorrente verticalização das curvas de crescimento; c) favorecer um rápido giro de capital e de economia de alimento; d) empregar espécies recomendáveis para o cultivo, considerando-se seus principais atributos: precocidade, rusticidade, facilidade de alimentação e

manejo, alta taxa de fecundidade e boa qualidade da carne (Sá, 1989; Medri, 1997).

Os gráficos de controle, poderosa ferramenta estatística, permitem maior eficácia no monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos nos viveiros de piscicultura, com conseqüente melhoria na qualidade e incremento na produtividade.

O diagrama de Pareto é uma técnica estatística de controle de qualidade que possibilita alcançar ótimos resultados com poucas ações. Ele é um guia para o estabelecimento de prioridades e mostra áreas onde maiores esforços devem ser direcionados, facilitando a tomada de decisão. A maior parte dos problemas e de seus custos decorre de um número relativamente pequeno de causas (Ishikawa, 1983; Falconi, 1992). Utilizam-se o diagrama de Pareto e o Problema da Mochila para localizar as principais causas, quantificá-las e solucioná-las.

Os índices de capacidade são utilizados para medir o quanto o processo é capaz de atender às especificações (Reimer, 1989). O índice Cp (potencial do processo) mede a capacidade de atender aos limites especificados. O índice Cpk (desempenho do processo) preocupa-se não apenas em verificar se o processo é "capaz" de atender às suas especificações, mas também se sua média estimada (\bar{x}) está bem posicionada (centralizada) em relação aos limites de especificação.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Londrina (EPUEL). Foram utilizados 240 alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com 45 dias de idade, sexualmente revertidos, com peso e comprimento médios iniciais de $1,25 \pm 0,14\text{g}$ e $3,84 \pm 0,17\text{cm}$ respectivamente. Cada uma das rações, denominadas tratamentos (T), foi oferecida a três grupos de peixes (triplicata), duas vezes ao dia, às 8h00 e 16h00, conforme Wilson (1991). Ver Tabela 1.

Foi utilizado um viveiro de terra retangular com área de aproximadamente 100m^2 . Esse viveiro foi abastecido com água de poço semi-artesiano com vazão de 6 litros/segundo/hectare. Inicialmente, o viveiro foi drenado e tratado com cal virgem (50g/m^2). Posteriormente, sofreu a ação dos raios solares por um período de 7 dias, e então rapidamente abastecido com água e povoado por 12 grupos de 20 indivíduos distribuídos aleatoriamente. Cada grupo foi mantido em tanques-rede, medindo 3m de comprimento x 1,5m largura x 1m de profundidade e malha de 2mm. Os tanques-rede foram afixados por estacas e mantidos separados por 0,3m de distância, com a água passando continuamente por todos os tanques ligados ao sistema.

Tabela 1. Alimentação diária com ração contendo 25% de proteína em crescimento de tilápias

Peso do peixe (g)	Quantidade de ração (g)
05 - 10	0,5
10 - 20	0,8
20 - 50	1,6
50 - 70	2,0
70 - 100	2,4
100 - 150	2,7
150 - 200	3,0
200 - 300	3,7
300 - 400	4,5
400 - 500	5,2
500 - 600	6,0

Fonte: Marek M. Bamidgeh (1975), citado por Wilson (1991)

Antes do povoamento com alevinos de tilápia, procederam-se às análises limnológicas, para o controle da qualidade da água. A limpeza nos tanques-rede foi feita mensalmente, após cada biometria. O período experimental foi de 180 dias (15/03 a 15/09/95).

Foram formuladas 4 diferentes rações balanceadas isoprotéicas (28% PB) e isocalóricas (2933kcal/kg), utilizando-se o programa computacional BRUN 10. As rações ou tratamentos continham 0% (grupo padrão), 10%, 20% e 30% (grupos teste) de levedura excedente de destilaria alcooleira (Tabela 2).

