

Aplicação da função-perda de Taguchi na criação de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de levedura alcooleira

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

¹Departamento de Matemática Aplicada, Universidade Estadual de Londrina, Câmpus Universitário, 86051-900, Londrina-Paraná, Brazil. ²Departamento de Bioquímica, Universidade Estadual de Londrina, Câmpus Universitário, 86051-900, Londrina-Paraná, Brazil. ³Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade Estadual de Londrina, Câmpus Universitário, 86051-900, Londrina-Paraná, Brazil. *Author for correspondence.

RESUMO. Foram utilizados 240 alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com 45 dias, sexualmente revertidos, com peso médio inicial de $1,25 \pm 0,14$ g alocados em tanques-rede. Foi avaliado o efeito da substituição de 10%, 20% e 30% de ração por levedura de destilaria sobre a função-perda de Taguchi. Os resultados médios obtidos nos parâmetros limnológicos para o controle da qualidade da água, através da análise química, foram normais. As perdas de Taguchi para a produção total, para os peixes mortos e descartados não revelaram uma correlação para os diferentes níveis de inclusão de levedura alcooleira, indicando que a escolha do nível de levedura na ração, para esses peixes, depende da sua disponibilidade e custo ocasional.

Palavras-chave: levedura, qualidade, ração, Taguchi, tanque-rede, tilápia.

ABSTRACT. *Application of Taguchi's loss function to production of Nile tilapia fed with different levels of alcohol yeast.* Two hundred and forty 45-day-old fingerlings Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), sexually reverted with an initial average weight of 1.25 ± 0.14 g stocked in net-tanks, were used as a sample. The effect of 10%, 20% and 30% diet replacement by distillery yeast on Taguchi's loss function was evaluated. The average results obtained in the limnological parameters for water quality control through chemical analysis were considered normal. Taguchi's losses for the total production, for dead and discarded fishes did not show any correlation for the different levels of alcohol yeast inclusion, thus showing that the choice of diet for these fishes depends on its availability and occasional cost.

Key words: yeast, quality, diet, Taguchi's loss, net-tank, tilapia.

Levedura. A levedura é um produto valioso, com adequado balanceamento, retirado do processo de fermentação alcoólica, sendo uma importante alternativa protéica na formulação de rações animais, podendo alcançar altos níveis de proteínas, de carboidratos, de lipídios, de extrato etéreo, de vitaminas e minerais (Mattos, 1984).

A população brasileira se alimenta deficientemente em quantidade e em qualidade e, por essa razão, fundamenta-se a necessidade de se conhecerem meios para aproveitar, de forma mais racional, resíduos industriais, como a levedura alcooleira, convertendo-os em proteína, quando de sua utilização na confecção de dietas para animais, o que, além de diminuir seus custos, minimiza o poder poluente que os mesmos têm sobre rios e lagos. A proteína unicelular ou levedura, além de ser

utilizada como suplemento protéico em rações animais, poderia ser usada no enriquecimento das merendas escolares, principalmente devido ao precário teor de proteína contido nos principais alimentos consumidos pela maioria da população.

É preciso um esforço de convencimento, um contato direto com industriais para mostrar a qualidade de um subproduto derivado da cana. É o caso da levedura retirada do processo de fermentação, um produto valioso, mas que não recebe o devido valor no mercado, e, por isso, as usinas não se estimulam a produzi-lo.

A crescente demanda quantitativa e qualitativa de alimentos vem exigindo dos empresários e dos cientistas um esforço cada vez maior para o incremento da produção, através de métodos mais aperfeiçoados, que maximizem a eficiência da

utilização dos recursos naturais, humanos, tecnológicos e econômicos, sem degradar o meio ambiente.

Utiliza-se, neste artigo, a levedura de destilaria como alternativa das fontes tradicionais de proteína de origem animal. Devido à sua escassez, bem como ao elevado preço de tais fontes, esta pesquisa foi realizada visando à substituição parcial desses produtos, com a intenção de dar maior opção aos piscicultores.

Função perda. A função perda de Taguchi ou da qualidade é definida como o valor esperado da perda monetária causada por desvios da característica de desempenho em relação ao valor desejado ou especificado. Esse conceito de perda mostra uma nova forma de pensar em investimentos na melhoria da qualidade, pois, numa economia competitiva, a melhoria contínua da qualidade e a redução do custo fazem-se necessárias para que o produto se mantenha no mercado (Kackar, 1986). As perdas consideradas, aqui, são medidas em valor monetário e estão associadas a características quantificáveis do produto.

