



RICARDO VITOR RIBEIRO DOS SANTOS

**ESTUDO DOS EFEITOS DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE
MANEJO PARA DUAS ESPÉCIES DE PEIXES
ECONOMICAMENTE IMPORTANTES**

LAVRAS – MG

2018

RICARDO VITOR RIBEIRO DOS SANTOS

**ESTUDO DOS EFEITOS DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA
DUAS ESPÉCIES DE PEIXES ECONOMICAMENTE IMPORTANTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agropecuária, área de concentração em Estatística e Experimentação Agropecuária, para a obtenção do título de Doutor.

Dra. Solange Gomes Faria Martins
Orientadora

LAVRAS – MG
2018

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Santos, Ricardo Vitor Ribeiro dos.

Estudo dos efeitos de diferentes estratégias de manejo para
duas espécies de peixes economicamente importantes / Ricardo
Vitor Ribeiro dos Santos. - 2018.

120 p. : il.

Orientador(a): Solange Gomes Faria Martins.

.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Modelo Santos. 2. Pintado. 3. Dourado. I. Martins, Solange
Gomes Faria. . II. Título.

RICARDO VITOR RIBEIRO DOS SANTOS

**ESTUDO DOS EFEITOS DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA
DUAS ESPÉCIES DE PEIXES ECONOMICAMENTE IMPORTANTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agropecuária, área de concentração em Estatística e Experimentação Agropecuária, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 13 de março de 2018.

Dra. Solange Gomes Faria Martins	UFLA
Dra. Thelma Sáfyadi	UFLA
Dr. Paulo dos Santos Pompeu	UFLA
Dra. Angélica Sousa da Mata	UFLA
Dr. Anderson Castro Soares de Oliveira	UFMT

Dra. Solange Gomes Faria Martins
Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado forças e iluminado meu caminho nessa jornada.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Estatística, juntamente com seus docentes e funcionários, pela oportunidade de crescimento e aprendizado.

Ao CEFET/MG por ter me liberado integralmente das minhas aulas na fase final do doutorado e pela ajuda de custo com apoio financeiro para que eu pudesse concretizar este trabalho.

À professora Dra. Solange Gomes Faria Martins, minha orientadora, faltam palavras para agradecer toda sua dedicação, amizade e paciência.

À minha mãe, Inês, por todo amor, carinho e incentivo.

À minha esposa, Angelita, pelo carinho, compreensão e companheirismo.

Aos meus irmãos, André e Paula, pela confiança e por me ajudarem nos momentos difíceis.

Ao professor Dr. Paulo Pompeu dos Santos, pela disposição em colaborar sempre e pela importante participação na realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Anderson, Dra Angélica, Dr. Paulo e Dra. Thelma por terem aceito o convite de participar da banca e pelas importantes contribuições feitas a este trabalho de tese.

Aos amigos, Tamara, Érica e Cristian por todos os momentos que passamos juntos, levo a amizade de vocês para a vida inteira.

Ao DFI e secretários, Fábio e Débora, pelo acolhimento e amizade.

Aos amigos do departamento Carlos, Henrique, Vitor, Leila, Kelly, Elias, Carol, Luciano, Ernandes e Paulo por sempre estarem prontos a me ajudar e pela amizade.

Por fim, agradeço a todos que me ajudaram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho de tese.

RESUMO

A maioria das pescarias praticadas em água doce sobre os estoques naturais da América do Sul está sob efeito da sobrepesca ou próximo de seu limite biológico. Dentre os vários peixes que vêm sofrendo os efeitos da pesca seletiva, destacam-se o Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e o Dourado (*Salminus brasiliensis*). Santos, Martins e Pompeu (2012) propuseram um modelo baseado no indivíduo, que leva em conta os efeitos evolutivos da pesca seletiva sobre a população explorada. Esse modelo é uma adaptação do modelo Penna, baseado na biologia do pintado. Este trabalho teve como objetivos: i) com base nos resultados reais de captura e de esforço de pesca do pintado obtidos durante o monitoramento realizado por Okada et al. (2010) nos rios do reservatório de Manso-Cuiabá, MT, no período de 2000 a 2008, calibrar o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), para que o mesmo possa ser empregado como um modelo de previsão de captura para o estoque de pintado naquela região, e a partir daí, estudar o efeito da pesca seletiva sujeito a diferentes curvas de seletividade. Como a correlação entre resultados reais e simulados de captura para o pintado foi de 92,21%, pode-se fazer previsões de captura com estimativas anuais do número de dias de pesca para região estudada. Verificou-se também que a curva de seletividade utilizando a janela de captura ($90 \leq L \leq 115$ cm) mostrou-se mais sustentável para a espécie que a logística ($L \geq 85$ cm) em todas as características populacionais e fenotípicas estudadas, com exceção da captura; ii) avaliar o efeito de diferentes períodos de moratória sobre as características populacionais e fenotípicas do dourado. Constatou-se que a pesca seletiva sem e com moratórias de 5, 15 e 50 anos não apresentou diferenças significativas para a espécie dourado; iii) investigar o efeito de diferentes curvas de seletividade para a pesca do pintado do ponto de vista bioeconômico utilizando o modelo de Gordon-Schaefer (GORDON, 1954). Confirmou-se que para uma população sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$), a melhor estratégia de pesca seletiva foi a curva de seletividade logística ($L \geq 85$ cm), e para uma população com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$), a melhor opção foi a estratégia de pesca utilizando a janela de captura ($90 \leq L \leq 115$ cm) e, iv) por fim, introduzir no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) a captura proporcional à densidade populacional e compará-la com a pesca seletiva convencional já aplicada na captura do pintado. Comprovou-se que a pesca utilizando a nova abordagem, captura proporcional à densidade populacional, se mostrou mais sustentável que a pesca seletiva convencional adotada pela legislação atual brasileira ($L \geq 85$ cm) para o pintado em todas as características fenotípicas (I_m , k e L_m), resultado vantajoso para a espécie.

Palavras-chave: Modelo Penna, modelo Santos, Pintado, esforço de pesca, Dourado.

ABSTRACT

Most of the freshwater fisheries on the natural stocks of South America are under the effect of overfishing or near their biological limit. Among the various fish that have been suffering from the effects of selective fishing, we highlight the Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) and the Dourado (*Salminus brasiliensis*). Santos, Martins e Pompeu (2012) proposed an individual-based model that takes into account the evolutionary effects of selective fishing on the exploited population. This model is an adaptation of the Penna model, based on the biology of pintado. This work had as objectives: i) based on the actual catch and fishing effort of the pintado obtained during the monitoring carried out by Okada et al. (2010), to calibrate the model proposed by Santos, Martins e Pompeu (2012) in the rivers of the reservoir of Manso-Cuiabá, MT, in the period from 2000 to 2008, so that it can be used as a model for forecasting catch for the stock of painted in that region, and from there, to study the effect of the selective fishing subject to different curves of selectivity. As the correlation between actual and simulated catch results for the pintado was 92.21%, it is possible to make catch forecasts with annual estimates of the number of fishing days for the studied region. It was also verified that the selectivity curve using the capture window ($90 \leq L \leq 115$ cm) was more sustainable for the species than the logistic ($L \geq 85$ cm) in all the population and phenotypic characteristics studied, except of catch; ii) to evaluate the effect of different moratorium periods on the population and phenotypic characteristics of gilt. It was verified that the selective fishing without and with moratoria of 5, 15 and 50 years did not present significant differences for the dourado species; iii) to investigate the effect of different selectivity curves for the fishery from the bioeconomic point of view using Gordon-Schaefer's model (GORDON, 1954). It was confirmed that for a population with no probability of mutation in the phenotype ($\omega = 0$), the best selective fishing strategy was the logistic selectivity curve ($L \geq 85$ cm), and for a population with a probability of mutation in the phenotype ($\omega = 0,5$), the best option was the fishing strategy using the catch window ($90 \leq L \leq 115$ cm) and, iv) finally, to introduce into the model proposed by Santos, Martins e Pompeu (2012) the capture proportional to the population density and to compare it with the conventional selective fishing already applied in the capture of the pintado. It was verified that fishing using the new approach, proportional to the population density, was more sustainable than the conventional selective fishing adopted by the current Brazilian legislation ($L \geq 85$ cm) for all phenotypic characteristics (I_m, k e L_m), an advantageous result for the species.

Keywords: Penna model, Santos model, Pintado, fishing effort, Dourado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplar do <i>P. corruscans</i>	22
Figura 2.2 – Exemplar do <i>S. brasiliensis</i>	24
Figura 2.3 – Tamanho do estoque em função do esforço de pesca (em dias) com $q = 0,00005$, $B_{\infty} = 100.000$ e E variando de 0 a 6.000 dias de pesca.	30
Figura 2.4 – Curva de rendimento sustentável com $q = 0,00005$, $B_{\infty} = 100.000$ e E variando de 0 a 6.000 dias de pesca.	31
Figura 2.5 – Curva de receita sustentável total (TSR_E) e reta de custo total (TC_E) em função do esforço de pesca (dias), sendo o preço do peixe (R\$17,00), o custo por unidade de esforço (R\$25,00), $q = 0,00005$, $B_{\infty} = 100.000$ e E variando de 0 a 6.000 dias de pesca.	32
Figura 3.1 – Curvas de seletividade: (a) $S_1(L)$ baseada na Resolução nº 009/96-CONSEMA. (b) $S_2(L)$ baseada na Resolução nº 001/2000-CONSEMA e Leis números 9096/2009 e 9895/2013. (c) $S_3(L)$ baseada na Lei nº 9794/12. (d) $S_4(L)$ baseada na Lei nº 9893/2013.	42
Figura 3.2 – Cenário de calibração de parâmetros: de $t = 1$ a $t = 100.063$ (2008). Antes de 2000, $\gamma = 0,55$. Cenários de previsão a longo prazo: de $t = 1$ a $t = 100.167$ (2112). Depois de 2008, $\bar{\gamma} = 0,69$. Valores médios foram calculados nas últimas 100 etapas temporais (amarelo).	43
Figura 3.3 – Gráfico de barras para a captura do pintado: valores reais (preto) e simulados (vermelho, cenário 1 ($L \geq 85$)).	46
Figura 3.4 – Box-plot da captura em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).	48
Figura 3.5 – Box-plot da biomassa em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).	48
Figura 3.6 – Box-plot da biomassa desovante em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).	49
Figura 3.7 – Box-plot da idade de maturação em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).	50
Figura 3.8 – Box-plot do comprimento de maturação em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).	50

Figura 3.9 – Box-plot da taxa de crescimento em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).	51
Figura 3.10 – Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).	51
Figura 3.11 – Frequência relativa do número de bits setados em "1" no fenótipo para as situações: sem pesca (preto), cenário 1 (vermelho) e cenário 2 (azul).	52
Figura 4.1 – Cenário de calibração de parâmetros: de $t = 1$ a $t = 100.070$ (2015). Antes de 1995, $\gamma = 0,49$. Cenários comparativos de moratória para o procedimento 1: de $t = 1$ a $t = 100.220$ (2165). Depois de 2015, $\bar{\gamma} = 0,36$. Valores médios foram calculados nas últimas 100 etapas temporais (amarelo).	57
Figura 4.2 – Cenários comparativos de moratória para o procedimento 2: de $t = 1$ a $t = 100.220$ (2165). Os valores médios foram calculados sobre as 100 etapas temporais pós-moratória dos cenários 2, 3 e 4, tendo como intervalos temporais: de $t = 100.076$ (2021) a $t = 100.175$ (2120), de $t = 100.086$ (2031) a $t = 100.185$ (2130) e de $t = 100.121$ (2066) a $t = 100.220$ (2165) em amarelo, respectivamente. Para cada cenário definiu-se um cenário de pesca sem moratória considerando-se as 100 etapas temporais nos mesmos intervalos citados anteriormente	59
Figura 4.3 – Cenários comparativos de moratória para o procedimento 3: de $t = 1$ a $t = 100.220$ (2165). Os valores médios foram calculados sobre as 100 etapas temporais pós-moratória dos cenários 2, 3 e 4, tendo como intervalos temporais: de $t = 100.076$ (2021) a $t = 100.175$ (2120), de $t = 100.086$ (2031) a $t = 100.185$ (2130) e de $t = 100.121$ (2066) a $t = 100.220$ (2165), respectivamente. Para o cenário sem moratória considerou-se as 100 etapas temporais no intervalo de $t = 100.071$ (2016) a $t = 100.170$ (2115) em amarelo.	60
Figura 4.4 – Gráfico de barras para a captura do dourado: valores reais (preto) e simulados (vermelho, cenário 1).	62
Figura 4.5 – Box-plot da captura para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).	63

Figura 4.6 – Box-plot da biomassa para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).	64
Figura 4.7 – Box-plot da biomassa desovante para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).	64
Figura 4.8 – Box-plot da idade de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).	65
Figura 4.9 – Box-plot da taxa de crescimento para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).	66
Figura 4.10 – Box-plot do comprimento de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).	66
Figura 4.11 – Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).	67
Figura 4.12 – Frequência relativa do número de bits setados em "1" no fenótipo para as situações: sem pesca (preto), cenário 1 (vermelho - SM), cenário 2 (azul - M_5anos), cenário 3 (violeta - M_15anos) e cenário 4 (verde - M_50anos).	67
Figura 5.1 – Captura em função do esforço de pesca para curva logística, $L \geq 80$ cm, com $\omega = 0$	72
Figura 5.2 – Captura em função do esforço de pesca para curva logística, $L \geq 85$ cm, com $\omega = 0$	73
Figura 5.3 – Captura em função do esforço de pesca para curva janela de captura, $90 \leq L \leq 115$ cm, com $\omega = 0$	73
Figura 5.4 – Captura em função do esforço de pesca para curva logística, $L \geq 80$ cm, com $\omega = 0,5$	73
Figura 5.5 – Captura em função do esforço de pesca para curva logística, $L \geq 85$ cm, com $\omega = 0,5$	74

Figura 5.6 – Captura em função do esforço de pesca para curva janela de captura, $90 \leq L \leq 115$ cm, com $\omega = 0,5$	74
Figura 6.1 – Box-plot da captura em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).	84
Figura 6.2 – Box-plot da biomassa em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).	85
Figura 6.3 – Box-plot da biomassa em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).	85
Figura 6.4 – Box-plot da idade de maturação em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).	86
Figura 6.5 – Box-plot da taxa de crescimento em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).	87
Figura 6.6 – Box-plot do comprimento de maturação em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).	87
Figura 6.7 – Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).	88
Figura A.1 – Box-plot da captura para o procedimento 2.	98
Figura A.2 – Box-plot da biomassa para o procedimento 2.	99
Figura A.3 – Box-plot da biomassa desovante para o procedimento 2.	100
Figura A.4 – Box-plot da idade de maturação para o procedimento 2.	101
Figura A.5 – Box-plot da taxa de crescimento para o procedimento 2.	102
Figura A.6 – Box-plot do comprimento de maturação para o procedimento 2.	103
Figura A.7 – Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados para o procedimento 2.	104
Figura A.8 – Box-plot das características populacionais para o procedimento 3.	106
Figura A.9 – Box-plot das características fenotípicas para o procedimento 3.	107

Figura A.10–Box-plot da captura e do comprimento dos indivíduos capturados para o
procedimento 3. 108

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Estimativas dos parâmetros de crescimento, sem distinção entre machos e fêmeas, para o estoque de <i>P. corruscans</i> no Rio Cuiabá, MT (MATEUS; PENHA, 2007).	23
Tabela 2.2 – Estimativas dos parâmetros de crescimento para o estoque de <i>S. brasiliensis</i> no Rio Cuiabá, MT (ZULIANI et al., 2016).	24
Tabela 3.1 – Valores anuais médios do número de dias de pesca e da captura, monitorados por Okada et al. (2010) para o pintado, no período de 2000 a 2008, no reservatório de Manso-Cuiabá, MT. O parâmetro γ é a razão do n ^o de dias de pesca em cada ano por 110 dias.	44
Tabela 3.2 – Parâmetros utilizados no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012): T (limite de mutações deletérias), ω (probabilidade de mutação no fenótipo), N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações para o genótipo), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_s (coeficiente de inclinação da curva de seletividade), L_∞ (comprimento assintótico em cm) e β (constante de proporcionalidade).	44
Tabela 3.3 – Correlações entre as variáveis n ^o de dias de pesca, captura real e simulada (Tabela 3.1).	45
Tabela 3.4 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) simulados para um estoque de pintado sujeito à pesca seletiva nos cenários 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).	46
Tabela 3.5 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela 3.4.	47
Tabela 3.6 – Teste de Tukey para os valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) simulados para um estoque de pintado sujeito à pesca seletiva nos cenários 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$). A letra <i>a</i> indica valor médio superior a letra <i>b</i>	53