Tabela 2. Composição das rações experimentais para tilápias do Nilo

Ingredientes (%)	Padrão (T ₁)	Teste (T ₂)	Teste (T ₃)	Teste (T ₄)
Levedura	0	10	20	30
Ração	100	90	80	70
Total	100	100	100	100
Formulações das rações (%)				
Levedura	0,00	10,00	20,00	30,00
Farinha de peixe	27,00	25,00	23,00	15,00
Farinha de trigo	13,00	15,00	17,00	15,00
Milho moído	47,30	41,01	35,31	30,11
Farinha de soja	11,05	7,75	3,99	9,89
Óleo vegetal	1,65	1,24	0,70	---
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes das rações (%)				
Matéria seca	87,86	87,86	88,90	89,24
Proteína bruta	28,00	28,00	28,00	28,00
Energia. metabolizável.(kcal/kg)	2933,00	2933,00	2933,00	2933,00
Cálcio (Ca)	1,54	1,55	1,34	0,97
Fósforo (P)	1,15	1,14	1,13	0,97

Medidas de peso total (Wt), em gramas, comprimento total (Lt), altura do corpo (Hco), comprimento padrão (Lp) e comprimento do tronco (Ltr), em centímetros, foram coletadas mensalmente, utilizando-se paquímetro e balança de precisão.

A temperatura da água dos tanques-rede foi aferida diariamente às 17h00, com termômetro de bulbo de mercúrio. Mensalmente, foram tomadas as medidas de alcalinidade através do método da adição, oxigênio dissolvido através de Winkler, amônia através do fotométrico de Berthelot, nitrito através de Griess-Hosvay, fósforo total e fósforo

solúvel através de Murphy e pH através de pHmetro.

Foram aplicadas técnicas de controle de qualidade da água, tais como: análise físico-química, gráfico de controle estatístico, índice de capacidade, diagrama de Pareto e Problema da Mochila.

Foram utilizadas algumas expressões matemáticas para o cálculo dos índices de capacidade para aferir a temperatura média do experimento em relação à média ideal na criação de tilápia do Nilo.

- $C_p = (LSE - LIE) / 6\sigma \Rightarrow$ potencial do processo;
- $C_{pk} = C_p (1 - K) \Rightarrow$ desempenho do processo;
- $K = |m - \bar{x}| / (LSE - LIE) / 2 \Rightarrow$ Índice k;
- $\sigma = s / C_4 \Rightarrow$ desvio-padrão;
- $m = (LSE + LIE) / 2 \Rightarrow$ média da faixa de especificação;
- $LNS = \bar{x} + 3\sigma \Rightarrow$ limite natural superior;
- $LNI = \bar{x} - 3\sigma \Rightarrow$ limite natural inferior;
- $Z = (LIE - \bar{x}) / \sigma \Rightarrow$ variável aleatória normal;
- \bar{x} = média estimada do processo;
- LSE = limite superior de especificação;
- LIE = limite inferior de especificação.

Para localizar, quantificar e solucionar os problemas do tanque-rede, utilizaram-se as técnicas de Pareto e o Problema da Mochila. O problema pode ser formulado matematicamente como segue:

$$\text{Max } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{s.a. } \sum_{j=1}^n p_j x_j = b$$

$$x_j = 0 \text{ ou } 1, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

- z = valor da função objetivo;
- $c_j \geq 0$ e inteiro - valor do j-ésimo item;
- $p_j \geq 0$ e inteiro - peso do j-ésimo item;
- $b \geq 0$ e inteiro - limite total de peso; e
- n é o número total de itens.

Para Shih (1979), na forma como foi apresentado o problema, pode-se caracterizá-lo como unidimensional, porém se ocorrer mais de uma restrição, como por exemplo a limitação de recursos, tem-se um problema multidimensional. Nesse caso, a formulação matemática é dada da seguinte maneira:

$$\text{Max } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{s.a. } \sum_{j=1}^n p_j x_j = b$$

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j = R$$

$$x_j = 0 \text{ ou } 1, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

- $r_j \geq 0$ e inteiro - recurso do j-ésimo item e
- $R \geq 0$ e inteiro - limite total de recursos.