Taguchi *et al.* (1990) tem como hipótese, geralmente aceita, que a distribuição probabilística dos valores obtidos na produção em grande escala é normal e não uniforme, isto é, segue a função reduzida de Gauss.

Taguchi *et al.* (1990) toma como base da perda para a sociedade a diferença entre o valor nominal m e o valor obtido X , no caso simplificado de sua qualidade depender de uma única dimensão. No caso mais geral da qualidade depender de várias dimensões, aplica-se a função perda a cada dimensão e o valor da perda causada é a soma de todas essas perdas individuais (Stange, 1996, citado por Medri, 1997).

Foi desenvolvido o conceito de função perda de Taguchi que relaciona o valor monetário da perda da qualidade com o afastamento do valor nominal (m) da especificação. Mostrou-se que essa função é do tipo quadrático. Atinge um valor máximo quando o desvio excede os limites de especificação (Taguchi *et al.*, 1990; Guedes, 1996).

Quando a característica de qualidade é do tipo “nominal é o melhor”, tem-se que a função perda cresce simetricamente com o desvio da característica funcional em torno do valor nominal. Porém, Phadke (1989), citado por Guedes (1996), estendeu o conceito para outros dois casos especiais de características funcionais da qualidade: “o menor é o melhor” e “o maior é o melhor”.

O objetivo do experimento é o de verificar se há correlação entre a função perda de Taguchi para a

produção total, para os peixes mortos e descartados e as quatro rações balanceadas isoprotéicas (28% PB) e isocalóricas (2933 kcal/kg), contendo $T_1=0\%$ (Grupo padrão) $T_2=10\%$, $T_3=20\%$ e $T_4=30\%$ (grupos-teste) de levedura excedente de destilaria alcooleira.

Material e métodos

Condições experimentais. Foram utilizados 240 alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), cedidos pela Estação de Piscicultura do Departamento de Biologia Animal e Vegetal do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina.

O peso e o comprimento médios iniciais dos alevinos de tilápia foram, respectivamente, $1,25 \pm 0,14$ g e $3,84 \pm 0,17$ cm. Os peixes foram revertidos através do fornecimento de ração com 60 mg/kg de dieta do hormônio masculinizante, 17α -metiltestosterona, durante um período de 30 dias.

Foi utilizado o programa computacional Brun 10 para elaboração da ração contendo os elementos necessários à espécie em questão. Formularam-se quatro rações balanceadas isoprotéicas (28% PB) e isocalóricas (2933 kcal/kg), contendo 0% (Grupo padrão), 10%, 20% e 30% (grupos-teste) de levedura excedente de destilaria alcooleira (Tabela 1).

Foi utilizado um viveiro de terra retangular (12,5 m x 8 m) com área aproximadamente de 100 m². 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 (50 g/m²). Posteriormente, sofreu a ação dos raios solares por um período de sete dias e, então, rapidamente abastecido com água e povoado por 12 grupos de 20 indivíduos, distribuídos aleatoriamente.

Cada grupo foi mantido em tanques-rede com 3 m de comprimento, 1,5 m de largura e 1 m de profundidade, com malha de 2 mm, presos por estacas fixas no viveiro de terra, separados um do outro por 0,3 m de largura, onde a água passa continuamente por todos os tanques ligados ao sistema.

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

Cada uma das rações, denominadas de tratamentos (T), foi oferecida a três grupos de peixes (triplicata). Os alevinos foram alimentados diariamente, conforme Wilson (1991).

Tabela 1. Composição das rações experimentais para tilápias do Nilo

Ingredientes (%)	Padrão (T ₁)	Teste (T ₂)	Teste (T ₃)	Teste (T ₄)
Levedura	0,00	10,00	20,00	30,00
Ração	100,00	90,00	80,00	70,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
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

Foram coletadas, mensalmente, utilizando-se paquímetro e balança de precisão, as medidas de peso total (Wt) em gramas e o comprimento total (Lt) em centímetros.