Tabela 4.1 – Estimativas dos parâmetros de crescimento para o estoque de <i>S. brasiliensis</i> .	55
Tabela 4.2 – Valores anuais médios da captura, do n° de pescadores e do n° de dias de pesca obtidos pelo SCPESCA/MS, desenvolvido em conjunto pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, pela EMBRAPA-Pantanal e pela Polícia Militar Florestal através de boletins de pesquisa durante o período de 1995 a 2015 para o dourado (CATELLA; CAMPOS; ALBUQUERQUE, 2016). O parâmetro γ é a razão do n° de pescadores em cada ano por 5.783 pescadores.	57
Tabela 4.3 – Parâmetros utilizados no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012): T (limite de mutações deletérias), ω (probabilidade de mutação no fenótipo), N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações para o genótipo), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_s (coeficiente de inclinação da curva de seletividade), L_∞ (comprimento assintótico em cm) e β (constante de proporcionalidade).	59
Tabela 4.4 – Correlações entre as variáveis n° de dias de pesca, n° de pescadores, captura real e simulada (Tabela 4.2).	61
Tabela 4.5 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM), 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos).	63
Tabela 4.6 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela 4.5.	63
Tabela 4.7 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM), 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos).	68

Tabela 5.1 – Parâmetros utilizados no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012): T (limite de mutações deletérias), ω (probabilidade de mutação no fenótipo), N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações para o genótipo), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_s (coeficiente de inclinação da curva de seletividade), L_∞ (comprimento assintótico em cm) e β (constante de proporcionalidade).	71
Tabela 5.2 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável ($TRSE$), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.1 ($L \geq 80$ cm) para a pesca do pintado com uma população sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .	75
Tabela 5.3 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável ($TRSE$), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.2 ($L \geq 85$ cm) para a pesca do pintado com uma população sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .	75
Tabela 5.4 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável ($TRSE$), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.3 ($90 \leq L \leq 115$ cm) para a pesca do pintado com uma população sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE}	75
Tabela 5.5 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável ($TRSE$), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.4 ($L \geq 80$ cm) para a pesca do pintado com uma população com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .	76
Tabela 5.6 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável ($TRSE$), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.5 ($L \geq 85$ cm) para a pesca do pintado com uma população com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .	76
Tabela 5.7 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável ($TRSE$), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.6 ($90 \leq L \leq 115$ cm) para a pesca do pintado com uma população com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE}	76

Tabela 5.8 – Resultados da captura (C_{EMSY}) e do lucro baseados nos ajustes de regressão das Figuras 5.1 a 5.3 para a pesca do pintado sujeita à diferentes tipos de seletividade para o esforço de pesca E_{MSY} , sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$).	77
Tabela 5.9 – Resultados da captura (C_{EMSY}) e do lucro baseados nos ajustes de regressão das Figuras 5.4 a 5.6 para a pesca do pintado sujeita à diferentes tipos de seletividade para o esforço de pesca E_{MSY} , com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$).	77
Tabela 6.1 – Parâmetros utilizados no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012): T (limite de mutações deletérias), ω (probabilidade de mutação no fenótipo), N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações para o genótipo), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_s (coeficiente de inclinação da curva de seletividade), L_∞ (comprimento assintótico em cm) e β (constante de proporcionalidade).	82
Tabela 6.2 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m), comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) e tamanho da população (\bar{N}) de um estoque de pintado sujeita a pesca sob diferentes estratégias: curva de seletividade logística com $L \geq 85$ cm, densidade proporcional sem limite de tamanho (DP), densidade proporcional com tamanho mínimo de 52 ($DP(L \geq 52)$) e 73,5 cm ($DP(L \geq 73,5)$).	83
Tabela 6.3 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela 6.2, exceto para N (tamanho populacional).	84
Tabela 6.4 – Teste de Tukey para os valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) para um estoque de pintado sujeita a pesca sob diferentes estratégias: curva de seletividade logística com $L \geq 85$ cm, densidade proporcional sem limite de tamanho (DP), densidade proporcional com tamanho mínimo de 52 ($DP(L \geq 52)$) e 73,5 cm ($DP(L \geq 73,5)$).	86

Tabela A.1 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos) para o procedimento 2.	94
Tabela A.2 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 2 (M_5anos) para o procedimento 2.	94
Tabela A.3 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 2 (M_5anos) para o procedimento 2.	95
Tabela A.4 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 4 (M_50anos) para o procedimento 2.	95
Tabela A.5 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM), 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos) para o procedimento 3.	95
Tabela A.6 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.1.	96
Tabela A.7 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.2.	96

Tabela A.8 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.3.	96
Tabela A.9 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.4.	97
Tabela A.10 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.5.	97
Tabela A.11 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos) para o procedimento 2 (Tabela A.1).	105
Tabela A.12 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 2 (M_5anos) para o procedimento 2 (Tabela A.2).	105
Tabela A.13 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 3 (M_15anos) para o procedimento 2 (Tabela A.3).	105
Tabela A.14 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 4 (M_50anos) para o procedimento 2 (Tabela A.4).	106

Tabela A.15 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM), 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos) para o procedimento 3 (Tabela A.5).	108
Tabela B.1 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis.	109
Tabela B.2 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 1.	110
Tabela B.3 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 2 (três moratórias).	111
Tabela B.4 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 2 (SM-M5).	111
Tabela B.5 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 2 (SM-M15).	112
Tabela B.6 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 2 (SM-M50).	112
Tabela B.7 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 3.	113
Tabela B.8 – Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanho mínimo de 80 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0$	113
Tabela B.9 – Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanho mínimo de 85 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0$	114
Tabela B.10 – Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanhos, mínimo e máximo de, 90 e 115 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0$	115

- Tabela B.11 –Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanho mínimo de 80 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0,5$. 116
- Tabela B.12 –Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanho mínimo de 85 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0,5$. 117
- Tabela B.13 –Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanhos, mínimo e máximo de, 90 e 115 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0,5$ 118

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	Aspectos relativos a pesca e biologia do <i>P. corruscans</i>	22
2.2	Aspectos relativos a pesca e biologia do <i>S. brasiliensis</i>	23
2.3	Efeitos da pesca seletiva	25
2.4	Modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012)	26
2.5	Modelo bioeconômico	28
2.5.1	Modelo de Schaefer	28
2.5.2	Modelo de Gordon-Schaefer	30
2.6	Testes estatísticos	33
2.6.1	Teste de Shapiro-Wilk	33
2.6.2	Teste de Bartlett	34
2.6.3	Teste de Durbin-Watson	35
2.6.4	Teste de Tukey	35
2.7	Séries temporais	36
2.7.1	Modelo de Box e Jenkins	36
2.8	Técnicas Bootstrap	37
2.8.1	Método Bootstrap	37
2.8.2	Método Bootstrap em séries temporais	37
2.8.3	Comparações múltiplas via Bootstrap	38
3	CALIBRAÇÃO DO MODELO PROPOSTO POR SANTOS, MARTINS E POMPEU (2012) PARA ESTUDAR O EFEITO DA PESCA SELETIVA SOBRE O PINTADO NO ESTADO DE MATO GROSSO BASEADO EM DADOS REAIS	39
3.1	Introdução	39
3.2	Metodologia	40
3.2.1	Análise das séries temporais	44
3.3	Resultados e discussões	45
3.3.1	Cenário de calibração	45
3.3.2	Cenários de previsão a longo prazo	45
3.4	Conclusões	53

4	EFEITO DE DIFERENTES PERÍODOS DE MORATÓRIA SOBRE OS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DO DOURADO	54
4.1	Introdução	54
4.2	Metodologia	55
4.2.1	Análise das séries temporais	60
4.3	Resultados e discussões	60
4.3.1	Cenário de calibração de parâmetros	60
4.3.2	Cenários comparativos para moratória	61
4.3.3	Conclusões	68
5	AVALIAÇÃO DA PESCA DO PINTADO UTILIZANDO MODELO BIOECONÔMICO	69
5.1	Introdução	69
5.2	Metodologia	70
5.3	Resultados e discussões	72
5.4	Conclusões	78
6	AVALIAÇÃO DA PESCA UTILIZANDO A CAPTURA PROPORCIONAL À DENSIDADE POPULACIONAL	79
6.1	Introdução	79
6.2	Metodologia	80
6.2.1	Estratégias utilizadas na captura proporcional à densidade populacional	81
6.3	Resultados e discussões	82
6.4	Conclusões	88
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
	REFERÊNCIAS	90
A	APÊNDICE A	94
B	APÊNDICE B	109

INTRODUÇÃO GERAL

Diversos fatores ambientais influenciam o declínio dos estoques de peixes. Dentre eles podemos citar a construção e operação das usinas hidrelétricas que prejudicam as espécies que realizam longas migrações ascendentes em direção à cabeceira dos rios para a desova (AGOSTINHO et al., 2007). Outro fator que contribui para este declínio é a pesca seletiva.

A maioria das pescarias praticadas em água doce sobre os estoques naturais da América do Sul está sob efeito da sobrepesca ou próximo de seu limite biológico. Dentre os vários peixes que vêm sofrendo os efeitos da pesca seletiva, destacam-se o Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e o Dourado (*Salminus brasiliensis*), principalmente pela alta qualidade de suas carnes, pelo alto valor de comercialização e pela sua marcante participação na pesca recreativa. No ano de 2015, a captura total de pintado e dourado realizada por pescadores profissionais e amadores (ou esportistas) na bacia do Alto Rio Paraguai no estado de Mato Grosso do Sul foi de 80 e 9 toneladas, respectivamente. Houve um aumento na captura de 16,25% para o pintado em relação ao ano de 2014 e, 28,57% para o dourado em relação ao ano de 2013 (CATELLA; CAMPOS; ALBUQUERQUE, 2016). Essa intensificação no uso dos recursos naturais de água doce coloca novos desafios para sua perpetuação a longo prazo, fazendo-se necessária a reavaliação das leis e regulamentações sobre a pesca.

O declínio dos estoques pesqueiros resultam em algumas decisões do poder público. Em 2011 o poder legislativo municipal de Corumbá, MS, elaborou um projeto de lei para submeter a pesca do dourado à moratória. A Lei nº 2.237 de 08/12/2011 (CATELLA; CAMPOS; ALBUQUERQUE, 2016) proibiu a captura, o embarque, o transporte, a comercialização e a industrialização do dourado pelos próximos 5 anos.

Uma ferramenta que tem sido muito utilizada em diversas áreas para representar populações sob determinados conflitos é a simulação computacional. Este tipo de modelagem, bastante flexível com custo relativamente baixo, proporciona um ambiente seguro para investigar propriedades do sistema estudado. Este tipo de abordagem do problema trata-se de uma maneira de antecipar os resultados experimentais ou de realizar experiências de outro modo inacessíveis.

Recentemente foi divulgada uma nova estratégia para a pesca chamada de "balanced haversting" ou "captura proporcional". Segundo Froese et al. (2015) esta estratégia pode oferecer rendimentos melhores do que os alcançados com as estratégias tradicionais, porém, foi parcialmente confirmada apenas por estudos de modelagem. Por outro lado, Kolding, Ticheler

e Chanda (2003) realizaram um experimento muito próximo da captura proporcional com as oito espécies mais importantes do lago de Bangweulu, África, utilizando 3 tipos de seletividade, dentre elas a rede de emalhar com diferentes malhas (25 a 127 mm). Com este trabalho concluíram que esse método de pesca apresenta resultados muito próximos do ótimo biológico em termos de maximização da produção.

Com uma abordagem computacional e tendo como instrumento fundamental o modelo para pesca seletiva proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos: (i) com base nos resultados reais de captura e de esforço de pesca do pintado obtidos durante o monitoramento realizado por Okada et al. (2010) nos rios do reservatório de Manso-Cuiabá, no estado de Mato Grosso, no período de 2000 a 2008, calibrar o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), para que o mesmo possa ser empregado como um modelo de previsão de captura para o estoque de pintado naquela região, e a partir daí, estudar o efeito da pesca seletiva sujeito a diferentes curvas de seletividade; (ii) avaliar o efeito de diferentes períodos de moratória sobre as características populacionais e fenotípicas do dourado; (iii) investigar o efeito de diferentes curvas de seletividade para a pesca do pintado do ponto de vista bioeconômico, utilizando o modelo de Gordon-Schaefer (GORDON, 1954) e, (iv) introduzir no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) a captura proporcional à densidade populacional e comparar esta nova estratégia de pesca com a pesca seletiva convencional empregada na captura do pintado.

Assim, esta tese está estruturada em seis capítulos. No Capítulo 2 é apresentado o referencial teórico, que visa apresentar conceitos necessários à compreensão do trabalho desenvolvido. No capítulo 3 são apresentados: metodologia e resultados da calibração do modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), da correlação entre valores reais e simulados de captura, e do efeito da pesca seletiva sob diferentes curvas de seletividade. No capítulo 4 são apresentados: metodologia e resultados para avaliar o efeito de diferentes períodos de moratória para o dourado. No capítulo 5 são apresentados: metodologia e resultados relativos à análise bioeconômica da pesca do pintado sob diferentes curvas de seletividade. Por fim, no capítulo 6 são apresentados: metodologia para a nova abordagem de pesca “*balanced harvesting*” e resultados confrontando seus efeitos com os já conhecidos das curvas de seletividade para a pesca seletiva do pintado.

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos relativos a pesca e biologia do *P. corruscans*

A espécie *Pseudoplatystoma corruscans* é conhecida, popularmente, como surubim e, mais comumente, como pintado, pois seu corpo possui listras e pintas (GODINHO et al., 1997). Na Figura 2.1 é apresentado um exemplar desta espécie.

Figura 2.1 – Exemplar do *P. corruscans*.



Fonte: <https://www.hotellaregina.com.br/noticias/surubim-pintado-um-dos-maiores-peixes-do-pantanal>.

Segundo Lauder e Liem (2007), a espécie ocupa a seguinte posição sistemática: Super Classe *Pisces*, Classe *Osteichthyes*, Subclasse *Actinopterygii*, Ordem *Siluriformes*, Subordem *Siluroidei*, Família *Pimelodidae*, Gênero *Pseudoplatystoma* e Espécie *Pseudoplatystoma corruscans*. A ordem *Siluriformes* inclui os chamados peixes de couro, cuja principal característica externa é a ausência de escamas pelo corpo, que é revestido apenas de pele espessa ou coberto, parcial ou totalmente, por placas ósseas (GODINHO et al., 1997).

Segundo Mateus e Penha (2007), bagres pimelodídeos, dentre eles o pintado, são os principais alvos nas capturas de peixes de água doce da América do Sul. Em 2000 e 2001, representaram 64% da captura no pantanal norte e, em 2002, 45% da captura no pantanal sul. Eles estudaram a dinâmica populacional do pintado e estimaram os seguintes parâmetros de crescimento: L_{∞} (comprimento assintótico), k (taxa de crescimento), j_0 (idade teórica em que o

comprimento do indivíduo é zero), L_m (comprimento médio de primeira maturação) e I_m (idade média da primeira maturação). Os parâmetros são apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Estimativas dos parâmetros de crescimento, sem distinção entre machos e fêmeas, para o estoque de *P. corruscans* no Rio Cuiabá, MT (MATEUS; PENHA, 2007).

Parâmetros	Pintado
L_∞ (cm)	149,7
k (ano ⁻¹)	0,127
j_0 (ano)	-0,871
L_m (cm)	75,0
I_m (ano)	4,6

Godinho et al. (1997) estimaram a relação entre peso e comprimento do pintado através da seguinte equação:

$$P(L) = 1,734 \times 10^{-6} L^{3,335}, \quad (2.1)$$

sendo $P(L)$ o peso em kg, e L o comprimento do indivíduo em cm.

2.2 Aspectos relativos a pesca e biologia do *S. brasiliensis*

O Dourado (*Salminus brasiliensis*) pertence ao gênero *Salminus*, família *Characidae*, ordem dos *Characiformes* e classe *Actinopterygii*. Um exemplar da espécie é apresentado na Figura 2.2. Atualmente são descritas quatro espécies do gênero *Salminus*: *S. affinis*, *S. hilarii*, *S. brasiliensis* e *S. franciscanus*. A primeira é nativa das bacias do Rio Magdalena na Colômbia, onde é conhecida por dourada ou rubia. A segunda é nativa das bacias do Alto Rio Paraná, Tocantins e Alto Amazonas, sendo conhecida por tabarana. A terceira espécie possui ampla distribuição geográfica, sendo encontrada em várias bacias dos Rios Paraná, Paraguai, Uruguai, sendo conhecida por dourado. A quarta espécie é nativa do Rio São Francisco. Das quatro espécies citadas, a *S. brasiliensis* é a que possui o maior potencial para piscicultura. É uma espécie piscívora, fazendo com que isso seja, sem dúvida um dos entraves para o sucesso de sua criação, pois se trata de um animal carnívoro, exigindo assim alimentos ricos em proteína de alta qualidade, tornando elevados os gastos com sua alimentação (LIMA; BRITSKI, 2007).