O Problema da Mochila é formulado através de uma programação linear e inteira 0 ou 1, tal que:

$$x = \begin{cases} 1, & \text{se o item é incluído na mochila} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Seleciona-se para o Problema da Mochila o melhor conjunto de causas (problemas), levando em conta a restrição de recursos, sendo que o orçamento da piscicultura é limitado.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos para o comprimento e peso médios totais do grupo padrão (T₁) e grupos teste (T₂, T₃ e T₄) das tilápias estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Comprimento e peso médios totais dos peixes nos tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄

Meses	Comprimento médio total (cm)				Peso médio total (g)			
	T ₁ = 0	T ₂ = 10	T ₃ = 20	T ₄ = 30	T ₁ = 0	T ₂ = 10	T ₃ = 20	T ₄ = 30
0	4,06	3,85	3,60	4,06	1,32	1,32	0,94	1,30
1	9,41	9,25	9,18	9,51	18,25	17,62	16,63	17,96
2	12,34	12,49	12,30	12,42	43,12	42,91	39,08	43,31
3	14,12	14,18	14,01	14,17	67,16	66,52	64,03	67,13
4	15,70	15,74	15,55	15,69	83,82	84,41	78,25	83,86
5	16,34	16,93	16,10	16,69	97,90	104,27	92,55	100,01
6	18,39	18,84	18,55	18,49	138,35	145,12	136,30	136,85

Os valores médios obtidos para as variáveis físico-químicas da água encontram-se dentro da faixa considerada ideal para o cultivo de peixes, segundo Tavares (1994). Foi mantida uma alta taxa de renovação da água dos tanques durante o período experimental, sendo que os valores obtidos para as variáveis físico-químicas da água dos tanques não apresentaram diferenças estatísticas significativas (P<0,05) entre os tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄. O teste de Tukey para as médias das análises físico-químicas da água em cada tratamento estão expostos na Tabela 4.

As variáveis mais importantes, que devem ser monitoradas em cultivo de peixes, segundo Boyd (1990), são: temperatura, alcalinidade, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, fósforo e pH.

Tabela 4. Teste de Tukey para as médias das análises físico-químicas da água

Parâmetros	% de levedura nos tanques-rede			
	T ₁ = 0	T ₂ = 10	T ₃ = 20	T ₄ = 30
Temperatura (°C)	22,4100	22,4100	22,4100	22,4100
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /l)	498,1430	493,1430	501,2860	498,7140
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	7,7510	8,1290	8,0190	8,1060
Amônia (mg/l)	0,0403	0,0364	0,0414	0,0371
Nitrito (mg/l)	0,0073	0,0060	0,0060	0,0065
Fósforo Total (mg/l)	0,0557	0,0557	0,0557	0,0557
Fósforo Solúvel (mg/l)	0,0266	0,0266	0,0266	0,0266
pH	6,7840	6,4800	6,6060	6,4900

A temperatura média da água (\bar{x}), seu desvio-padrão (s) e amplitude (R) registrada em cada mês de cultivo encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Temperatura média mensal da água (\bar{x}), desvio padrão (s) e amplitude (R)

Var.	Tanques-rede					
	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto
\bar{x}	25,72	23,38	20,78	20,48	20,62	23,08
s	1,31	0,99	1,09	1,04	1,20	0,85
R	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00

A temperatura média da água durante o período experimental foi de 22,41°C. Uma tendência de decréscimo na temperatura da água foi observada em três meses do ano, correspondendo ao período maio-julho. Essa tendência foi evidenciada pelos valores médios mensais de 20,78°C, 20,48°C e 20,62°C nos tanques-rede.

A temperatura média da água, obtida durante o período experimental, foi abaixo da recomendada por Lim (1988), de 28°C, trabalhando com alimentação de tilápias para um crescimento ótimo. De acordo com Weatherley e Rogers (1978), as espécies tropicais crescem melhor na faixa de temperatura de 25°C a 32°C. Esse mesmo artigo afirma que a temperatura é o principal fator extrínseco que influencia o crescimento dos peixes e afeta a variação intra-específica de taxas de crescimento, enquanto Ricker (1979), citado por Melo (1993), informa que o crescimento dos peixes tende a seguir o ciclo das estações do ano, sendo mais rápido no verão e mais lento no inverno.