A temperatura da água dos tanques-rede foi aferida diariamente, com termômetro de bulbo de mercúrio. Mensalmente, foram avaliados a alcalinidade, através do método da adição, o oxigênio dissolvido, através de Winkler, a amônia, através do fotométrico de Berthelot, o nitrito, através de Griess-Hosvay, o fósforo total e o fósforo solúvel, através de Murphy, e o pH, através de pH-metro. Essas análises foram feitas no laboratório de Bioquímica da Universidade Estadual de Londrina. A metodologia utilizada para a avaliação desses parâmetros foi a de Lind (1979) e Standard Methods (1980).

Este controle tem a finalidade de obter a determinação quantitativa e qualitativa da água, o que é essencial para a interpretação dos resultados desta pesquisa. Assim, pode-se atribuir qualquer dispersão ocorrida no crescimento dos peixes somente à variação da ração aplicada.

Analisou-se o desempenho das tilápias, em relação aos diferentes tratamentos, através da Função Perda de Taguchi.

Função perda de Taguchi na criação de tilápia do Nilo. Foi empregado, na criação de tilápia, o tipo de característica funcional de qualidade: “o maior é o melhor”. Nesse caso, o valor ideal é indefinido, não havendo valores nominais especificados, quanto maior for o valor da característica (peso dos peixes), melhor será. Quanto maior for o rendimento da produção, menor será a função perda de Taguchi ou da qualidade. Seja A a perda causada por um peixe em ter ultrapassado o limite inferior de tolerância e o

seu correspondente desvio Δ . A função perda é expressa por:

$$L(Y) = K [1/Y^2] \text{ ou } L(Y) = A \Delta^2 v^2 \text{ (Phadke, 1989).}$$

Sejam:

Cálculo do custo de cada peixe

$$P_1 = \text{ração} + \text{levedura} + \text{alevino} + \text{povoamento} + \text{biometrias} + \text{medicamento} + \dots + \text{despesa}$$

$$P_2 = \text{ração} + \text{levedura} + \text{alevino} + \text{povoamento} + \text{biometrias} + \text{medicamento} + \dots + \text{despesa}$$

$$\dots = \dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots$$

$$P_k = \text{ração} + \text{levedura} + \text{alevino} + \text{povoamento} + \text{biometrias} + \text{medicamento} + \dots + \text{despesa}$$

$$\sum_{i=1}^k P_i = \sum_{i=1}^k (\text{ração} + \text{levedura} + \text{alevino} + \text{povoamento} + \text{biometrias} + \text{medicamento} + \dots + \text{despesa})$$

Cálculo de A:

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k \text{ com } i = 1, 2, \dots, k,$$

onde, k é o número de peixes e A é a perda causada por um peixe em ter ultrapassado o limite inferior de tolerância.

Cálculo de Δ :

A produção de peixes que apresentar elevada dispersão terá um custo mais alto devido aos descartes e, conseqüentemente, maiores perdas da qualidade. Nesse caso, aconselha-se a divisão dos peixes em lotes para o cálculo da tolerância e da redução das perdas.

Em geral, procede-se da seguinte forma para o cálculo da tolerância (Δ):

$$\Delta = \text{média dos peixes} / 2$$

Cálculo de v^2 :

$$v^2 = 1/n (1/y_1^2 + 1/y_2^2 + \dots + 1/y_n^2),$$

onde, v^2 é o desvio quadrático médio e y_i é o valor medido para a característica estudada (peso).

Resultados e discussão

Crescimento das tilápias. Os resultados obtidos para o comprimento e o peso médios totais do grupo padrão (T₁) e dos grupos-teste (T₂, T₃ e T₄) das tilápias estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2. Comprimento (cm) e peso médio (g) dos peixes nos tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄

Meses	Comprimento (cm)				Peso (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

O baixo índice de crescimento em comprimento e em peso (Tabela 2 e Figuras 1 e 2), nos tanques-rede, pode ser atribuído a pouco espaço disponível por exemplar, não obedecendo ao limite de densidade populacional (Coda, 1996), e a uma diminuição da ingestão de alimentos, coincidindo com o período de inverno (Ricker, 1979; Caetano-Filho e Ribeiro, 1995)