O dourado apresenta dimorfismo sexual, ou seja, as fêmeas são maiores que os machos. A reprodução se dá uma vez por ano, período no qual o dourado faz uma migração ascendente até a cabeceira do rio, onde ocorre a desova. Após a fecundação, os ovos são transportados pelas águas em direção à remansos e lagoas marginais formadas nas épocas das chuvas, onde

Figura 2.2 – Exemplar do *S. brasiliensis*.

Fonte: <http://animais.culturamix.com/informacoes/aquaticos/lista-de-peixes-em-extincao-no-brasil-e-no-mundo>.

se desenvolvem até a fase juvenil, quando então retornam à calha dos rios para reiniciar o ciclo (AGOSTINHO et al., 2007).

Atualmente esta espécie vem sendo ameaçada de extinção pela poluição das águas e por alterações no ambiente, tal como construções de barragens, o que impede a migração reprodutiva e o fechamento de seu ciclo biológico na natureza.

Zuliani et al. (2016) estimaram alguns parâmetros de crescimento do dourado no reservatório de Manso-Cuiabá entre janeiro e dezembro de 2006. Os parâmetros são apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Estimativas dos parâmetros de crescimento para o estoque de *S. brasiliensis* no Rio Cuiabá, MT (ZULIANI et al., 2016).

Parâmetros	fêmea	macho
L_{∞} (cm)	77,9	69,0
k (ano ⁻¹)	0,17	0,21

Zuliani et al. (2016) estimaram a relação entre peso e comprimento do dourado através da equação:

$$P(L) = 17,4 \times 10^{-6} L^{3,05}, \quad (2.2)$$

sendo $P(L)$ o peso em kg e L o comprimento do indivíduo em cm.

2.3 Efeitos da pesca seletiva

Sabe-se que a pesca seletiva remove os peixes maiores e mais velhos, inadvertidamente captura os peixes que são geneticamente predispostos ao crescimento rápido e maturação tardia, criando uma pressão seletiva que favorece indivíduos de crescimento lento e maturação precoce (BERKELEY et al., 2004). De acordo com a teoria evolutiva da vida, uma baixa sobrevivência de adultos favorece a seleção de indivíduos que apresentam maturação precoce e investem maior quantidade de recursos na reprodução. Por outro lado, uma redução na sobrevivência de jovens favorece a seleção de indivíduos que apresentam maturação tardia e investem mais recursos no crescimento. Portanto, espera-se que a grande exploração de adultos, por meio da pesca seletiva, leve a altas taxas de mortalidade entre os peixes maiores e mais velhos, resultando em uma pressão de exploração na população, favorável aos peixes que se tornem maduros com uma idade menor e que invistam mais em reprodução, gerando uma prole menor e com menor tamanho em relação às aquelas populações que sofrem uma maior mortalidade de jovens (GARCIA, 2006).

Segundo Agostinho et al. (2007), a degradação genética decorrente da exploração dos indivíduos maiores, tanto pelos anseios dos pescadores quanto pelas exigências legais em relação a aparelhos de pesca e tamanho mínimo, torna a exploração pesqueira um fator de risco à sustentabilidade da pesca. Garcia (2006) realizou uma pesquisa a respeito da influência da pesca seletiva sobre o comprimento médio de maturação em algumas espécies de peixes do Pantanal, MS e descobriu uma diminuição do tamanho de maturação do Curimbatá (*Prochilodus lineatus*) e do Dourado (*Salminus brasiliensis*), como consequência da pesca seletiva, exercida naturalmente pelos pescadores e amparada por legislação que determina tamanho mínimo de captura para estas e outras espécies no Pantanal.

Segundo Reid et al. (2016), uma maneira de realizar uma captura proporcional (“*balanced harvesting*”) seria distribuir a mortalidade de pesca numa maior variedade possível de tamanhos com diferentes petrechos de pesca, onde cada barco definiria um padrão de seletividade de tamanho diferente. Alguns barcos usariam a seleção passiva com as redes de emalhar, outros a seletividade em forma de cúpula. A maioria dos equipamentos móveis apresentaria uma forma de seletividade sigmóide, embora a adição de um painel de escape de peixes maiores também poderia resultar em uma forma de seletividade de cúpula. Como cada barco selecionaria um tamanho, cada barco teria uma cota de captura durante o ano.

2.4 Modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012)

Este modelo trata-se de uma adaptação do modelo Penna, em sua versão assexuada (PENNA, 1995), proposta por Santos, Martins e Pompeu (2012), com o objetivo de estudar os efeitos da pesca seletiva sobre as características de crescimento da espécie *P. corruscans*. Este modelo pode facilmente ser implementado para tratar da pesca de outras espécies de interesse.

Vários autores utilizaram o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012): Anjos (2017) estudou o comportamento do modelo para a pesca seletiva mediante mudanças de parâmetros biológicos e relativos à pesca, Gonzalez (2014) aplicou o modelo em duas importantes espécies do Pantanal, o Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e o Jaú (*Paulicea luetkeni*), com o objetivo de estudar os efeitos da pesca seletiva e reforçar a proposta de se definir limites, mínimo e máximo, de captura. Anjos (2013) avaliou o impacto das mudanças nas resoluções e leis que regulamentam a pesca na bacia do Rio Paraguai, no estado de Mato Grosso. Ribeiro (2012) estudou a dinâmica populacional do pintado para analisar os efeitos dos parâmetros: taxa de mutação para o fenótipo e esforço de pesca, isoladamente e conjuntamente. Souza, Martins e Pompeu (2012), considerando diferentes cenários de pesca, simularam a dinâmica populacional do pintado e também ressaltaram a necessidade de, além do tamanho mínimo de captura, definir um limite máximo.

Neste modelo cada indivíduo da população é representado por duas palavras computacionais de 64 bits, uma denominada "genótipo" e a outra "fenótipo". O "genótipo" é responsável pelas características de envelhecimento do indivíduo e, portanto, relacionado à idade. É assumido que cada bit no genótipo corresponde a uma idade do indivíduo em anos. Assim, se, na idade i , o i -ésimo bit do genótipo estiver setado em 1, o indivíduo sofrerá o efeito da mutação deletéria naquela e nas demais idades de sua vida. O indivíduo morrerá quando o número de mutações deletérias na idade atual for igual ao limiar T .

O comprimento de cada indivíduo em cada idade é obtido por meio da equação de Von Bertalanffy (BERTALANFFY, 1938),

$$L(j) = L_{\infty}[1 - e^{-k_i(j-j_0)}], \quad (2.3)$$

sendo $L(j)$ o comprimento do indivíduo, L_{∞} o comprimento assintótico, j_0 a idade teórica em que o comprimento é zero, j a idade atual do indivíduo e k_i a taxa de crescimento do indivíduo.

Essa taxa de crescimento é definida pelo "fenótipo" de cada indivíduo como:

$$k_i = \frac{1}{\beta} \times \frac{s}{64}, \quad (2.4)$$

sendo s a soma de bits setados em 1 no "fenótipo" e $\frac{1}{\beta}$ um parâmetro que determina o valor máximo que a taxa de crescimento k_i pode alcançar. O valor de $\frac{1}{\beta}$ é determinado por meio de ajuste, no intuito de se obter os parâmetros de crescimento o mais próximo possível dos parâmetros obtidos experimentalmente.

Segundo Santos (1978), o tamanho em que cada indivíduo começa a reproduzir não é fixo e a frequência de indivíduos maduros aumenta de acordo com o comprimento do peixe. No modelo Penna, quando o indivíduo atinge uma idade R , ele se torna maduro. Aqui, o indivíduo matura em um dado tamanho, com uma probabilidade de maturação $m_i(L)$. Essa probabilidade é dada por:

$$m_i(L) = \frac{1}{1 + e^{-\beta_m(L-L_{im})}}, \quad (2.5)$$

sendo β_m o coeficiente de inclinação da curva de maturidade e L_{im} o tamanho em que o indivíduo tem 50% de probabilidade de tornar-se maduro. O comprimento L_{im} é proporcional à taxa de crescimento k_i e ao comprimento assintótico L_∞ (HE; STEWART, 2001), ou seja,

$$L_{im} = \beta \times k_i \times L_\infty. \quad (2.6)$$

Como $\frac{1}{\beta}$ define o valor máximo que a taxa de crescimento k_i pode assumir, a equação (2.6) garante que $L_{im} \leq L_\infty$.

Quando o indivíduo se tornar maduro, ele irá gerar b filhas a cada reprodução. Neste modelo considerou-se que a fertilidade depende do peso, de acordo com a seguinte equação:

$$b(P) = 1,0 + 2,0(P - P_{mat}), \quad (2.7)$$

sendo $P_{mat} = 1,734 \times 10^{-6} L_{mat}^{3,335}$ e L_{mat} o tamanho em que o indivíduo tornou-se maduro.

Para cada filha, no momento do nascimento, são feitas cópias do genótipo e do fenótipo da mãe. No genótipo, são escolhidos M bits, nos quais é feita a seguinte alteração: se o bit da mãe for setado em 0, o bit da filha passa a ser 1, ou se o bit da mãe for setado em 1, o da filha permanecerá 1, ou seja, na melhor das hipóteses, o genótipo da filha será igual ao da mãe. Já

no fenótipo, os M bits sorteados são invertidos em relação aos bits correspondentes no fenótipo da mãe, com uma probabilidade de ocorrência de mutação de $\omega = 0,5$.

Além da morte por envelhecimento, o indivíduo poderá morrer com probabilidade $N(t)/N_{max}$ (fator de Verhulst), devido às restrições ambientais, sendo $N(t)$ o número de indivíduos em determinada etapa temporal e N_{max} , a capacidade de carga do ambiente. O indivíduo poderá morrer também devido à pesca seletiva.

A pesca seletiva é implementada da seguinte forma: cada indivíduo tem uma probabilidade γ de ser encontrado e, caso ele seja encontrado, será capturado com uma probabilidade dada por:

$$S(L) = \frac{1}{1 + e^{-\beta_s(L-LC)}}. \quad (2.8)$$

Essa curva é denominada curva de seletividade logística, sendo LC o tamanho mínimo de captura definido pela legislação local em cm e β_s , o coeficiente da curva de seletividade.

No final de cada etapa temporal, se o indivíduo não morrer, ele terá sua idade acrescida de um ano, e seu tamanho e peso serão atualizados de acordo com as equações (2.3) e (2.1), respectivamente.

2.5 Modelo bioeconômico

Modelos matemáticos que utilizam simultaneamente variáveis econômicas e biológicas são chamados de modelos bioeconômicos. As primeiras considerações sobre modelos bioeconômicos datam da década de 1950, mas somente a partir dos anos 1970 que os modelos bioeconômicos pesqueiros foram desenvolvidos como instrumentos de gestão pesqueira.

2.5.1 Modelo de Schaefer

O modelo de Schaefer é um modelo biológico de crescimento logístico. Este modelo fundamenta a teoria básica da bioeconomia pesqueira. Segundo Oliveira (2004), a contribuição de Schaefer foi acrescentar ao modelo de Verhulst a captura da pesca. O modelo de Schaefer é descrito pela seguinte equação:

$$\frac{dB}{dt} = rB \left(1 - \frac{B}{B_\infty} \right) - C. \quad (2.9)$$

sendo r a taxa de crescimento intrínseco da população, B_∞ a capacidade de carga do ambiente, B e C a biomassa e a captura, respectivamente, num dado instante t . A captura em cada instante é definida como:

$$C = qBE, \quad (2.10)$$

sendo q o coeficiente de capturabilidade e E o esforço de pesca, o qual pode ser constante ou variar no tempo. Nesta seção consideraremos E constante no tempo.

Assim, a biomassa do estoque no próximo ano será igual ao efeito líquido do peso de novos indivíduos que entraram no estoque como resultado do recrutamento e do peso dos indivíduos que saíram do estoque como resultado da mortalidade natural por velhice, doença, pesca ou predação, levando em conta o aumento de peso devido ao crescimento dos indivíduos que já estavam no estoque.

O estoque vai chegar a um equilíbrio quando o crescimento em biomassa for igual a captura, ou seja:

$$rB \left(1 - \frac{B}{B_\infty} \right) = qBE. \quad (2.11)$$

Neste caso, diremos que o estoque atingiu um rendimento ou uma produção sustentável, ou seja, pode ser mantido indefinidamente, pois a captura será sempre igual ao crescimento do estoque. Isolando a biomassa B em função do esforço E na equação 2.11 tem-se que:

$$B = B_\infty - \left(\frac{B_\infty q}{r} \right) E. \quad (2.12)$$

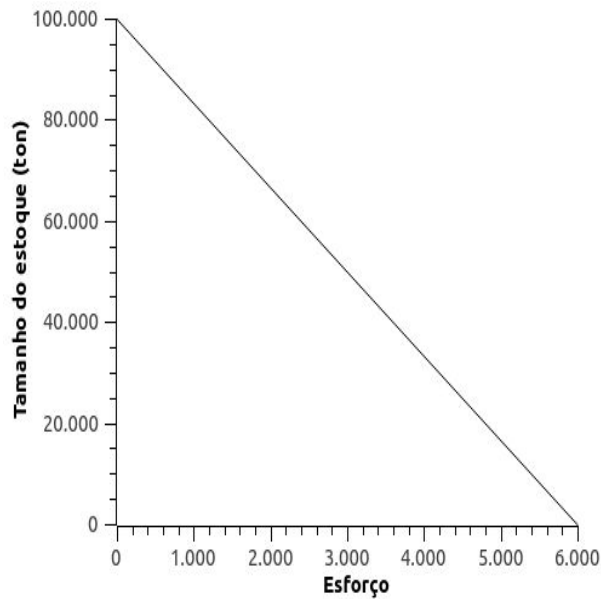
A Figura 2.3 mostra que o tamanho do estoque irá variar inversamente proporcional ao esforço de pesca para os parâmetros $q = 0,00005$, $B_\infty = 100.000$ e E variando de 0 a 6.000 dias de pesca.

Substituindo a equação 2.12 na equação da captura (2.10) tem-se a relação entre a captura e o esforço sustentável de equilíbrio, ou seja, a curva de rendimento sustentável representada pela equação:

$$C = qB_\infty E - \frac{B_\infty q^2 E^2}{r}. \quad (2.13)$$

Fazendo-se $a = qB_\infty$ e $b = \frac{B_\infty q^2}{r}$ tem-se:

Figura 2.3 – Tamanho do estoque em função do esforço de pesca (em dias) com $q = 0,00005$, $B_{\infty} = 100.000$ e E variando de 0 a 6.000 dias de pesca.



$$C = aE - bE^2. \quad (2.14)$$

Derivando a equação 2.14 em função do esforço E e igualando a zero, tem-se o valor do esforço (E_{MSY}) que vai produzir o rendimento máximo sustentável da captura ($C_{E_{MSY}}$) em toneladas. Este esforço é dado por:

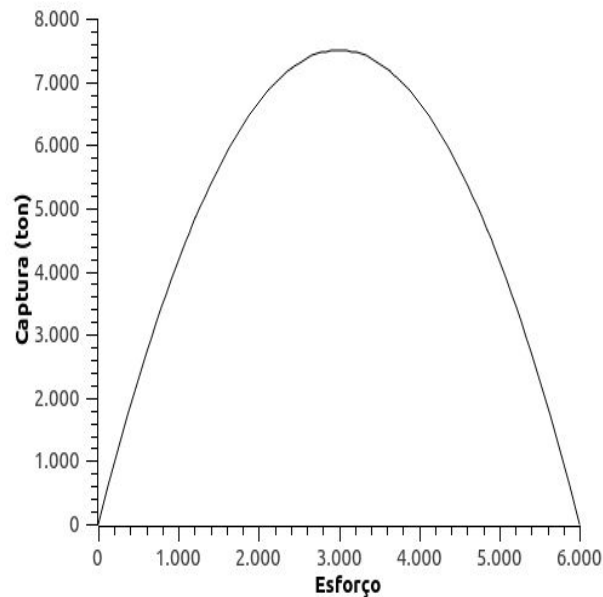
$$E_{MSY} = \frac{a}{2b} = \frac{r}{2q}. \quad (2.15)$$

Considerando-se os parâmetros usados na Figura 2.3 tem-se o gráfico da curva que mostra o rendimento que será produzido para um dado nível de esforço após o estoque entrar em equilíbrio, ver Figura 2.4. Para um esforço de $E_{MSY} = 3.000$ dias teremos um rendimento máximo na captura de 7.500 toneladas.