Tomasso e Kempton (1997) encontraram a temperatura ótima para ganho de peso e aumento de comprimento em exemplares de red drum de 31,1°C e 29,1°C, respectivamente. Hephher *et al.* (1983) também constataram que a faixa ótima de temperatura para o desenvolvimento de tilápias foi de 25°C a 30°C. Por outro lado, a temperatura na faixa de 9°C a 13°C é considerada letal para essa espécie. A alimentação geralmente cessa quando a temperatura fica menor que 16°C ou 17°C e a reprodução é inibida em temperaturas inferiores a 20°C.

Caetano-Filho *et al.* (1995), pesquisando a influência da temperatura no crescimento de tilápia do Nilo em monocultivo intensivo, verificaram que nos meses de julho-agosto houve menor incremento em peso e comprimento, bem como foram registradas menores temperaturas, demonstrando a influência destas no crescimento da tilápia do Nilo. Segundo Brett, citado por Melo (1993), a relação entre taxa de crescimento de peixes e temperatura da água apresenta um ponto máximo, e a temperatura da água tem sido considerada como principal fator

ecológico. A temperatura da água na faixa de 30°C é a que possibilita o máximo desenvolvimento e a maior eficiência metabólica para tilápias (Jauncey, 1982).

A variação média de temperatura (°C) da água está representada na Figura 1.

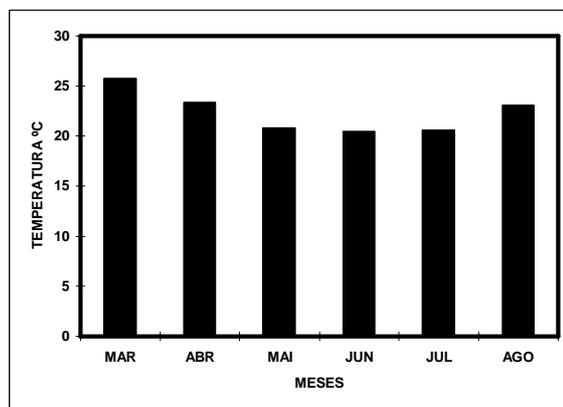


Figura 1. Variação média de temperatura

A temperatura, entre outros fatores, caracteriza as condições químicas e físicas da água, no que se refere ao intervalo ótimo para o desenvolvimento dos organismos vivos.

Os resultados sobre os índices de capacidade (Cp e Cpk) para a temperatura dos tanques-rede com intervalo conhecido na literatura de 22°C à 32°C para a criação de tilápias encontram-se na Figura 2.

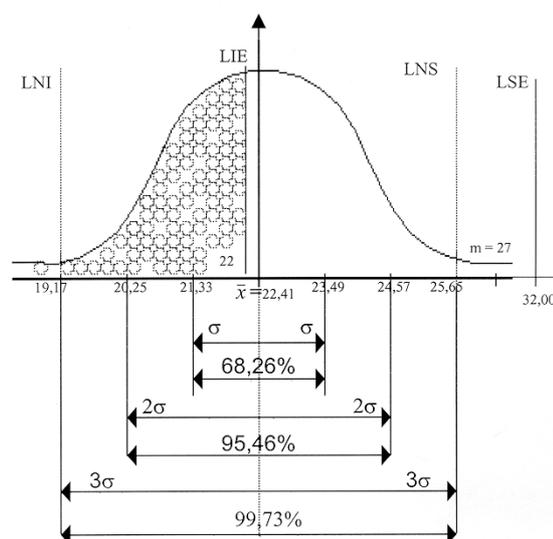


Figura 2. Índices de capacidade (Cp e Cpk) para a temperatura nos tanques-rede

$$LSE = 32^{\circ}\text{C}$$

$$LIE = 22^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma = s / C_4 = 1,07 / 0,9896 = 1,0812^{\circ}\text{C}$$

$$LNS = \bar{x} + 3\sigma = 25,65$$

$$\bar{x} = 22,41^{\circ}\text{C}$$

$$m = (LSE + LIE) / 2 = 27^{\circ}C$$

$$C_p = (LSE - LIE) / 6\sigma = 1,5415$$

Como, $C_p > 1 \Rightarrow$ PROCESSO CAPAZ.

$$k = |m - \bar{X}| / (LSE - LIE) / 2 = 0,918$$

$$LNI = \bar{X} - 3\sigma = 19,17$$

$$C_{pk} = C_p (1 - k) = 0,126$$

$$Z = (LIE - \bar{X}) / \sigma = -0,38$$

Como $Z < -0,38$; então, $50\% - 14,80\% = 35,20\%$.