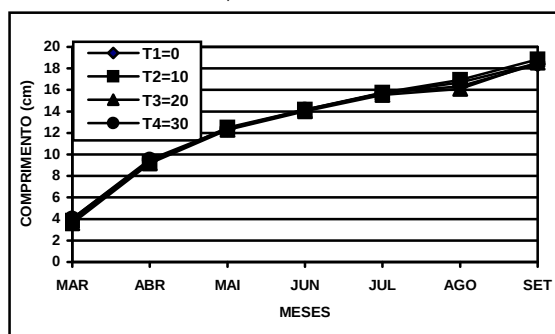


Figura 1. Variação do comprimento médio (cm) dos peixes

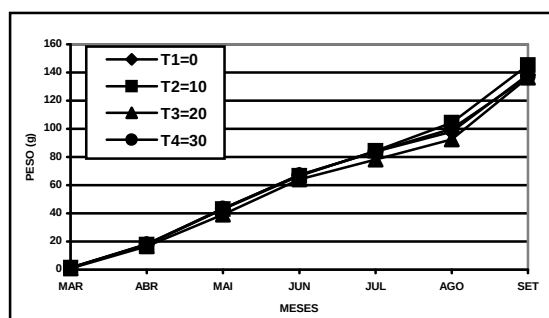


Figura 2. Peso médio (g) dos peixes

Análise físico-química da água nos tanques-rede. 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 durante o período experimental, sendo que os valores obtidos para as variáveis físico-químicas da água não apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos T_1 , T_2 , T_3 e T_4 . O teste de Tukey para as médias das análises físico-químicas da água, em cada tratamento, está exposto na Tabela 3.

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

Variáveis	% 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
O ₂ Dissolvido (mg/l)	7,7510	8,12900	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

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$)

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para peso final individual do grupo padrão (T_1^*) e dos grupos teste (T_2^* , T_3^* e T_4^*) das tilápias do Nilo.

Tabela 4. Peso final individual dos peixes nos tanques-rede

Rep.	BLOCO 1				BLOCO 2				BLOCO 3			
	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃
1	186,16	206,20	211,30	135,17	166,03	246,98	192,72	154,26	163,40	168,40	133,47	86,25
2	119,47	163,96	225,10	85,89	18,00	162,71	125,00	140,93	206,40	147,04	195,00	80,26
3	226,93	83,70	168,70	183,00	114,14	258,09	122,37	163,63	52,60	193,30	160,97	103,44
4	160,14	194,50	193,91	55,86	198,23	193,00	72,50	227,38	202,30	109,45	91,65	178,14
5	190,67	108,86	114,08	131,86	169,14	173,72	138,06	130,18	190,70	79,70	220,60	115,20
6	210,60	144,41	209,30	75,49	70,40	215,32	116,52	41,61	111,08	78,26	232,00	192,95
7	64,00	153,60	246,00	58,04	82,89	170,00	167,04	176,75	180,00	229,50	121,40	177,65
8	49,23	147,52	67,63	75,11	70,00	182,23	207,63	220,00	96,00	173,80	142,11	220,00
9	163,04	175,80	142,60	210,00	211,80	115,14	140,17	189,56	89,30	127,60	69,38	72,00
10	103,34	184,53	120,14	199,17	195,28	103,28	220,96	135,90	119,40	123,13	100,37	41,90
11	198,19	123,16	51,00	114,62	140,49	99,23	215,24	144,00	46,45	40,05	71,83	117,12
12	237,56	71,59	52,00	145,46	61,50	45,86	26,87	203,30	12,11	155,70	108,57	93,20
13	218,00	119,30	44,64	112,71	172,02	203,80	80,00	220,19	119,30	100,40	136,44	120,14
14	214,00	170,00	147,11	195,86	50,00	79,00	127,25	104,5	61,07	128,32	86,54	185,85
15	55,00	73,49	114,45	207,29	118,36	206,43	156,13	219,68	213,40	172,01	160,74	130,72
16	87,54	170,92	65,20	104,50	105,40	147,81	163,60	186,70	137,22	201,11	81,16	58,42
17	102,71	190,19	85,65	76,73	111,69	126,41		88,79	190,58	146,70		211,12
18	207,60	48,26		167,41	221,30	43,15		65,07	260,70			155,17
19		197,00		198,76	72,00	47,16		74,30	51,89			59,76
20		168,49						35,03				223,97
Médias	155,24	132,14	131,78	144,77	150,81	139,67	132,87	142,00	132,01	133,31	146,09	131,16

$T_1 = A_1 + A_2 + A_3$; $T_2 = B_1 + B_2 + B_3$; $T_3 = C_1 + C_2 + C_3$; $T_4 = D_1 + D_2 + D_3$

Aplicação da função perda de Taguchi. As Tabelas 5, 6, 7 e 8 e a Figura 3 apresentam as perdas de Taguchi nos tratamentos T_1 , T_2 , T_3 e T_4 para o custo de produção total.