2.5.2 Modelo de Gordon-Schaefer

A análise biológica permite uma discussão das interações entre esforço, captura e tamanho do estoque. Mas, para entender o funcionamento de uma pescaria comercial, é necessário entender o nível de esforço efetivamente produzido em determinadas circunstâncias. A pesca comercial é uma atividade que, em sua maioria, é realizada com fins lucrativos. Ao introduzir informações sobre preços e custos, e como o nível de lucro variará com o resultado, é possível

Figura 2.4 – Curva de rendimento sustentável com $q = 0,00005$, $B_{\infty} = 100.000$ e E variando de 0 a 6.000 dias de pesca.



construir um modelo que possa ajudar a prever níveis prováveis de esforço. O modelo de Gordon (1954) introduz a análise econômica na curva de rendimento sustentável (ANDERSON; SEIJO, 2010).

Suponha que o preço do peixe (P) e o custo por unidade de esforço (C_E) sejam constantes. Usando esses parâmetros econômicos, é possível derivar versões "monetizadas" do rendimento sustentável e das curvas de crescimento. Elas podem ser usadas para mostrar como custo e receita variam com o esforço ou o tamanho do estoque, respectivamente. A receita total sustentável (TRS_E) em função do esforço pode ser representada da seguinte forma:

$$TRS_E = P \times C = P(aE - bE^2). \quad (2.16)$$

A receita total sustentável é simplesmente uma transformação linear da curva de rendimento sustentável. Ela mostra a quantidade de receita que será gerada para qualquer nível de esforço depois que o estoque se ajustou a esse esforço. A curva TSR_E tem a mesma forma que a curva de rendimento sustentável, mas enquanto o esforço ainda é medido no eixo horizontal, o eixo vertical é medido em termos de reais ($R\$$) em vez de biomassa (ANDERSON; SEIJO, 2010).

A receita líquida (NR_E) é por definição a diferença entre a receita total sustentável e o custo total, ou seja :

$$NR_E = TRS_E - TC_E, \quad (2.17)$$

sendo o custo total definido como:

$$TC_E = C_E \times E, \quad (2.18)$$

Resolvendo a primeira derivada de NR_E em relação a E , tem-se o valor do esforço que vai produzir a receita líquida máxima. Este esforço é dado por:

$$E_{MEY} = \frac{Pa - C_E}{2Pb}. \quad (2.19)$$

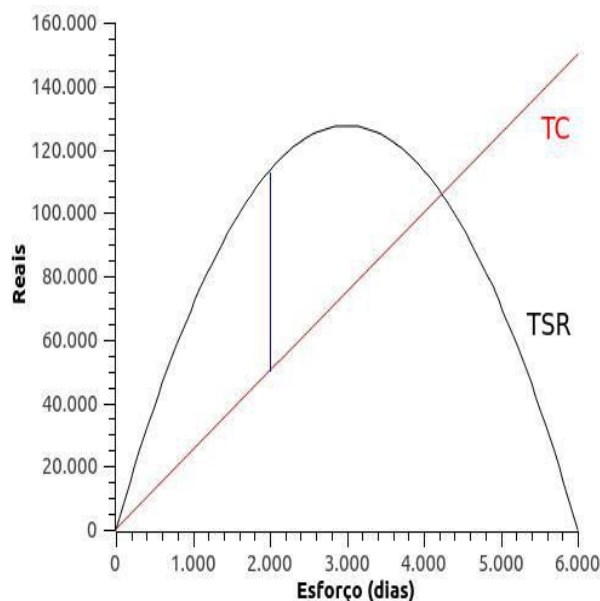
Na figura 2.5 são apresentadas a curva de rendimento sustentável (TRS_E) e a reta do custo total (TC_E), ambas em função do esforço de pesca. Observa-se que E_{MEY} corresponde ao valor do esforço em que NR_E assume o maior valor, para $NR_E > 0$.

Igualando-se as equações 2.16 e 2.18 tem-se o nível de esforço de equilíbrio bioeconômico dado por:

$$E_{BE} = \frac{Pa - C_E}{Pb}, \quad (2.20)$$

o que corresponde a uma receita líquida igual a zero.

Figura 2.5 – Curva de receita sustentável total (TRS_E) e reta de custo total (TC_E) em função do esforço de pesca (dias), sendo o preço do peixe (R\$17,00), o custo por unidade de esforço (R\$25,00), $q = 0,00005$, $B_\infty = 100.000$ e E variando de 0 a 6.000 dias de pesca.



Caso o esforço seja menor que E_{BE} as indústrias da pesca terão lucro, igual a E_{BE} nem lucro nem prejuízo, e se o esforço for maior que E_{BE} , terão prejuízo.

Suponha que o preço do peixe (P) e o custo por unidade de esforço (C_E) sejam constantes com valores de R\$ 17,00 e R\$ 25,00, respectivamente. Usando os parâmetros mencionados anteriormente para B_∞ , r e q , e utilizando as equações 2.16 e 2.18 pode-se observar, na Figura 2.5, que $E_{MEY} = 2.118$ dias, $E_{MSY} = 3.000$ dias e $E_{BE} = 4.235$ dias. Para esforços maiores que 4.235 dias, os pescadores terão prejuízo.

2.6 Testes estatísticos

Ao realizar a análise da variância (ANOVA) de um conjunto de dados é necessário atentar-se às pressuposições básicas que são exigências do modelo estatístico ou matemático, tais como: normalidade, independência e homocedasticidade. Quando as pressuposições enumeradas não são satisfeitas, a análise paramétrica via testes F, testes de comparações múltiplas de médias, testes de modelos de regressão e diferença mínima significativa (DMS) ficam prejudicadas, podendo levar as falsas conclusões (MORETTIN; BUSSAB, 2000).

2.6.1 Teste de Shapiro-Wilk

O teste de Shapiro & Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) é utilizado para avaliar se a distribuição de probabilidade da amostra pode ser aproximada pela distribuição Normal. Por isso, é conhecido como pressuposto de normalidade dos resíduos para a análise de variância. Suas hipóteses são:

H_0 : Os resíduos são provenientes de uma distribuição normal,

H_1 : Os resíduos não são provenientes de uma distribuição normal.

A estatística do teste é dada por:

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_{(i)} - \bar{x})^2}$$

em que $x_{(i)}$ são os valores da amostra ordenados e \bar{x} é a media amostral. A constante b é determinada da seguinte forma:

$$b = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n/2} a_{n-i+1} \times (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) & \text{se } n \text{ é par} \\ \sum_{i=1}^{(n+1)/2} a_{n-i+1} \times (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) & \text{se } n \text{ é ímpar} \end{cases}$$

em que a_{n-i+1} são constantes geradas por meio das médias, variâncias e covariâncias das estatísticas de ordem de uma amostra de tamanho n de uma distribuição normal e seus valores são tabelados.

Para tomada de decisão tem-se que, rejeita-se H_0 ao nível de significância α se $W_{calculado} < W_\alpha$, sendo que W_α são os valores críticos da estatística W de Shapiro-Wilk.

2.6.2 Teste de Bartlett

O teste de Bartlett (BARTLETT, 1937) é usado para verificar o pressuposto da homocedasticidade de variâncias. As hipóteses para esse teste são dadas por:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

$$H_1 : \text{pelo menos um } \sigma_i^2 \text{ é diferente, } i = 1, \dots, k.$$

A estatística do teste proposta por Bartlett é dada por:

$$B_0 = \frac{q}{c}$$

em que

$$q = (N - k) \times \ln s_p^2 - \sum_{i=1}^k [(n_i - 1) \times \ln s_i^2]$$

$$c = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left(\sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{N - k} \right)$$

$$s_p^2 = \frac{1}{N - k} \sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2 \quad \text{e} \quad s_i^2 = \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n_i - 1}$$

,

em N é o n° de observações, s_p^2 é a variância ponderada, s_i^2 é a variância amostral, k é o n° de amostras e n é o n° de repetições dos tratamentos. Sob H_0 (igualdade das variâncias) sabemos que B_0 tem distribuição assintótica qui-quadrado com $k - 1$ graus de liberdade. Rejeita-se H_0

se $B_0 > Q_{[1-\alpha; k-1]}$, no qual $Q_{[1-\alpha; k-1]}$ representa o quantil $(1 - \alpha)100\%$ da distribuição qui-quadrado com $(k-1)$ graus de liberdade.

2.6.3 Teste de Durbin-Watson

O teste de Durbin-Watson (DURBIN; WATSON, 1950) é usado para detectar a presença de autocorrelação (dependência) nos erros. As hipóteses deste teste são dadas por:

H_0 : Os erros são independentes

H_1 : Os erros são autocorrelacionados.

A estatística do teste é dada por:

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2},$$

sendo e_i o erro associado à i -ésima observação. Sabe-se que essa estatística varia entre $0 \leq DW \leq 4$. Para a tomada de decisão, ao nível de significância α comparamos a estatística DW com os valores críticos d_L e d_U da tabela de Durbin-Watson.

- Se $DW < d_L$, rejeitamos H_0 , há evidências estatísticas que os erros são positivamente correlacionados.
- Se $DW > d_U$, não rejeitamos H_0 , há evidências estatísticas de que não existe dependência residual.
- Se $d_L < DW < d_U$ o teste é inconclusivo.

2.6.4 Teste de Tukey

O teste de Tukey (TUKEY, 1949) é usado para comparar todos os possíveis pares de médias, e baseia-se na amplitude total estudentizada, denotada por $q(k, N - k)$, em que q é um valor tabelado que leva em consideração os graus de liberdade do resíduo. Esse teste calcula a diferença mínima necessária para que as médias possam ser consideradas, significativamente, diferentes. Define-se a diferença mínima significativa (DMS) como:

$$DMS = q_\alpha(k, N - k) \frac{s}{\sqrt{r}},$$

em que N é o n^o de observações, r é o n^o de repetições dos tratamentos, s é a estimativa do desvio padrão residual, α é o nível de significância e k é o n^o de tratamentos. Rejeitamos a igualdade da média de dois tratamentos se $|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > DMS$.

2.7 Séries temporais

Segundo Morettin e Toloí (2006), uma série temporal é um conjunto de observações obtidas sucessivamente no tempo. Um modelo clássico para séries temporais consiste em escrever Z_t como uma soma de três componentes:

$$Z_t = T_t + S_t + a_t, \quad (2.21)$$

sendo T_t a componente tendência, S_t a componente sazonalidade e a_t a componente aleatória ou ruído branco.

Uma das suposições mais frequentes que se faz a respeito de uma série temporal é a de que ela seja estacionária, isto é, após retirar a tendência e a sazonalidade, você tenha uma série não correlacionada depois de olhar para o ruído branco (a_t).

2.7.1 Modelo de Box e Jenkins

De acordo com Morettin e Toloí (2006), Box e Jenkins apresentaram uma metodologia bastante utilizada na análise de modelos paramétricos. Tal metodologia consiste em ajustar modelos autorregressivos integrados de médias móveis ARIMA(p,d,q) a um conjunto de dados.

Definem-se os modelos do tipo autorregressivo média móvel de ordem p e q , (ARMA(p, q)), da forma:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}, \quad (2.22)$$

sendo ϕ_1, \dots, ϕ_p os parâmetros autorregressivos do modelo, $\theta_1, \dots, \theta_q$ os parâmetros médias móveis do modelo e a_t é o ruído branco. Este modelo pode ser reescrito como

$$\phi(B)Z_t = \theta(B)a_t, \quad (2.23)$$

sendo B o operador de translação para o passado, $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ o polinômio autorregressivo e $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p$ o polinômio de médias móveis.

Na realidade, a maioria das séries é não estacionária, entretanto, após tomar a primeira ou a segunda diferença, elas se tornam estacionárias. Esse tipo de não estacionariedade é chamado de homogêneo (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Se a série é não estacionária do tipo homogêneo, o modelo utilizado é o autorregressivo integrado de médias móveis, ARIMA(p, d, q), da forma:

$$\phi(B)\Delta^d Z_t = \theta(B)a_t, \quad (2.24)$$

sendo d o número de diferenças necessárias para tornar a série estacionária, Δ o operador diferença, $\phi(B)$ e $\theta(B)$, os polinômios autorregressivo e média móvel, respectivamente.

2.8 Técnicas Bootstrap

2.8.1 Método Bootstrap

O método de *bootstrap* foi originalmente proposto por Efron (1979) e tem por base a ideia de que o pesquisador pode tratar a sua amostra como se ela fosse a população que deu origem aos dados e usar amostragem com reposição de sua amostra original para gerar pseudo-amostras e, a partir destas, estimar características de interesse baseadas em certas estatísticas (SOUZA, 2010).

A técnica consiste em se retirar uma amostra de tamanho n da população e reamostrá-la com reposição, obtendo uma nova amostra de tamanho n da amostra original. Cada uma das amostras obtidas pelas reamostragens é uma amostra *bootstrap*. Esse procedimento é executado milhares de vezes, obtendo-se, assim, as estimativas dos parâmetros que serão usadas para gerar a distribuição denominada distribuição *bootstrap* (RAMOS; FERREIRA, 2015).

2.8.2 Método Bootstrap em séries temporais

O método *bootstrap* em séries temporais requer algumas modificações, devido ao fato que as observações são correlacionadas. A aplicação imediata do método *bootstrap* conforme descrito na seção 2.8.1 para as observações de uma série temporal, não é adequada, uma vez que estas são correlacionadas entre si (LANA, 2012). Segundo Evangelista e Horizonte (2013), existem basicamente duas formas de aplicação do *bootstrap* nestes casos: o *bootstrap* de blocos móveis (KUNSCH, 1989) e o *bootstrap* nos resíduos do modelo ajustado (LIU; SINGH, 1992).

Neste trabalho será utilizada a técnica *bootstrap* nos resíduos do modelo ajustado. Para realizar essa técnica é necessário garantir a hipótese de independência dos resíduos que são usados para gerar as “pseudo-séries”. Inicialmente ajusta-se um modelo para a série em questão e calculam-se os resíduos do modelo ajustado. As reamostragens *bootstrap* são realizadas nestes resíduos do modelo ajustado.

2.8.3 Comparações múltiplas via Bootstrap

A inferência freqüentista baseia-se na suposição da existência de um modelo probabilístico a partir do qual uma amostra aleatória foi retirada. Se este modelo não for conhecido ou se o modelo não corresponder aos dados da amostra, a inferência será comprometida. Nesse caso, o *bootstrap* é muito útil, pois é uma técnica que não depende da distribuição original do parâmetro estudado.

Um problema que tem sido o foco de muitos estudos é o procedimento de comparações múltiplas para tratamentos sob não-normalidade ou com variâncias heterocedásticas em modelos probabilísticos normais ou não normais (SANTOS; FERREIRA, 2008).

Segundo Ferreira (2014), os procedimentos de comparações múltiplas no Sisvar foram desenvolvidos para comparar k médias populacionais μ_i realizando os testes de hipóteses, $H_0 : \mu_i = \mu_h, i \neq h = 1, 2, \dots, k$. Os procedimentos foram aplicados em duas situações de teste específicas:

- 1) Família de pares de comparações $m = k - 1$, como comparação de tratamento versus controle (t tratamento): $H_0 : \mu_t = \mu_h, 1 \leq h \leq k \neq t$.
- 2) A família de todas as possíveis comparações entre pares da forma: $H_0 : \mu_i = \mu_h, 1 \leq h \neq i \leq k$.

Essas abordagens envolvem a determinação de p-valores para cada uma das hipóteses (1) e (2). Foram implementadas no Sisvar comparações múltiplas seguindo as etapas originais do teste de Tukey, Student-Newman-Keuls (SNK) e Scott-Knott (SK).

CALIBRAÇÃO DO MODELO PROPOSTO POR SANTOS, MARTINS E POMPEU (2012) PARA ESTUDAR O EFEITO DA PESCA SELETIVA SOBRE O PINTADO NO ES- TADO DE MATO GROSSO BASEADO EM DADOS REAIS

3.1 Introdução

A pesca é, sem dúvida, uma atividade econômica muito importante não só no Brasil, mas no mundo. Vários estoques de pesca estão sobreexplorados e o declínio desses estoques pesqueiros é um problema global. Dentre as diferentes causas deste declínio, está a pesca seletiva e fatores ambientais, como a construção e operação das usinas hidrelétricas que prejudicam as espécies que realizam longas migrações ascendentes em direção à cabeceira dos rios para a desova e retornam para a planície de inundação, onde se alimentam e se recuperam do desgaste energético da viagem. Políticas de manejo inadequadas também vem contribuindo para este declínio (AGOSTINHO et al., 2007).

Uma das espécies que vem sofrendo com esse declínio é o Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*). Segundo Mateus e Penha (2007), o pintado é um dos principais alvos nas capturas de peixes de água doce da América do Sul. Ele e mais três espécies de grandes bagres representaram, em 2000 e 2001, 64% da captura no pantanal norte e, em 2002, 45% da captura no pantanal sul. Em 2015, a captura total em toneladas do pintado na bacia do Alto Rio Paraguai, MS, foi de 80 toneladas, somando a captura feita pelos pescadores profissionais e amadores. Houve uma aumento de 16,25% em relação ao ano de 2014 (CATELLA; CAMPOS; ALBUQUERQUE, 2016).