O processo é capaz ($C_p > 1$), mas 35,20% das temperaturas dos tanques-rede estão abaixo do limite inferior de especificação (LIE), constatando que a temperatura média durante o cultivo foi baixa em relação à temperatura ideal para a criação de tilápias.

Em relação aos outros parâmetros (alcalinidade, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, fósforo e pH) monitorados nesse experimento, observou-se que o processo é capaz, com suas médias bem centralizadas para atender às especificações. Constatou-se, através dos “gráficos de controle” que as temperaturas não apresentaram todos os pontos entre os limites superior (LSC) e inferior (LIC), portanto, estão “fora de controle estatístico”.

A Tabela 6 mostra os problemas ocorridos nos tanques-rede durante o período experimental.

Tabela 6. Problemas ocorridos nos tanques-rede

Causas	Mortes	Total Ac.	% Total Geral	% Ac.
Predadores	7	7	35	35
Biometrias	4	11	20	55
Doenças	4	15	20	75
Clima	3	18	15	90
Outras	2	20	10	100
Total	20	-	100	-

Total Ac. = Total Acumulado; % Ac. = Porcentagem Acumulada

Os problemas detectados através do diagrama de Pareto são apresentados na Figura 3.

Foram atribuídos valores numa escala de 0 a 5 pontos, de acordo com os custos, recursos disponíveis e urgência (Tabela 7). Observou-se a ocorrência de 20 mortes nos tanques-rede. Para os técnicos, poderiam ser no máximo 15 (6,25%), para minimizar as perdas do produtor.

Tabela 7. Conjunto de causas (problemas) a serem atacadas

Problemas	Predad. = 1	Biom. = 2	Doença = 3	Clima = 4	Outros = 5
Peso	7	4	4	3	2
Valor	5	3	2	1	2

Para Dantzig (1963), o fator crítico para determinar se um problema deve ou não ser resolvido não é seu peso nem o seu valor, mas a relação entre os dois. Dessa forma, obtém-se a “solução ótima” do Problema da Mochila.

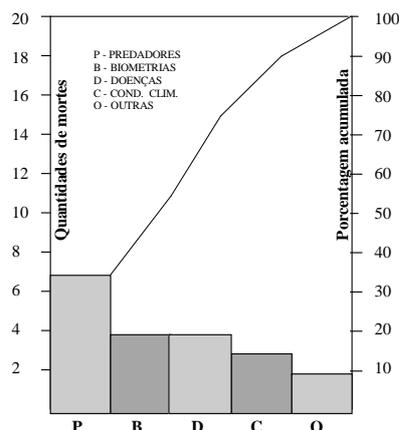


Figura 3. Diagrama de Pareto

$$\text{Max } Z = 5X_1 + 3X_2 + 2X_3 + 1X_4 + 2X_5$$

$$\text{s. a.: } 7X_1 + 4X_2 + 4X_3 + 3X_4 + 2X_5 \leq 15$$

$$X_j = 0 \text{ ou } 1, j = 1, 2, 3, 4, 5.$$

Logo, $X^* = (1; 1; 1; 0; 0)$ com $Z^* = (10)$.

Considerando-se que os custos para a solução dos predadores, biometrias, doenças, condições climáticas e outros são R\$180,00; 160,00; 100,00; 400,00 e 170,00 respectivamente, e que os recursos para a solução desses problemas são de R\$800,00, a “solução ótima” encontrada através do Problema da Mochila será:

$$\text{Max } Z = 5X_1 + 3X_2 + 2X_3 + 1X_4 + 2X_5$$

$$\text{s. a.: } 7X_1 + 4X_2 + 4X_3 + 3X_4 + 2X_5 \leq 15$$

$$180X_1 + 160X_2 + 100X_3 + 400X_4 + 170X_5 \leq 800$$

$$X_j = 0 \text{ ou } 1, j = 1, 2, 3, 4, 5.$$

Logo, $X^* = (1; 1; 1; 0; 0)$ com $Z^* = (10)$.