Tabela 5. Custo de produção ($T_1 = 0\%$ de Levedura)

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	20,390kg	0,300	6,120
Levedura	0,000kg	0,230	0,000
Alevino	60,000	0,040	2,400
Povoamento	0,250h	1,000	0,250
Biometrias	1,500h	1,000	1,500
Arraçoamento	3,000h	1,000	3,000
Medicamento	...	5,000	1,250
Despesa	0,125h	1,000	0,125
Total	...	...	14,645

Cálculo de (A)

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 14,645/60 = 0,2441$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 139,44/2 = 69,72$$

Cálculo de (V^2)

$$v^2 = 1/56(0,012668122)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,2441(69,72)^2 1/56(0,012668122)$$

$$L = 0,268415, \text{ logo, } 60 \times 0,268415 = \text{R\$ } 16,10.$$

Tabela 6. Custo de produção ($T_2 = 10\%$ de Levedura)

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	18,860kg	0,300	5,660
Levedura	2,100kg	0,230	0,480
Alevino	60,000	0,040	2,400
Povoamento	0,250h	1,000	0,250
Biometrias	1,500h	1,000	1,500
Arraçoamento	3,000h	1,000	3,000
Medicamento	...	5,000	1,250
Despesa	0,125h	1,000	0,125
Total	...	...	14,665

Cálculo de (A)

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 14,665/60 = 0,2444$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 145,27/2 = 72,635$$

Cálculo de (V^2):

$$v^2 = 1/56(0,005082443)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,2444(72,635)^2 1/56(0,005082443)$$

$$L = 0,11702, \text{ logo, } 60 \times 0,11702 = \text{R\$ } 7,02.$$

Tabela 7. Custo de produção ($T_3 = 20\%$ de Levedura)

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração Comercial	15,460kg	0,300	4,640
Levedura	3,870kg	0,230	0,890
Alevino	60,000	0,040	2,400
Povoamento	0,250h	1,000	0,250
Biometrias	1,500h	1,000	1,500
Arraçoamento	3,000h	1,000	3,000
Medicamento	...	5,000	1,250
Despesa	0,125h	1,000	0,1250
Total	...	...	14,055

Cálculo de (A)

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 14,055/60 = 0,23425$$

Cálculo de (V^2):

$$v^2 = 1/49(0,00597488)$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 135,57/2 = 67,785$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,23425(67,785)^2 1/49(0,00597488)$$

$$L = 0,13124, \text{ logo, } 60 \times 0,131245 = \text{R\$ } 7,87.$$

Tabela 8. Custo de produção ($T_4 = 30\%$ de Levedura)

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	15,140kg	0,300	4,540
Levedura	6,490kg	0,230	1,490
Alevino	60,000	0,040	2,400
Povoamento	0,250h	1,000	0,250
Biometrias	1,500h	1,000	1,500
Arraçoamento	3,000h	1,000	3,000
Medicamento	...	5,000	1,250
Despesa	0,125h	1,000	0,125
Total	...	...	14,555

Cálculo de (A)

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 14,555/60 = 0,2426$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 136,92/2 = 68,46$$

Cálculo de (V^2):

$$v^2 = 1/59(0,005901251)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,2426 (68,46)^2 1/59(0,005901251)$$

$$L = 0,11373, \text{ logo, } 60 \times 0,11373 = \text{R\$ } 6,82.$$

As perdas de Taguchi, para o custo de produção total, estão representadas na Figura 3.

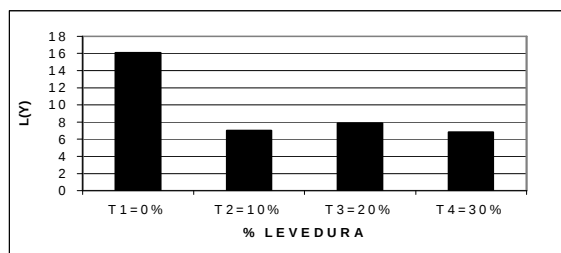


Figura 3. Perdas de Taguchi para o custo de produção total

Todos os tratamentos foram inferiores ao grupo padrão. Para $T_1=0\%$, $T_2=10\%$, $T_3=20\%$ e $T_4=30\%$ de inclusão de levedura de destilaria na ração, as perdas foram, respectivamente, de R\$16,10, R\$7,02, R\$7,87 e R\$6,82 (Figura 3). Esse resultado confirma a possibilidade do direcionamento desse resíduo como substituto parcial da ração utilizada na piscicultura, uma vez que pode favorecer a diminuição do custo de produção.