Godinho et al. (1997) registraram que o pintado foi responsável por 86,3% do pescado desembarcado no segundo semestre de 1986 na colônia de pesca de Pirapora/MG no médio São Francisco, já em 1999 essa quantidade declinou para 27% (GODINHO; BRITO; GODINHO, 2001).

Uma das maneiras de tentar minimizar esses dados alarmantes sobre a pesca do pintado é conhecer aspectos importantes da biologia populacional desse peixe como algumas características populacionais (tamanho da população, biomassa e biomassa desovante), fenotípicas (taxas de crescimento, comprimento e idade de maturação) e o tipo de esforço que essa espécie está sendo submetida para assim, tomar medidas adequadas para reverter essa situação.

Para estudar o efeito das mudanças nas resoluções e leis sobre as características de crescimento do pintado no estado de Mato Grosso, Anjos (2013) considerou dois valores para o

parâmetro γ (probabilidade de encontrar o indivíduo), 0,3 e 0,5, para diferentes cenários de pesca.

Neste capítulo, objetiva-se calibrar o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) através do parâmetro γ (probabilidade de encontrar o indivíduo) utilizando os valores médios anuais do número de dias de pesca nos rios do reservatório de Manso-Cuiabá, no período de 2000 a 2008, em Mato Grosso, para comparar resultados reais de captura do pintado monitorados por Okada et al. (2010) com resultados simulados pelo modelo para que o mesmo possa ser empregado para obter previsões anuais de captura a partir de estimativas do número de dias de pesca que se deseja pescar durante o ano. Após calibrado, estudar o efeito da pesca seletiva sujeito a uma curva de seletividade logística e uma janela de captura.

3.2 Metodologia

Para estudar o efeito da pesca seletiva sobre as características populacionais e fenotípicas do pintado no estado de Mato Grosso sujeito a diferentes curvas de seletividade, e obter previsões anuais de captura, foi utilizado o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), o qual foi calibrado com os valores médios anuais do número de dias de pesca através de uma adaptação no parâmetro γ .

Considerou-se, neste trabalho, que a dependência linear entre fertilidade e peso foi dada pela equação:

$$b(P) = 2,0 \times P, \quad (3.1)$$

sendo P o peso do indivíduo em kg.

Como o estudo é baseado em dados reais de captura e de esforço de pesca monitorados em Mato Grosso, utilizaram-se resoluções e leis que regulamentam a pesca do pintado neste estado:

- A resolução nº 009/1996 de 14/05/96 - CONSEMA define que o tamanho mínimo de captura é de 80 cm. Ela vigorou até o dia 16/03/00.
- A resolução nº 001/2000 de 16/03/00 - CONSEMA e a lei nº 9096/2009 definiram que o tamanho mínimo de captura é de 85 cm. Ela vigorou até o dia 30/07/12.

- A lei nº 9794/2012 de 30/07/2012 definiu além do tamanho mínimo de captura de 90 cm, um tamanho máximo de 102 cm a partir do qual os peixes não são mais capturados. Essa lei vigorou até o dia 01/03/2013.
- A lei nº 9893/2013 de 01/03/2013 definiu além do tamanho mínimo de captura de 90 cm, um tamanho máximo de 115 cm a partir do qual os peixes não são mais capturados. Essa lei vigorou até o dia 07/03/2013.
- A lei nº 9895/2013 de 07/03/13 define que o tamanho mínimo de captura é de 85 cm. Ela vigora até os dias atuais.

Com base nas resoluções e leis de pesca citadas acima, foram consideradas as seguintes estratégias de pesca:

- Curva de seletividade logística $S_1(L)$, (Figura 3.1 a). Tamanho mínimo de captura de 80 cm (Resolução 009/1996).
- Curva de seletividade logística $S_2(L)$, (Figura 3.1 b). Tamanho mínimo de captura de 85 cm (Resolução 001/2000, leis 9096/2009 e 9895/2013).
- Curva de seletividade $S_3(L)$, (Figura 3.1 c), denominada janela de captura. Tamanho mínimo e máximo de captura, de 90 cm e 102 cm, respectivamente (Lei 9794/2012).
- Curva de seletividade $S_4(L)$, (Figura 3.1 d), denominada janela de captura. Tamanho mínimo e máximo de captura, de 90 cm e 115 cm, respectivamente (Lei 9893/2013).

As equações que definem as curvas de seletividade S_1 , S_2 , S_3 e S_4 são as seguintes:

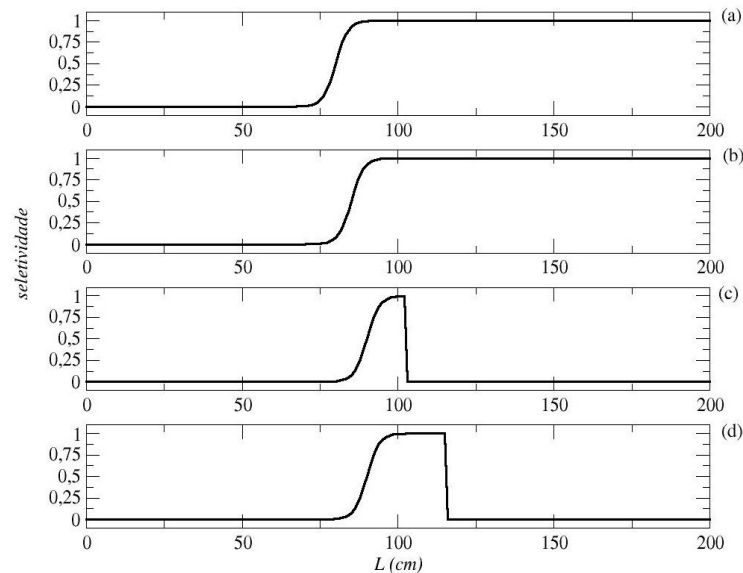
$$S_1(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.5(L-80)}} \quad (3.2)$$

$$S_2(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.5(L-85)}} \quad (3.3)$$

$$S_3(L) = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-0.5(L-90)}}, & \text{se } 0 < L \leq 102 \\ 0, & \text{se } L > 102. \end{cases} \quad (3.4)$$

$$S_4(L) = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-0.5(L-90)}}, & \text{se } 0 < L \leq 115 \\ 0, & \text{se } L > 115. \end{cases} \quad (3.5)$$

Figura 3.1 – Curvas de seletividade: (a) $S_1(L)$ baseada na Resolução n° 009/96-CONSEMA. (b) $S_2(L)$ baseada na Resolução n° 001/2000-CONSEMA e Leis números 9096/2009 e 9895/2013. (c) $S_3(L)$ baseada na Lei n° 9794/12. (d) $S_4(L)$ baseada na Lei n° 9893/2013.



O primeiro passo foi a calibração do modelo com base em dados de captura, n° de dias de pesca, e nas resoluções e leis apresentadas anteriormente (Figura 3.2). Para isto foi considerado um *cenário de calibração de parâmetros* constituído das seguintes etapas:

- De $t = 1$ a $t = 50.000$ - dinâmica sem pesca.
- De $t = 50.001$ a $t = 100.054$ - dinâmica com pesca: Seletividade 1 e γ constante.
- De $t = 100.055(2000)$ a $t = 100.063(2008)$ - dinâmica com pesca: Seletividade 2 e γ variando em cada ano.

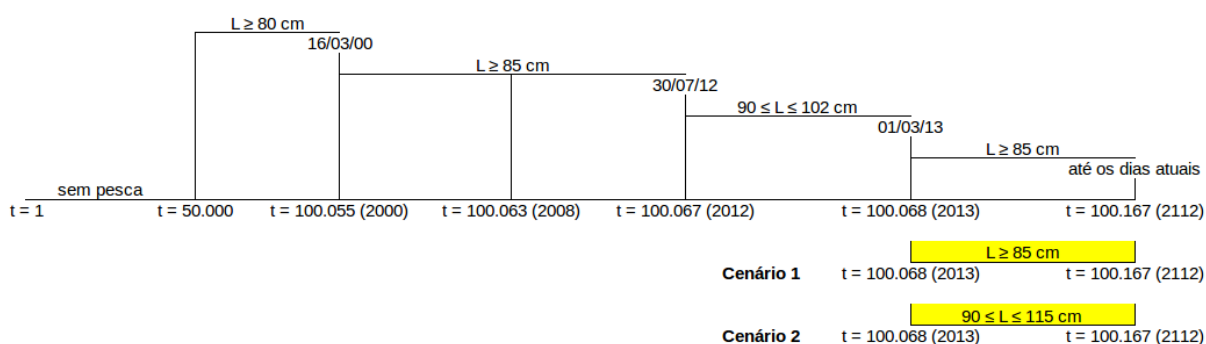
Após a calibração, foram considerados dois *cenários de previsão a longo prazo* nos quais cada simulação foi composta de 100.167 etapas temporais (Figura 3.2). Em ambos cenários, o período anterior ao ano de 2009, ou seja, de $t = 1$ a $t = 100.063$, coincide com o *cenário de calibração dos parâmetros*. Os cenários diferem a partir da etapa temporal $t = 100.068$, o qual corresponde ao ano de 2013.

- Cenário 1: De $t = 100.064$ (2009) até $t = 100.066$ (2011), a pesca foi inserida por meio da estratégia $S_2(L)$; em $t = 100.067$ (2012), a pesca foi inserida por meio da estratégia $S_3(L)$ e por fim, a partir de $t = 100.068$ (2013) a pesca foi inserida por meio da estratégia $S_2(L)$.

- Cenário 2: De $t = 100.064$ (2009) até $t = 100.066$ (2011), a pesca foi inserida por meio da estratégia $S_2(L)$; em $t = 100.067$ (2012), a pesca foi inserida por meio da estratégia $S_3(L)$ e por fim, a partir de $t = 100.068$ (2013) a pesca foi inserida por meio da estratégia $S_4(L)$.

A diferença entre os cenários 1 e 2 ocorre a partir do ano de 2013, pois o cenário 1 representa a legislação atual de pesca no estado de Mato Grosso (tamanho mínimo de captura de 85 cm) e no cenário 2, estuda-se a possibilidade de se trabalhar com a janela de captura (Lei nº 9893/2013 de 01/03/2013 que define além do tamanho mínimo de captura de 90 cm, um tamanho máximo de 115 cm) num período de tempo maior. Assim, a relevância para os cenários 1 e 2 será a partir do ano de 2013, sendo os cenários 1 e 2 representados por: " $L \geq 85$ " e " $90 \leq L \leq 115$ ", respectivamente.

Figura 3.2 – Cenário de calibração de parâmetros: de $t = 1$ a $t = 100.063$ (2008). Antes de 2000, $\gamma = 0,55$. Cenários de previsão a longo prazo: de $t = 1$ a $t = 100.167$ (2112). Depois de 2008, $\bar{\gamma} = 0,69$. Valores médios foram calculados nas últimas 100 etapas temporais (amarelo).



Segundo Okada et al. (2010), foram realizados monitoramentos de pesca no período de 2000 a 2008 nos rios formadores do reservatório de Manso-Cuiabá, em Mato Grosso, com a intenção de criar um relatório de pesca. Neste período foram calculados os valores médios anuais do número de dias de pesca e da captura para a espécie pintado. O número de dias de pesca foi normalizado e considerado como parâmetro γ (probabilidade de encontrar o indivíduo em cada respectivo ano) do modelo, representado pela razão do nº de dias de pesca em cada ano por 110 dias (Tabela 3.1).

Fora do período citado acima, não se tem informações sobre o parâmetro γ , assim, para os anos anteriores a 2000 (etapas temporais: de $t = 50.000$ a $t = 100.054$ (1999)), foi utilizado o valor do ano de 2000 ($\gamma = 0,55$). Já para os anos posteriores a 2008 (de $t = 100.064$ (2009)

Tabela 3.1 – Valores anuais médios do número de dias de pesca e da captura, monitorados por Okada et al. (2010) para o pintado, no período de 2000 a 2008, no reservatório de Manso-Cuiabá, MT. O parâmetro γ é a razão do nº de dias de pesca em cada ano por 110 dias.

Anos	Nº de dias de pesca	Captura (ton)	γ (nº de dias de pesca normalizado)
2000	60,5	40,0	0,55
2001	63,8	75,8	0,58
2002	110,0	120,0	1,00
2003	92,4	82,1	0,84
2004	78,1	70,5	0,71
2005	63,8	37,9	0,58
2006	81,4	88,4	0,74
2007	74,8	80,0	0,68
2008	60,5	71,6	0,55

a $t = 100.167$ (2112)), utilizou-se o valor médio ($\gamma = 0,69$) calculado com base no nº de dias de pesca da Tabela 3.1. Os demais parâmetros utilizados no modelo são apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Parâmetros utilizados no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012): T (limite de mutações deletérias), ω (probabilidade de mutação no fenótipo), N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações para o genótipo), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_s (coeficiente de inclinação da curva de seletividade), L_∞ (comprimento assintótico em cm) e β (constante de proporcionalidade).

Parâmetros	Valores
T	1
ω	0,5
N_{max}	2.850.000
M	1
β_m	0,5
β_s	0,5
L_∞	149,7
β	4,0

Os valores médios da captura, do comprimento dos indivíduos capturados, das características populacionais e fenotípicas foram calculados considerando-se as últimas 100 etapas temporais (de $t = 100.068$ (2013) a $t = 100.167$ (2112)).

3.2.1 Análise das séries temporais

Foram analisadas as séries temporais da biomassa, biomassa desovante, captura, idade de maturação, comprimento de maturação, comprimento dos indivíduos capturados e taxa de crescimento para os cenários 1 e 2 no período de $t = 100.068$ (2013) a $t = 100.167$ (2112) com o objetivo de ajustar um modelo baseado na metodologia de Box e Jenkins (MORETTIN;

TOLOI, 2006). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software estatístico Gretl (BAIOCCHI; DISTASO, 2003).

Após o ajuste do modelo para cada variável citada, os resíduos ou ruído branco (a_t) foram salvos. Utilizando-se a técnica de *bootstrap* para séries temporais nos resíduos, foram realizadas 2.000 reamostragens no software Sisvar (FERREIRA, 2014) para gerar as pseudo-séries de cada variável com o intuito de realizar os testes de hipóteses e aplicar o teste de Tukey.

3.3 Resultados e discussões

3.3.1 Cenário de calibração

Na Figura 3.3 observam-se poucas variações relevantes da captura durante o período, exceto no ano de 2002. Segundo Okada et al. (2010), em 2002 o rendimento foi mais elevado, provavelmente porque houve o reestabelecimento das cheias. Já os anos de 2000 e 2005, foram aqueles com menores rendimentos devido à escassez de peixes, período em que o nível do rio ficou mais baixo, afetando assim o recrutamento dos peixes, principalmente para as espécies migradoras. Além disto, nestes anos o monitoramento foi conduzido por apenas sete meses.

A correlação entre captura real e simulada para o pintado no período de 2000 a 2008 utilizando o parâmetro γ (probabilidade de encontrar o indivíduo em cada respectivo ano) da Tabela 3.1 foi de 92,21%. Observa-se na Tabela 3.3 que a correlação entre o nº de dias de pesca e a captura real foi menor que a correlação entre o nº de dias de pesca e a captura simulada, pois esta depende somente do nº de dias de pesca, diferente da experimental que depende de outros fatores.

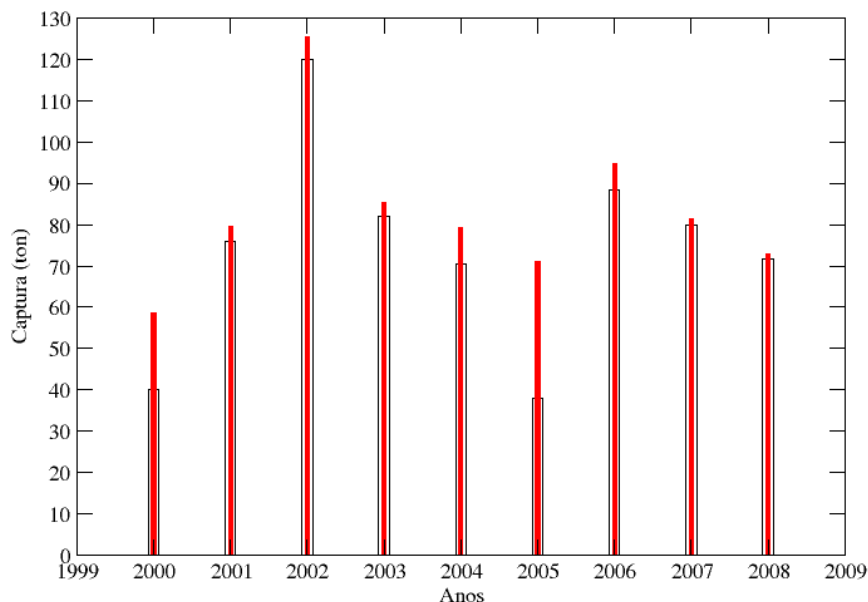
Tabela 3.3 – Correlações entre as variáveis nº de dias de pesca, captura real e simulada (Tabela 3.1).