Portanto, pela “solução ótima” apresentada, podem-se resolver os problemas de predadores, biometrias e doenças nos tanques-rede com a função objetivo Z^* maximizada.

Agradecimentos

À Professora Doutora Ivone Yurika Mizubuti, do Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos da UEL, pela colaboração no estudo da formulação das rações experimentais. A Augusto Cezar Ribeiro Cardoso, do Departamento de Matemática Aplicada da UEL, pela confecção das figuras.

Referências bibliográficas

Boyd, C.E. *Water quality in ponds for aquaculture*. Birmingham: Alabama Agricultural Experiment Station, 1990. 477p.

Caetano Filho, M.; Ribeiro, S.C. Monocultivo de *Oreochromis niloticus* com alta densidade de estocagem. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 11, 1995. Resumos... Campinas, 1995.

- Castagnolli, N. *Piscicultura de água doce*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189p.
- Dantzig, G.B. *Linear programming and extensions*. Princeton: Princeton University Press, 1963.
- Falconi, C.V. *TQC Controle da qualidade total*. Rio de Janeiro: Bloch, 1992.
- Hepher, B.; Liao, I.C.; Cheng, S.H.; Asieh, C.S. Food utilization by red tilapia - Effects for diet composition, feeding level and temperature on utilization efficiencies for maintenance and growth. *Aquaculture*, (32):255-275, 1983.
- Ishikawa, K. *Guide to quality control*. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1983. p.42-50.
- Jauncey, K. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias. *Aquaculture*, 27:3-55, 1982.
- Lim, C. Pratical feeding-tilapias. In: Cowey, C.B; Mackie, A.M. *Nutrition and feeding in fish*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988.
- Medri, V. *Técnicas estatísticas e de engenharia da qualidade para avaliar o desempenho de diferentes níveis de levedura na criação de tilápia (*Oreochromis niloticus*)*. Florianópolis, 1997. (Doctoral Thesis in Engineering of Production) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- Melo, J.S.C. *Aspectos quantitativos do crescimento do Híbrido Tambacu (fêmea de *Colossoma macropomum* x macho de *Piaractus mesopotamicus*) sob condições de criação intensiva*. Florianópolis, 1993. (Master's Thesis in Aquaculture) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- Reimer, J.F. Controle estatístico do processo: CEP. Joinville: [s. n.], 1989. mimeo.
- Sá, M.F.P. *Efeito da adubação orgânica sobre crescimento de *Cyprinus carpio*, *Prochilodus cearensis* e *Colossoma macropomum* em experimento de policultivo*. São Carlos, 1989. (Master's Thesis in Ecology and Natural Resources) - Universidade Federal de São Carlos.
- Shih Wei. A Branch and Bound method for the multiconstraint zero-one knapsack problem. *J. Oper. Soc.*, 30(4):369-378, 1979.
- Tavares, L.H.S. *Limnologia aplicada à aqüicultura*. Jaboticabal: FUNEP, p. 14-37. 1994.
- Tomasso, J.R.; Kempton, C.J. Effects of water temperature on production characteristics and blood chemistries of red drum fingerlings, *Sciaenops ocellatus*. In: WORLD AQUACULTURE '97, Washington. *Annals...* Washington: February/1997. p.249.
- Weatherley, A.H.; Rogers, S.C. Some aspects of age and growth. In: GERKING, S. D., (ed.). *Ecology of freshwater fish production*. London: Blackwell Scientific, 1978, p.52-74.
- Wilson, R.P. (Ed.). *Handbook of nutrient requirements of finfish*. Boca Raton: CRC, 1991. p.176.
- Zimmermann, S.; Winkler, L.T. Estudos preliminares sobre o cultivo de tilápia nilótica (*O. niloticus*) masculinizada em tanques-rede. In: ENCONTRO RIO GRANDENSE DE TÉCNICOS EM AQUICULTURA. 4, 1993, Porto Alegre RS. *Anais...* 1993. Porto Alegre: UFRGS, p. 151-155.

Received 27 April 1998.

Accepted 28 May 1998.