As Tabelas 9, 10, 11 e 12 e a Figura 4 apresentam as perdas de Taguchi nos tratamentos T_1 , T_2 , T_3 e T_4 para os peixes mortos.

Tabela 9. Peixes mortos ($T_1 = 0\%$ de Levedura) - K= 4 Mortes

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	0,610kg	0,300	0,180
Levedura	0,000kg	0,230	0,000
Alevino	4,000	0,040	0,160
Povoamento	0,020h	1,000	0,020
Biometrias	0,100h	1,000	0,100
Arraçoamento	0,200h	1,000	0,200
Medicamento	...	5,000	0,080
Despesa	0,010h	1,000	0,010
Total	...	...	0,750

Cálculo de A:

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 0,75/4 = 0,1875$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 139,44/2 = 69,72$$

$$\Delta = 69,72 \text{ g}$$

Cálculo de (V^2)

$$v^2 = 1/56(0,012668122)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,1875(69,72)^2 1/56(0,012668122)$$

$$L = 0,20618, \text{ logo, } 4 \times 0,206185 = \text{R\$ } 0,83.$$

Tabela 10. Peixes mortos ($T_2 = 10\%$ de Levedura) - K= 4 Mortes

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	0,576kg	0,300	0,170
Levedura	0,064kg	0,230	0,010
Alevino	4,000	0,040	0,160
Povoamento	0,020h	1,000	0,020
Biometrias	0,100h	1,000	0,100
Arraçoamento	0,200h	1,000	0,200
Medicamento	...	5,000	0,080
Despesa	0,010h	1,000	0,010
Total	...	...	0,750

Cálculo de A:

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 0,75/4 = 0,1875$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 145,27/2 = 72,635$$

$$\Delta = 72,635 \text{ g}$$

Cálculo de (V^2)

$$v^2 = 1/56(0,005082443)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,1875(72,635)^2 1/56(0,005082443)$$

$$L = 0,08978, \text{ logo, } 4 \times 0,08978 = \text{R\$ } 0,36.$$

Tabela 11. Peixes mortos ($T_3 = 20\%$ de Levedura) - K= 11 Mortes

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	1,728kg	0,300	0,520
Levedura	0,432g	0,230	0,110
Alevino	11,000	0,040	0,440
Povoamento	0,050h	1,000	0,050
Biometrias	0,270h	1,000	0,270
Arraçoamento	0,550h	1,000	0,550
Medicamento	...	5,000	0,230
Despesa	0,020h	1,000	0,020
Total	...	...	2,190

Cálculo de A:

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 2,19/11 = 0,1991$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 135,57/2 = 67,785$$

$$\Delta = 67,785$$

Cálculo de (V^2)

$$v^2 = 1/49(0,00597488)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,1991(67,785)^2 1/49(0,00597488)$$

$$L = 0,11155, \text{ logo, } 11 \times 0,11155 = \text{R\$ } 1,23.$$

Tabela 12. Peixes mortos ($T_4 = 30\%$ de Levedura) - $K = 1$ Morte

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	0,140kg	0,300	0,040
Levedura	0,060kg	0,230	0,020
Alevino	1,000	0,040	0,040
Povoamento	0,004h	1,000	0,004
Biometrias	0,025h	1,000	0,025
Arraçoamento	0,050h	1,000	0,050
Medicamento	...	5,000	0,020
Despesa	0,002h	1,000	0,002
Total	...	...	0,201

Cálculo de A:

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 0,201/1 = 0,201$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 136,92/2 = 68,46$$

$$\Delta = 68,46 \text{ g}$$

Cálculo de (V^2)

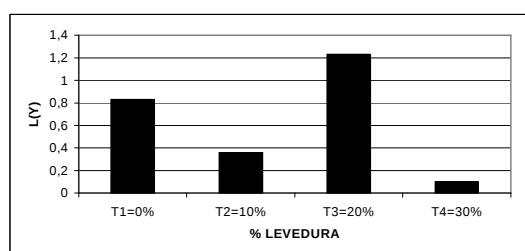
$$v^2 = 1/59(0,005901251)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,201(68,46)^2 1/59(0,005901251)$$

$$L = 0,09422, \text{ logo, } 1 \times 0,09422 = \text{R\$ } 0,10.$$

As perdas de Taguchi, para os peixes mortos, estão representadas na Figura 4.