Variáveis	Correlação
Nº de dias de pesca × Captura real	82,78%
Nº de dias de pesca × Captura simulada	89,97%
Captura real × Captura simulada	92,21%

3.3.2 Cenários de previsão a longo prazo

Na Tabela 3.4 são apresentados os valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) simulados para um estoque

Figura 3.3 – Gráfico de barras para a captura do pintado: valores reais (preto) e simulados (vermelho, cenário 1 ($L \geq 85$)).



de pintado sujeito à pesca seletiva nos cenários: 1 ($L \geq 85$) e 2 ($90 \leq L \leq 115$). Observa-se que os cenários 1 e 2 apresentaram diferenças, principalmente nas características populacionais \bar{B} e \bar{B}_d , e na \bar{C} . Observa-se também que os valores médios do cenário 1 são menores que o cenário 2, exceto para a captura.

Tabela 3.4 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) simulados para um estoque de pintado sujeito à pesca seletiva nos cenários 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).

Valores médios	Cenário 1 ($L \geq 85$)	Cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$)
\bar{C} (ton)	87,99	77,97
\bar{B} (ton)	660,06	730,73
\bar{B}_d (ton)	177,80	199,02
\bar{I}_m (anos)	4,85	4,93
\bar{k} (ano^{-1})	0,1185	0,1227
\bar{L}_m (cm)	72,55	75,24
\bar{L}_{cap} (cm)	88,07	92,64

Para confecção das Figuras 3.4 a 3.10 foram utilizadas 200 observações para cada característica populacional (B e B_d), fenotípica (I_m , K e L_m), captura (C) e comprimento dos indivíduos capturados (L_{cap}), sendo 100 para cada cenário.

A Tabela 3.5 apresenta os resultados dos testes estatísticos, Shapiro-Wilk (normalidade), Bartlett (homocedasticidade de variâncias) e Durbin-Watson (independência), realizados no software estatístico R (R-PROJECT, 2017), para verificar as pressuposições básicas para se realizar a análise de variância. A partir dos resultados observa-se que a única variável que satisfaz estas condições é L_{cap} (comprimento dos indivíduos capturados). Já para as variáveis C (captura), B (biomassa), Bd (biomassa desovante), I_m (comprimento de maturação), k (taxa de crescimento) e L_m (comprimento de maturação) foi utilizada a técnica de bootstrap nos resíduos, o qual por meio de reamostragem obteve 2.000 amostras, gerando assim, a distribuição bootstrap. Em seguida foi utilizado o teste de Tukey. Os cálculos foram realizados pelo software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014), à nível de 5% de significância.

Por meio da análise de variância, realizada no software estatístico R (R-PROJECT, 2017), à nível de 5% de significância, verificou-se que há diferença significativa para a variável L_{cap} em relação aos cenários 1 e 2, e que o p-valor na análise de variância foi menor que $2,0 \times 10^{-16}$. Como só existem dois cenários, não há necessidade de aplicar um teste de comparações múltiplas, pois basta ver qual cenário apresentou maior média e ele será considerado o melhor.

Tabela 3.5 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela 3.4.

Variáveis	Shapiro-Wilk	Durbin-Watson	Bartlett
B	0,1239 NS	$3,60 \times 10^{-15}***$	$7,45 \times 10^{-3}***$
Bd	0,090 NS	$3,73 \times 10^{-7}***$	$5,93 \times 10^{-4}***$
C	0,4205 NS	$1,77 \times 10^{-2}**$	0,386 NS
I_m	0,5393 NS	$1,20 \times 10^{-11}***$	0,712 NS
k	$4,67 \times 10^{-15}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$
L_m	$3,91 \times 10^{-2}**$	$1,68 \times 10^{-15}***$	0,9097 NS
L_{cap}	0,073 NS	0,4347 NS	0,2686 NS

NS: não significativo e significativo à 1% (***) e 5% (**).

Na Figura 3.4 observa-se que o cenário 1 ($L \geq 85$) apresentou captura maior devido ao tipo de estratégia de pesca inserida (S_2). Segundo Garcia (2006) esse tipo de seletividade impõe uma pressão de seleção mais intensa.

Nota-se na Figura 3.5 que a biomassa no cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$) foi bem maior, pois este utilizou a estratégia S_4 que deixa no estoque os indivíduos maiores da população os quais possuem aparato genético ligeiramente diferente que, de forma geral, lhes confere maior rapidez no crescimento gerando maior biomassa (AGOSTINHO et al., 2007). Geralmente não se tem

Figura 3.4 – Box-plot da captura em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).

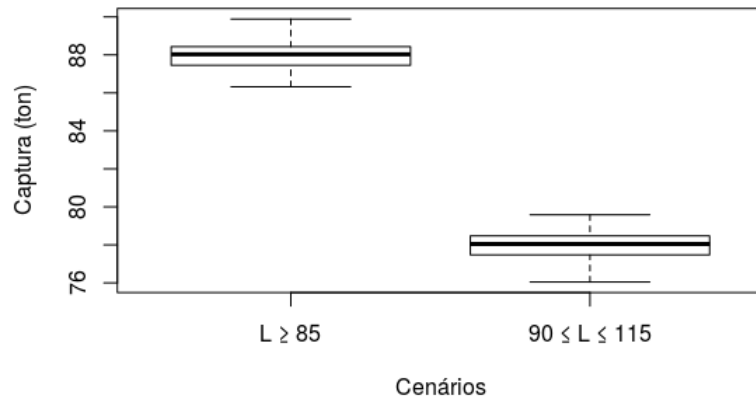
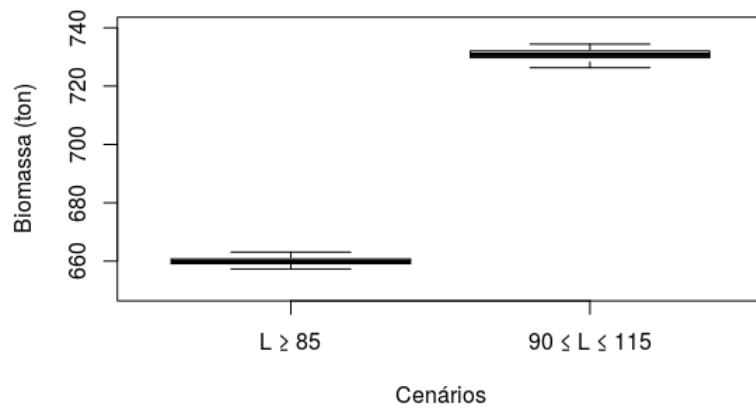


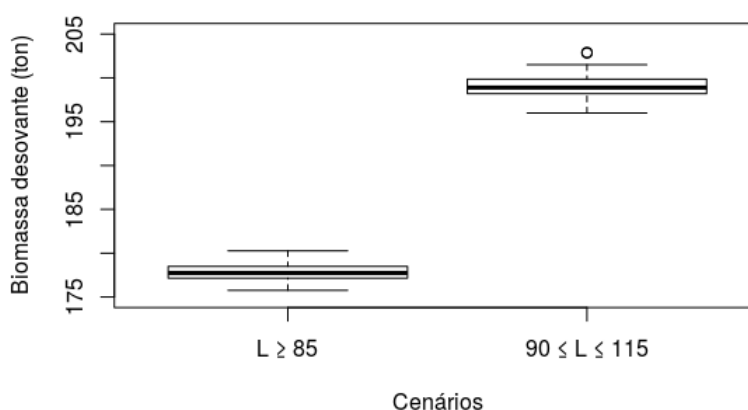
Figura 3.5 – Box-plot da biomassa em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).



estimativas da biomassa real de um determinado estoque de peixes, porém como se conseguiu uma estimativa da captura mais próxima do real com a calibração do modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), provavelmente a estimativa da biomassa local no ambiente esteja mais próxima da real também.

Observa-se na Figura 3.6 que a biomassa desovante também foi superior no cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$), pois utilizou-se a janela de captura com estratégia S_4 , a qual protege os indivíduos maiores ou mais velhos fazendo com que tenhamos desovas mais bem sucedidas, fecundidades exponencialmente maiores as quais originam larvas com maior potencial de sobrevivência do que larvas de peixes jovens (BIRKELAND; DAYTON, 2005).

Figura 3.6 – Box-plot da biomassa desovante em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).



Como todos os peixes maiores e mais velhos foram capturados no cenário 1 ($L \geq 85$), permaneceram no estoque os peixes menores, fazendo com que a idade de maturação neste cenário seja menor que no cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$) (Figura 3.7), onde este, utilizando a janela de captura aumenta a diversidade da população, isto é, alguns peixes maiores e mais velhos são liberados da pressão de pesca, fazendo com que estas características fenotípicas sejam preservadas durante os anos na população se comparado ao cenário 1. Segundo Garcia (2006), uma pequena sobrevivência de adultos favorecerá a seleção de indivíduos que apresentem maturação tardia e invistam mais recursos no crescimento.

Semelhante ao que aconteceu com a idade de maturação, acontecerá com o comprimento de maturação e a taxa de crescimento, nas Figuras 3.8 e 3.9, respectivamente, pois estas características estão relacionadas à fatores fenotípicos.

Figura 3.7 – Box-plot da idade de maturação em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).

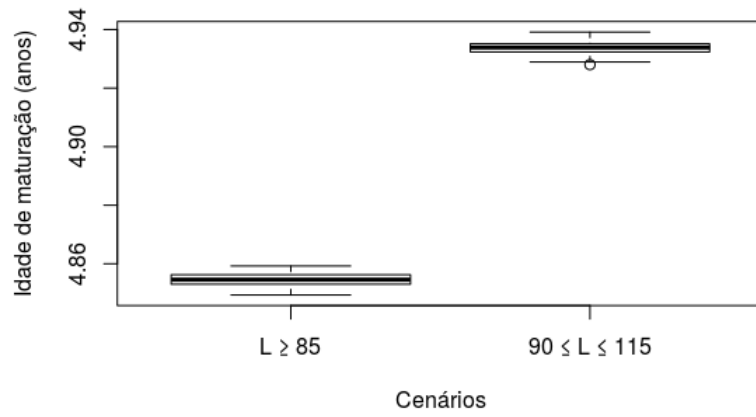
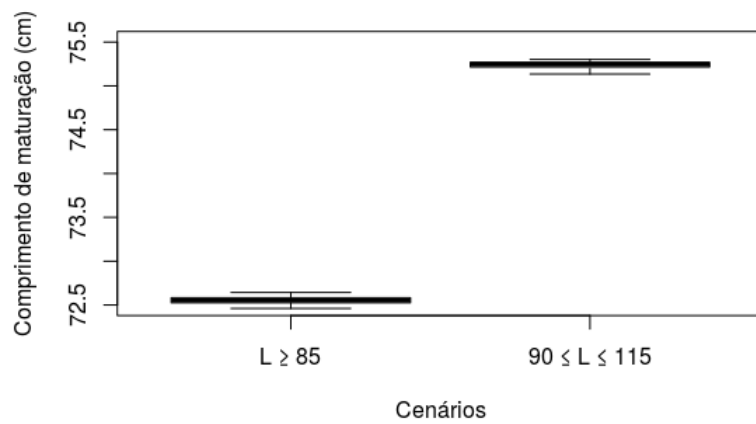


Figura 3.8 – Box-plot do comprimento de maturação em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).



A Figura 3.10 vem corroborar com o que foi dito em relação às características fenotípicas I_m , k e L_m quando se utiliza a curva de seletividade logística com estratégia S_2 ao longo do tempo, ou seja, os peixes maiores são capturados, restando no estoque os peixes menores, diferentemente da curva de seletividade com estratégia S_4 , onde se percebe que, mesmo ocorrendo a seletividade de pesca, os peixes capturados tem comprimento maior.

Figura 3.9 – Box-plot da taxa de crescimento em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).

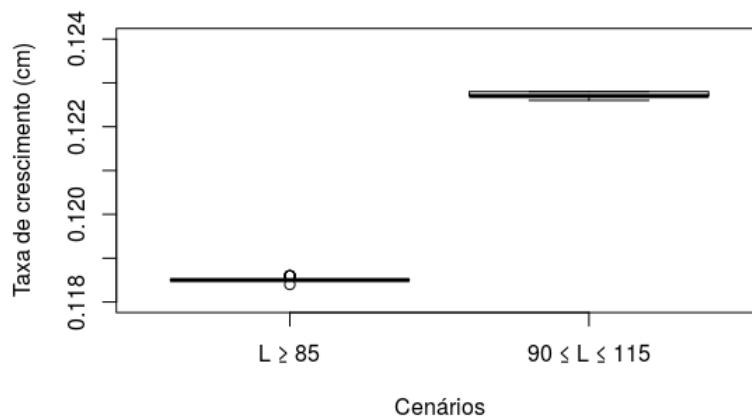
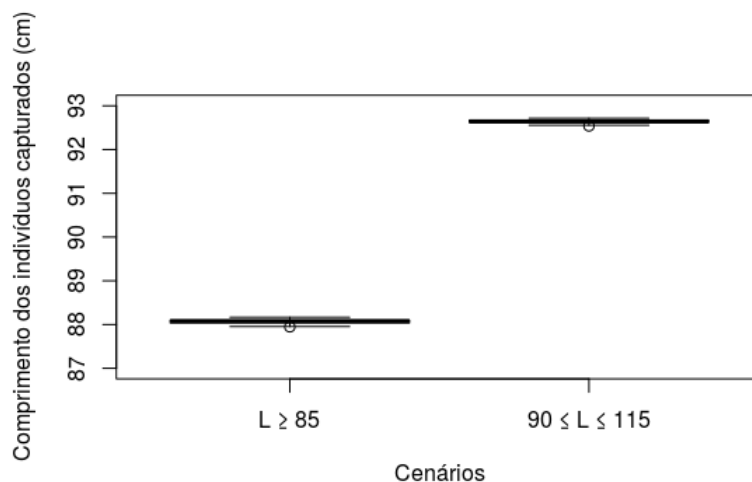


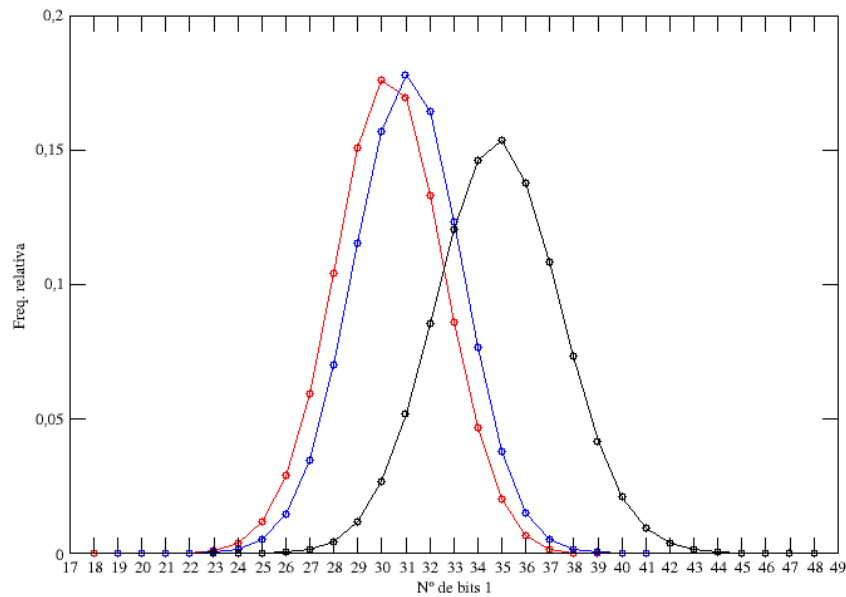
Figura 3.10 – Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados em função das estratégias de pesca: cenário 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$).



Observa-se na Figura 3.11 que a maior frequência relativa de bits "1" para a situação sem pesca é de 35, já para cenários 1 e 2, a maior frequência relativa de bits "1" é de 30 e

31 respectivamente. À medida que a pressão de pesca aumenta, nota-se um deslocamento da distribuição fenotípica para a esquerda.

Figura 3.11 – Frequência relativa do número de bits setados em "1" no fenótipo para as situações: sem pesca (preto), cenário 1 (vermelho) e cenário 2 (azul).



A Tabela 3.6 apresenta o resultado do teste de médias de Tukey após o ajuste do modelo baseado na metodologia de Box e Jenkins para cada variável (Tabela B.1), depois de aplicado o bootstrap para séries temporais nos resíduos para as características populacionais, fenotípicas, captura e comprimento dos indivíduos capturados, onde estas, seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 3.6 – Teste de Tukey para os valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) simulados para um estoque de pintado sujeito à pesca seletiva nos cenários 1 ($L \geq 85$) e cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$). A letra *a* indica valor médio superior a letra *b*.

Valores médios	Cenário 1 ($L \geq 85$)	Cenário 2 ($90 \leq L \leq 115$)
\bar{C} (ton)	<i>a</i>	<i>b</i>
\bar{B} (ton)	<i>b</i>	<i>a</i>
\bar{B}_d (ton)	<i>b</i>	<i>a</i>
\bar{I}_m (anos)	<i>b</i>	<i>a</i>
\bar{k} (ano^{-1})	<i>b</i>	<i>a</i>
\bar{L}_m (cm)	<i>b</i>	<i>a</i>
\bar{L}_{cap} (cm)	<i>b</i>	<i>a</i>

3.4 Conclusões

Com a calibração do parâmetro γ para o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), a correlação entre dados reais e simulados de captura foi de 92,21%, portanto, pode-se fazer previsões de captura com estimativas anuais do número de dias de pesca para região estudada utilizando a legislação de pesca atual do pintado.

Biologicamente, o cenário 2 (curva de seletividade utilizada foi a janela de captura com tamanhos, mínimo e máximo, de 90 e 115 cm) mostrou-se mais sustentável que o cenário 1 (curva de seletividade logística com tamanho mínimo de 85 cm) em todos os parâmetros estudados, com exceção da captura.

Este trabalho nos mostrou que pescando-se com a janela de captura por um período de tempo maior, diferente do que foi praticado nas leis nº 9794/2012 de 30/07/2012 e nº 9893/2013 de 01/03/2013 com períodos de sete meses e sete dias, respectivamente, obtém-se resultados mais relevantes para a espécie, ou seja, preserva-se a variabilidade genética dos peixes maiores.

EFEITO DE DIFERENTES PERÍODOS DE MORATÓRIA SOBRE OS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DO DOURADO

4.1 Introdução

A pesca é uma das principais atividades econômicas, sociais e ambientais realizadas no Pantanal e na bacia do Alto Rio Paraguai, nos estados do Mato Grosso (MT) e do Mato Grosso do Sul (MS). Ela é exercida por pescadores profissionais e amadores ou esportistas. A maioria das pescarias está sob o efeito da sobrepesca e dentre elas está a pesca do Dourado (*Salminus brasiliensis*). A captura total do dourado na bacia do Alto Rio Paraguai, MS, no ano de 2015 foi de 9 toneladas, o que corresponde a um aumento de 28,57% em relação ao ano de 2013 (CATELLA; CAMPOS; ALBUQUERQUE, 2016). Segundo Sato et al. (2003), 85% do número de indivíduos capturados nas corredeiras de Buritizeiro/MG eram peixes migradores e o dourado foi a terceira espécie com maior biomassa capturada, 9%.

O poder legislativo municipal de Corumbá, MS, elaborou um projeto de lei para submeter a pesca do dourado à moratória. Este projeto foi sancionado posteriormente pelo prefeito de Corumbá, entrando em vigor a Lei nº 2.237 de 08/12/2011 (CATELLA; CAMPOS; ALBUQUERQUE, 2016), proibindo captura, embarque, transporte, comercialização e industrialização do dourado pelos próximos 5 anos.

Recentemente, a Assembleia legislativa do estado de Mato Grosso do Sul rejeitou o projeto de lei que previa a proibição da pesca do dourado em rios de Mato Grosso do Sul por 8 anos. Em contrapartida o poder legislativo de Corumbá resolveu estender a proibição da pesca do dourado, ou seja a moratória, por mais 10 anos através da Lei nº 2.568 de 13/06/2017.

Tendo como pressuposição que o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) alcançou uma correlação alta entre captura real e simulada para a espécie pintado no capítulo anterior, resolveu-se neste capítulo, calibrar novamente o modelo através do parâmetro γ (probabilidade de encontrar o indivíduo) para avaliar o efeito de diferentes períodos de moratória, inclusive àquela sancionada pelo município de Corumbá, sobre as características populacionais e fenotípicas da espécie dourado. As informações reais sobre as atividades de pesca foram obtidas pelo Sistema de Controle da Pesca de Mato Grosso do Sul-SCPESCA/MS desenvolvido em conjunto pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, pela EMBRAPA-Pantanal e pela Polícia Militar Florestal através de boletins de pesquisa durante o período de 1995 a 2015 (CATELLA; CAMPOS; ALBUQUERQUE, 2016).

4.2 Metodologia

Para avaliar o efeito de diferentes períodos de moratória sobre as características populacionais e fenotípicas de uma população de dourado foi adotado o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012). Com base nas estimativas de L_∞ e k (Tabela 2.2) e na planilha criada por Froese e Binohlan (2000) utilizando equação de Von Bertalanffy, pode-se assim calcular os demais parâmetros biológicos (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Estimativas dos parâmetros de crescimento para o estoque de *S. brasiliensis*.

Parâmetros	Dourado
L_∞ (cm)	77,9
k (ano ⁻¹)	0,17
j_0 (ano)	-0,41
L_m (cm)	41,7
I_m (ano)	4,5

Os demais parâmetros do modelo, exceto γ , assumiram os valores apresentados na Tabela 4.3. O parâmetro γ foi definido a partir de dados reais relativos à captura do dourado, o qual será discutido mais adiante. Considerou-se também, neste capítulo, que a dependência linear entre fertilidade e peso foi dada pela equação:

$$b(P) = 2,0 \times P, \quad (4.1)$$

sendo P o peso do indivíduo em kg.

Como as informações reais sobre as atividades de pesca foram obtidas pelo SCPES-CA/MS, é relevante utilizar decretos e resoluções que regulamentam a pesca do dourado no estado do Mato Grosso do Sul, mas poderia ser de qualquer outro estado ou região, sendo necessário, apenas ter os valores anuais médios da captura e do número de pescadores. Os decretos e resoluções utilizados neste trabalho foram:

- Decreto nº 11.724 de 05/11/2004 define que o tamanho mínimo de captura é de 60 cm. Ele vigorou até o dia 08/02/06.
- Decreto nº 12.039 de 08/02/2006 define que o tamanho mínimo de captura é de 65 cm. Ele vigorou até o dia 22/03/11.
- Resolução nº 004/2011 de 22/03/2011 define que o tamanho mínimo de captura é de 65 cm. Ela vigora até os dias atuais.

Para mensurar o efeito de diferentes períodos de moratória sobre as características de crescimento do dourado com base em decretos e resoluções que regulamentam a pesca no Mato Grosso do Sul foram consideradas as seguintes estratégias de pesca:

- Curva de seletividade logística $S_1(L)$. Tamanho mínimo de captura de 60 cm (Decreto 11.724/2004).
- Curva de seletividade logística $S_2(L)$. Tamanho mínimo de captura de 65 cm (Decreto 12.039/2006 e Resolução 004/2011).

As equações que definem as curvas de seletividade S_1 e S_2 são as seguintes:

$$S_1(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.5(L-60)}} \quad (4.2)$$

$$S_2(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.5(L-65)}} \quad (4.3)$$

Na Tabela 4.2 são apresentados os valores anuais médios da captura, do número de pescadores e do número de dias de pesca obtidos no SCPESCA/MS. Neste caso, diferente do pintado, tratado no capítulo 3, temos também a informação do número de pescadores. Desta forma, o primeiro passo foi a escolha do que definiria o parâmetro γ . Para isto foi considerado um *cenário de calibração de parâmetros* constituído das seguintes etapas:

- De $t = 1$ a $t = 50.000$ - dinâmica sem pesca.
- De $t = 50.001$ a $t = 100.049$ - dinâmica com pesca: Seletividade 1 e γ constante.
- De $t = 100.050(1995)$ a $t = 100.070(2015)$ - dinâmica com pesca: Seletividade 1 ou 2, de acordo com a legislação. γ varia em cada ano (Figura 4.1).

Foram consideradas as seguintes possibilidades para γ :

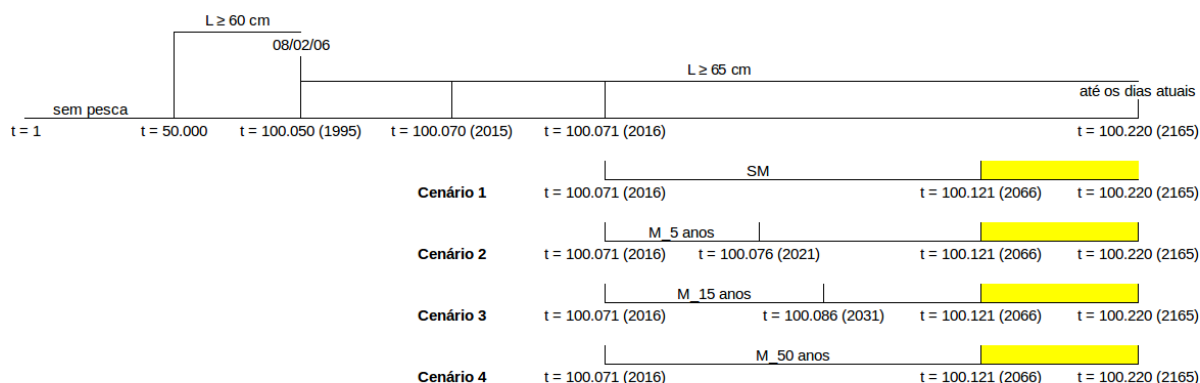
- $\gamma =$ número de dias de pesca normalizado;
- $\gamma =$ número de pescadores normalizado.

Dentre as possibilidades consideradas, optou-se por definir o parâmetro γ como o nº de pescadores normalizado, como apresentado na Tabela 4.2, por resultar em maior correlação

Tabela 4.2 – Valores anuais médios da captura, do nº de pescadores e do nº de dias de pesca obtidos pelo SCPESCA/MS, desenvolvido em conjunto pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, pela EMBRAPA-Pantanal e pela Polícia Militar Florestal através de boletins de pesquisa durante o período de 1995 a 2015 para o dourado (CATELLA; CAMPOS; ALBUQUERQUE, 2016). O parâmetro γ é a razão do nº de pescadores em cada ano por 5.783 pescadores.

Anos	Captura (ton)	Nº de pescadores	γ (nº de pescadores normalizado)	Nº dias de pesca
1995	7,507	2.874	0,49	48
1996	5,351	1.748	0,30	46
1997	8,247	1.875	0,32	64
1998	11,223	1.358	0,23	61,5
1999	6,741	1.680	0,29	7 8,5
2000	3,911	1.651	0,28	71
2001	2,381	1.633	0,28	77,5
2002	3,513	1.272	0,22	85,5
2003	15,068	5.873	1,00	56,5
2004	5,672	1.419	0,24	86
2005	5,220	1.383	0,24	78
2006	4,303	1.424	0,24	74,5
2007	1,877	1.166	0,20	81
2008	2,627	1.190	0,20	78
2009	2,428	2.064	0,35	59,5
2010	6,704	2.336	0,40	52
2011	10,687	3.140	0,53	36,5
2012	8,791	2.248	0,38	46
2013	2,431	1.816	0,31	55
2014	3,384	1.921	0,33	41
2015	3,425	3.759	0,64	38

Figura 4.1 – Cenário de calibração de parâmetros: de $t = 1$ a $t = 100.070$ (2015). Antes de 1995, $\gamma = 0,49$. Cenários comparativos de moratória para o procedimento 1: de $t = 1$ a $t = 100.220$ (2165). Depois de 2015, $\bar{\gamma} = 0,36$. Valores médios foram calculados nas últimas 100 etapas temporais (amarelo).



entre os dados de captura real e simulada. Em etapas temporais anteriores a 100.050, γ assumiu o valor correspondente ao ano de 1995.

Para estudar os efeitos da moratória foram considerados quatro cenários, cada qual consistindo de 100.220 etapas temporais (período longo o suficiente para que a população pudesse atingir a estrutura etária estável). Em todos os cenários a pesca iniciou-se na etapa temporal $t = 50.000$, sendo que, nos intervalos de $t = 50.000$ a $t = 100.060$ (2005) e de $t = 100.061$ (2006) a $t = 100.070$ (2015) a pesca foi inserida por meio das estratégias $S_1(L)$ e $S_2(L)$, respectivamente. As diferenças entre os cenários ocorre a partir da etapa temporal $t = 100.071$ (2016), da seguinte forma:

- Cenário 1 (*sem moratória*): pesca a partir de $t = 100.071$ (2016) com a estratégia $S_2(L)$.
- Cenário 2: moratória de $t = 100.071$ (2016) até $t = 100.075$ (2020), ou seja, não houve pesca durante 5 anos. A partir de $t = 100.076$ (2021) foi inserida a pesca por meio da estratégia $S_2(L)$.
- Cenário 3: moratória de $t = 100.071$ (2016) até $t = 100.085$ (2030), ou seja, não houve pesca durante 15 anos. A partir de $t = 100.086$ (2031) foi inserida a pesca por meio da estratégia $S_2(L)$.
- Cenário 4: moratória de $t = 100.071$ (2016) até $t = 100.120$ (2065), ou seja, não houve pesca durante 50 anos. A partir de $t = 100.121$ (2066) foi inserida a pesca por meio da estratégia $S_2(L)$.

Fora do período citado acima, não se tem informações sobre o valor do parâmetro γ , dessa forma, para os anos anteriores a 1995 (etapas temporais de $t = 50.000$ a $t = 100.049$ (1994)) foi utilizado o valor do ano de 1995 ($\gamma = 0,49$). Já para os anos posteriores a 2015 (de $t = 100.071$ (2016) a $t = 100.220$ (2165)) utilizou-se a média do número de pescadores normalizada (Tabela 4.2) entre 1995 e 2015 ($\gamma = 0,36$).

Os parâmetros utilizados no modelo assumiram os valores apresentados na Tabela 4.3.

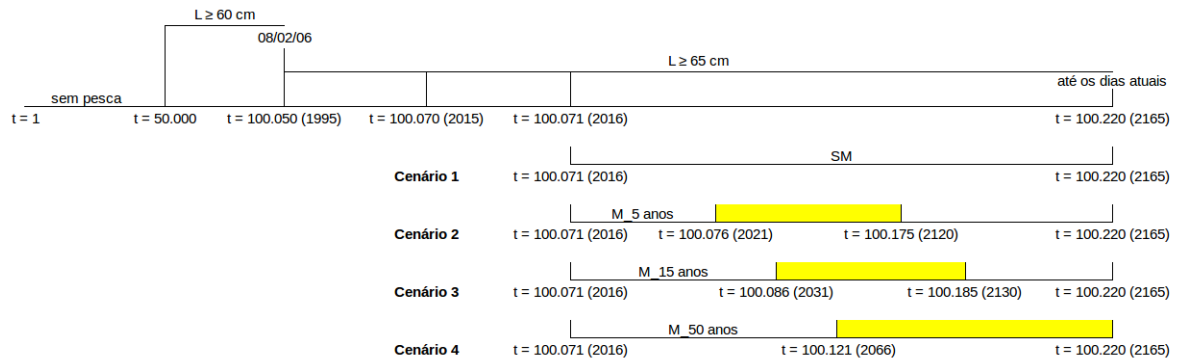
Para obtenção dos valores médios das variáveis de interesse (captura, biomassa, biomassa desovante, idade de maturação, comprimento de maturação, taxa de crescimento e comprimento dos indivíduos capturados) foram considerados os seguintes procedimentos:

- Procedimento 1 - Os valores médios foram calculados sobre as últimas 100 etapas temporais no período de $t = 100.121$ (2066) a $t = 100.220$ (2165) (Figura 4.1).
- Procedimento 2 - Os valores médios foram calculados sobre as 100 etapas temporais pós-moratória dos cenários 2, 3 e 4, tendo como intervalos temporais: de $t = 100.076$ (2021) a

Tabela 4.3 – Parâmetros utilizados no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012): T (limite de mutações deletérias), ω (probabilidade de mutação no fenótipo), N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações para o genótipo), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_s (coeficiente de inclinação da curva de seletividade), L_∞ (comprimento assintótico em cm) e β (constante de proporcionalidade).