**Figura 4.** Perdas de Taguchi para os peixes mortos

Os tratamentos $T_2=10\%$ e $T_4=30\%$ de levedura de destilaria na ração (Figura 4) resultaram em perdas, respectivamente, de R\$0,36 e R\$0,10, inferiores ao grupo padrão, cuja perda foi de R\$0,83 para os peixes mortos.

As Tabelas 13, 14, 15 e 16 e a Figura 5 apresentam as perdas de Taguchi nos tratamentos T_1 , T_2 , T_3 e T_4 para os peixes descartados.

Tabela 13. Peixes descartados ($T_1 = 0\%$ de Levedura) - $K = 10$ descartados

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	3,640kg	0,300	1,090
Levedura	0,000kg	0,230	0,000
Alevino	10,000	0,040	0,400
Povoamento	0,040h	1,000	0,040
Biometrias	0,250h	1,000	0,250
Arraçoamento	0,500h	1,000	0,500
Medicamento	...	5,000	0,210
Despesa	0,020h	1,000	0,020
Total	...	...	2,510

Cálculo de A:

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 2,51/10 = 0,251$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 139,44/2 = 69,72$$

$$\Delta = 69,72 \text{ g}$$

Cálculo de (V^2)

$$v^2 = 1/56(0,012668122)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,251(69,72)^2 1/56(0,012668122)$$

$$L = 0,27600, \text{ logo, } 10 \times 0,27600 = \text{R\$ } 2,76.$$

Tabela 14. Peixes descartados ($T_2 = 10\%$ de Levedura) - $K = 4$ descartados

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	1,347g	0,300	0,400
Levedura	0,150g	0,230	0,040
Alevino	4,000	0,040	0,160
Povoamento	0,020h	1,000	0,020
Biometrias	0,100h	1,000	0,100
Arraçoamento	0,200h	1,000	0,200
Medicamento	...	5,000	0,080
Despesa	0,010h	1,000	0,010
Total	...	...	1,010

Cálculo de A:

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 1,01/4 = 0,2525$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 145,27/2 = 72,635$$

$$\Delta = 72,635 \text{ g}$$

Cálculo de (V^2)

$$v^2 = 1/56(0,005082443)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,2525(72,635)^2 1/56(0,005082443)$$

$$L = 0,12090, \text{ logo, } 4 \times 0,12090 = \text{R\$ } 0,48.$$

Tabela 15. Peixes descartados ($T_3 = 20\%$ de Levedura) - $K = 7$ descartados

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	2,209kg	0,300	0,660
Levedura	0,552g	0,230	0,130
Alevino	7,000	0,040	0,280
Povoamento	0,030h	1,000	0,030
Biometrias	0,170h	1,000	0,170
Arraçoamento	0,350h	1,000	0,350
Medicamento	...	5,000	0,150
Despesa	0,010h	1,000	0,020
Total	...	...	1,790

Cálculo de A:

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 1,79/7 = 0,2557$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 135,57/2 = 67,785$$

$$\Delta = 67,785 \text{ g}$$

Cálculo de (V^2)

$$v^2 = 1/49(0,00597488)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,2557(67,785)^2 1/49(0,00597488)$$

$$L = 0,14326, \text{ logo, } 7 \times 0,14326 = \text{R\$ } 1,00.$$

Tabela 16. Peixes descartados ($T_4 = 30\%$ de Levedura) - $K = 8$ descartados

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Ração	2,052kg	0,300	0,620
Levedura	0,880kg	0,230	0,200
Alevino	8,000	0,040	0,320
Povoamento	0,030h	1,000	0,030
Biometrias	0,200h	1,000	0,200
Arraçoamento	0,400h	1,000	0,400
Medicamento	...	5,000	0,170
Despesa	0,020h	1,000	0,020
Total	...	...	1,960

Cálculo de A:

$$A = \sum_{i=1}^k P_i / k = 1,96/8 = 0,245$$

Cálculo de (Δ)

$$\Delta = m / 2 = 136,92/2 = 68,46$$

$$\Delta = 68,46 \text{ g}$$

Cálculo de (V^2)

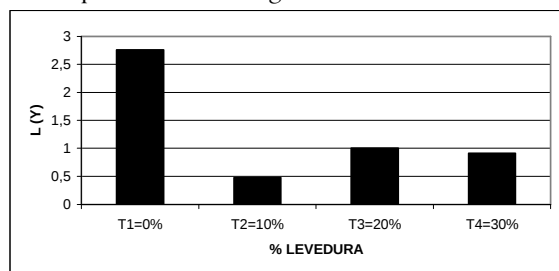
$$v^2 = 1/59(0,005901251)$$

Cálculo da Função Perda de Taguchi (L)

$$L = A \Delta^2 v^2 = 0,245(68,46)^2 1/59(0,005901251)$$

$$L = 0,11485, \text{ logo, } 8 \times 0,11485 = \text{R\$ } 0,91.$$

As perdas de Taguchi, para os peixes descartados estão representadas na Figura 5.

**Figura 5.** Perdas de Taguchi para os peixes descartados

Observou-se, em relação aos peixes descartados, que todos os tratamentos tiveram perdas inferiores ao grupo padrão. Para os tratamentos $T_1=0\%$, $T_2=10\%$, $T_3=20\%$ e $T_4=30\%$ de inclusão de levedura de destilaria na ração, as perdas foram, respectivamente, de R\$2,76, R\$0,48, R\$1,00 e R\$0,91.

Não ocorreu uma correlação entre as perdas de Taguchi para a produção total, para os peixes mortos e descartados e as quatro rações balanceadas isoprotéicas (28% PB) e isocalóricas (2933 kcal/kg), contendo $T_1=0\%$ (Grupo padrão) $T_2=10\%$, $T_3=20\%$ e $T_4=30\%$ (grupos-teste) de levedura excedente de destilaria alcooleira. Isso indica que a inclusão de níveis crescentes de levedura de destilaria na ração, para esses peixes, depende apenas de sua disponibilidade e do custo ocasional.

Agradecimentos

À Prof.^a Dr.^a Ivone Yurika Mizubuti pela colaboração no estudo da formulação das rações experimentais.

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.
- Coda, S. Efeito da densidade de estocagem no cultivo intensivo de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 9, 1996, Sete Lagoas. Resumos... Sete Lagoas: Simbraq. 1996. p.131.
- Guedes, T.A. *Procedimentos de otimização no planejamento e controle da qualidade de produtos e processos*. Florianópolis, 1996. (Doctoral Thesis in Engineering of Production) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- Kackar, R.N. Taguchi's quality philosophy: analysis and commentary. *Qual. Progr.*, 19(12):19-29, 1986.
- Lind, O.T. *Handbook of common methods in limnology*. London: Ed. Mosby, 1979. p.59-85.
- Mattos, W.R.S.; Dantas D'Arce, R.; Machado, P.F. O uso de levedura da fermentação alcoólica na alimentação de ruminantes. *Infôr. Agrope.*, 10(119):56-60, 1984.
- 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.
- Phadke, M.S. *Quality engineering using robust design*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989. p.18-22.

- Ricker, W.E. Growth rates and models. In: Hoar, W.S.; Randall, D.J.; Brett, J.R. (Eds.) *Fish Physiology*. New York. Academic Press, p.677-743.
- Standard Methods - *for the examination of water and wastewater*. APHA- AWWA-WPCF 1, 1980, 15.ed., p.380-491.
- Stange, P. *Sobre o gerenciamento da produção orientado para a qualidade total da empresa com base na função perda de Taguchi*. Florianópolis: EPS/UFSC, 1996.
- Taguchi, G.; Elsayed, E.A.; Hsiang, T.C. *Engenharia da qualidade em sistemas de produção*. São Paulo: Mc Graw - Hill, 1990. 235p
- Tavares, L.H.S. *Limnologia aplicada à aquicultura*. Jaboticabal: Funep, 1994. p.14-37.
- Wilson, R.P. (Ed.). *Handbook of nutrient requirements of finfish*. Boca Raton: CRC, 1991. p.176.
- Received on May 14, 1998.*
Accepted on August 31, 1998.