Parâmetros	Valores
T	1
ω	0,5
N_{max}	100.000
M	1
β_m	0,5
β_s	0,5
L_∞	77,90
β	3,25

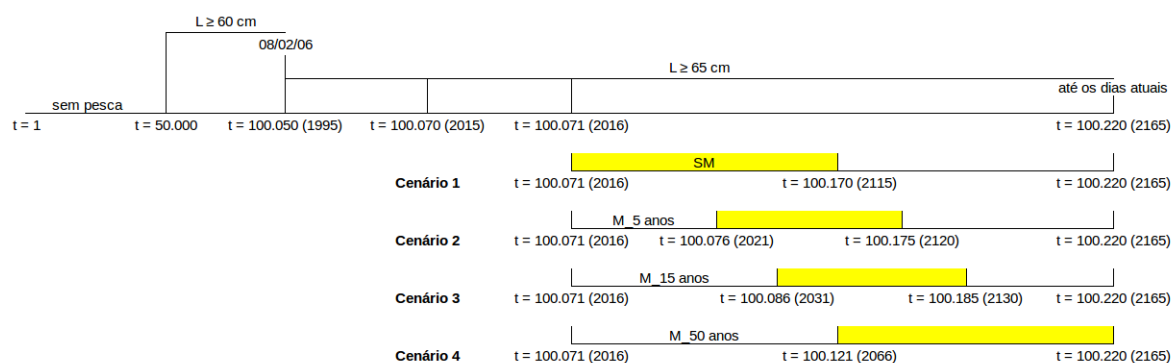
Figura 4.2 – Cenários comparativos de moratória para o procedimento 2: de $t = 1$ a $t = 100.220$ (2165). Os valores médios foram calculados sobre as 100 etapas temporais pós-moratória dos cenários 2, 3 e 4, tendo como intervalos temporais: de $t = 100.076$ (2021) a $t = 100.175$ (2120), de $t = 100.086$ (2031) a $t = 100.185$ (2130) e de $t = 100.121$ (2066) a $t = 100.220$ (2165) em amarelo, respectivamente. Para cada cenário definiu-se um cenário de pesca sem moratória considerando-se as 100 etapas temporais nos mesmos intervalos citados anteriormente



$t = 100.175$ (2120), de $t = 100.086$ (2031) a $t = 100.185$ (2130) e de $t = 100.121$ (2066) a $t = 100.220$ (2165), respectivamente. Para cada cenário definiu-se um cenário de pesca sem moratória considerando-se as 100 etapas temporais nos mesmos intervalos citados anteriormente (Figura 4.2).

- Procedimento 3 - Os valores médios foram calculados sobre as 100 etapas temporais pós-moratória dos cenários 2, 3 e 4, tendo como intervalos temporais: de $t = 100.076$ (2021) a $t = 100.175$ (2120), de $t = 100.086$ (2031) a $t = 100.185$ (2130) e de $t = 100.121$ (2066) a $t = 100.220$ (2165), respectivamente. Para o cenário sem moratória considerou-se as 100 etapas temporais no intervalo de $t = 100.071$ (2016) a $t = 100.170$ (2115) (Figura 4.3).

Figura 4.3 – Cenários comparativos de moratória para o procedimento 3: de $t = 1$ a $t = 100.220$ (2165). Os valores médios foram calculados sobre as 100 etapas temporais pós-moratória dos cenários 2, 3 e 4, tendo como intervalos temporais: de $t = 100.076$ (2021) a $t = 100.175$ (2120), de $t = 100.086$ (2031) a $t = 100.185$ (2130) e de $t = 100.121$ (2066) a $t = 100.220$ (2165), respectivamente. Para o cenário sem moratória considerou-se as 100 etapas temporais no intervalo de $t = 100.071$ (2016) a $t = 100.170$ (2115) em amarelo.



4.2.1 Análise das séries temporais

Foram analisadas as séries temporais da biomassa, biomassa desovante, captura, idade de maturação, comprimento de maturação, comprimento dos indivíduos capturados e taxa de crescimento para os cenários 1, 2, 3 e 4 no período de $t = 100.071$ (2016) a $t = 100.220$ (2165), procedimento 1, com o objetivo de ajustar um modelo baseado na metodologia de Box e Jenkins (MORETTIN; TOLOI, 2006). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software estatístico Gretl (BAIOCCHI; DISTASO, 2003).

Após o ajuste do modelo para cada variável citada, os resíduos ou ruído branco (a_t) foram salvos. Utilizando-se a técnica de *bootstrap* para séries temporais nos resíduos, foram realizadas 2.000 reamostragens no software Sisvar (FERREIRA, 2014) para gerar as pseudo-séries de cada variável com o intuito de realizar os testes de hipóteses e aplicar o teste de Tukey.

4.3 Resultados e discussões

4.3.1 Cenário de calibração de parâmetros

Na Tabela 4.4 observa-se que a correlação entre captura real e n^o de pescadores é maior do que a correlação entre a captura real e o n^o de dias de pesca. Observa-se também que a correlação entre captura simulada e o n^o de pescadores é maior que a correlação entre captura real e n^o de pescadores, pois esta sofre mais variações na natureza porque existem outras variáveis influenciando o ambiente, em contrapartida, a simulada depende apenas do n^o de pescadores.

Nas tentativas de calibração do modelo, quando considerado γ como o nº de dias de pesca, a correlação entre captura real e simulada foi 17,17%. Assim, optou-se pela calibração do modelo com o parâmetro γ definido como o nº de pescadores, o qual apresentou correlação entre captura real e simulada de 67,02%.

Tabela 4.4 – Correlações entre as variáveis nº de dias de pesca, nº de pescadores, captura real e simulada (Tabela 4.2).

Variáveis	Correlação
Captura real \times N ^o de dias de pesca	32,81%
Captura real \times N ^o de pescadores	61,96%
Captura simulada \times N ^o de dias de pesca	59,14%
Captura simulada \times N ^o de pescadores	71,60%
Captura real \times Captura simulada	67,02%

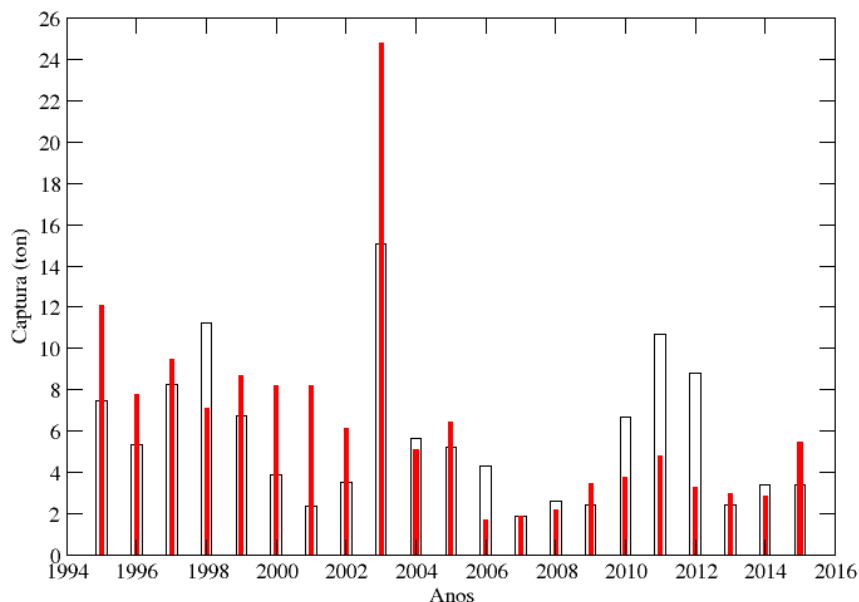
Na Figura 4.4 podemos comparar os dados reais de captura com os obtidos por meio da simulação no período de 1995 a 2015, definindo γ como o número de pescadores normalizado. Observa-se no ano 2003, tanto para os dados reais quanto para os simulados, o maior valor para a captura anual. De acordo com SCPESCA/MS, neste ano o rendimento na captura foi mais elevado, possivelmente por terem ocorrido cheias no ano anterior e/ou no atual. Além disto, 2001, 2007, 2008, 2009 e 2013 foram os anos com menores rendimentos devido à ausência de peixes (possivelmente foi o período em que o nível do rio ficou mais baixo).

4.3.2 Cenários comparativos para moratória

Nesta seção serão apresentados os resultados referentes ao procedimento 1. Os demais, referentes aos procedimentos 2 e 3, são apresentados no apêndice A.

Na Tabela 4.5 são apresentados os valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos). Observa-se que os cenários 1, 2, 3 e 4 apresentaram pequenas diferenças nas variáveis analisadas, e que os valores médios do cenário 4 são maiores que os dos outros cenários, exceto pela idade de maturação que é igual, e a captura que é menor.

Figura 4.4 – Gráfico de barras para a captura do dourado: valores reais (preto) e simulados (vermelho, cenário 1).



Para confecção das Figuras 4.5 a 4.11 foram utilizadas 400 observações para cada característica populacional (B e B_d), fenotípica (I_m , k e L_m), captura (C) e comprimento dos indivíduos capturados (L_{cap}), sendo 100 para cada cenário.

A Tabela 4.6 apresenta os resultados dos testes estatísticos, Shapiro-Wilk (normalidade), Bartlett (homocedasticidade de variâncias) e Durbin-Watson (independência), realizados no software estatístico R (R-PROJECT, 2017), para verificar as pressuposições básicas para se realizar a análise de variância. A partir dos resultados pode-se inferir que não é possível realizar a análise de variância e nem aplicar testes de comparações múltiplas nas variáveis C , B , B_d , I_m , k , L_m e L_{cap} , pois as pressuposições foram violadas. Assim, foi utilizada a técnica de *bootstrap* nos resíduos, o qual por meio de reamostragem obteve 2.000 amostras, gerando assim, a distribuição *bootstrap*. Em seguida foi utilizado o teste de Tukey. Os cálculos foram realizados pelo software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014), à nível de 5% de significância.

Na Figura 4.5 observa-se que a captura no cenário 1 (SM) foi praticamente a mesma que a captura no cenário 4 (M_50anos), onde estas foram maiores que as demais. Já os cenários 2 e 3 foram iguais.

Tabela 4.5 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM), 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos).

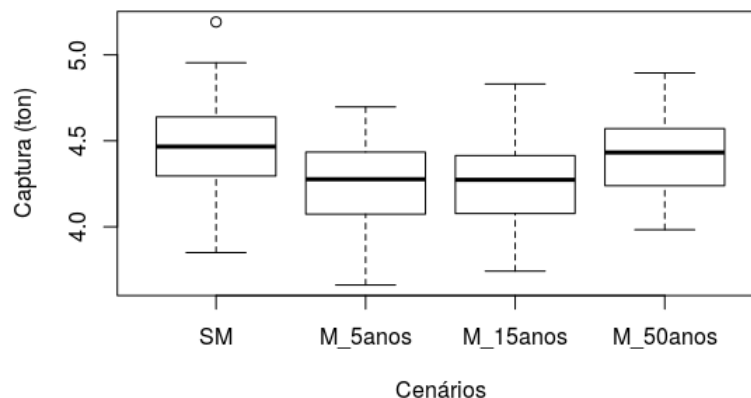
Valores médios	SM	M_5anos	M_15anos	M_50anos
\bar{C} (ton)	4,46	4,26	4,27	4,42
\bar{B} (ton)	203,62	204,61	204,76	205,90
\bar{B}_d (ton)	77,11	77,22	77,38	77,42
\bar{I}_m (anos)	4,69	4,70	4,69	4,70
\bar{k} (ano^{-1})	0,1780	0,1785	0,1784	0,1790
\bar{L}_m (cm)	45,90	46,04	46,01	46,15
\bar{L}_{cap} (cm)	62,51	62,65	62,63	62,71

Tabela 4.6 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela 4.5.

Variáveis	Shapiro-Wilk	Durbin-Watson	Bartlett
B	$2,72 \times 10^{-7}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,1623 NS
Bd	0,5972 NS	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,7468 NS
C	0,9746 NS	$2,2 \times 10^{-16}***$	$1,38 \times 10^{-3}***$
I_m	$2,75 \times 10^{-6}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$1,47 \times 10^{-2}**$
k	$1,53 \times 10^{-6}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$2,98 \times 10^{-2}**$
L_m	$8,64 \times 10^{-6}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$3,62 \times 10^{-2}**$
L_{cap}	$3,08 \times 10^{-2}**$	$2,4 \times 10^{-10}***$	0,2422 NS

NS: não significativo e significativo à 1% (***) e 5% (**).

Figura 4.5 – Box-plot da captura para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



Observa-se na Figura 4.6 que a biomassa do cenário 4 (M_50anos) superou as biomassas dos demais cenários. As biomassas dos cenários 2 (M_5anos) e 3 (M_15anos) não apresentaram muita diferença e foram maiores que a biomassa do cenário 1 (SM).

Figura 4.6 – Box-plot da biomassa para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

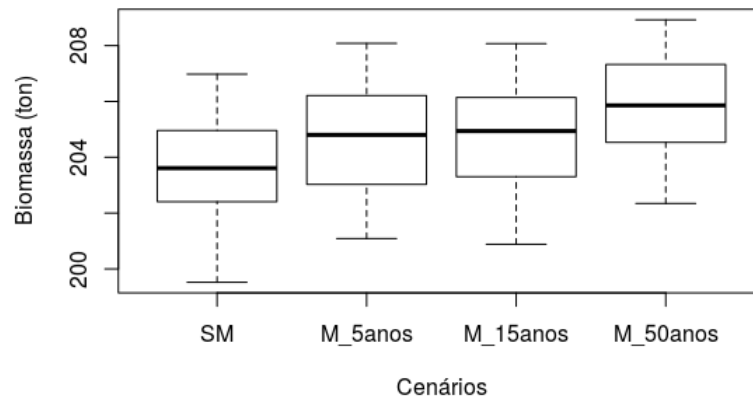


Figura 4.7 – Box-plot da biomassa desovante para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

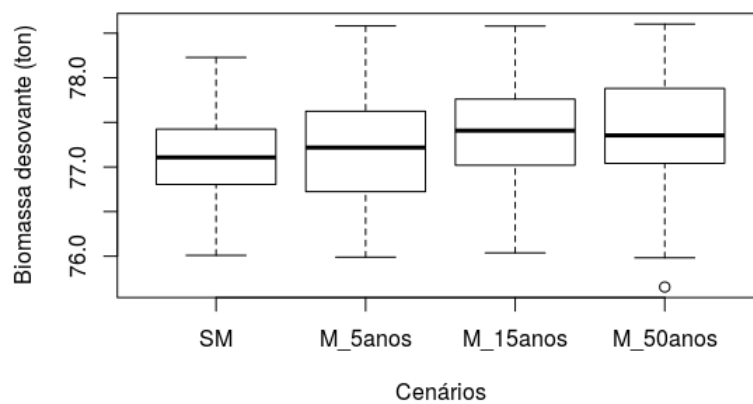
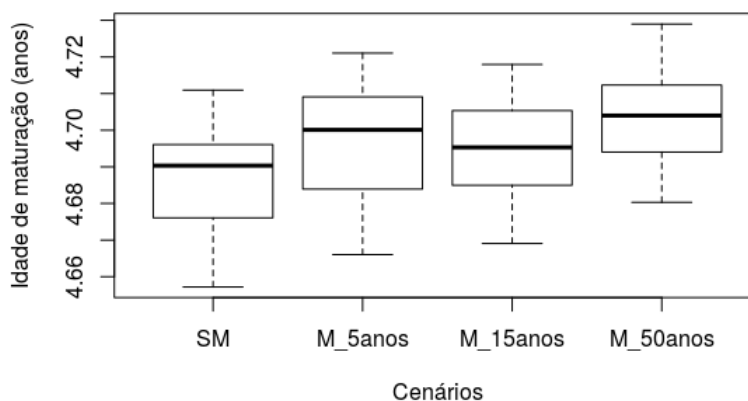


Figura 4.8 – Box-plot da idade de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



Nota-se na Figura 4.7 que as biomassas desovantes nos cenários 4 (M_50anos) e 3 (M_15anos) foram iguais e maiores que as demais. A biomassa no cenário 2 (M_5anos) foi maior que a biomassa desovante do cenário 1.

Observa-se nas Figuras 4.8 a 4.11 que, a idade de maturação, a taxa de crescimento, o comprimento de maturação e o comprimento dos indivíduos capturados no cenário 4 (M_50anos) foram maiores que nos outros cenários. A maior variabilidade nas amostras das variáveis citadas ocorreu no cenário 2 (M_5anos) para I_m , k e L_m , e igual para L_{cap} . Os cenários 2 (M_5anos) e 3 (M_15anos) não apresentaram diferenças, e superaram o cenário 1 (SM).

Nos apêndices A e B são apresentadas as tabelas, os gráficos da captura, comprimento dos indivíduos capturados, características populacionais, fenotípicas e os ajustes para os modelos de séries temporais para a espécie dourado sujeita às simulações nos procedimentos 2 e 3, citados na metodologia, variando o período de tempo em que as observações foram coletadas (Figuras A.1 a A.10, Tabelas A.1 a A.15 e Tabelas B.3 a B.7. Todos os testes utilizados neste capítulo também foram realizados para as variáveis citadas no apêndice.

Observa-se na Figura 4.12 que a maior frequência relativa de bits "1" para a situação sem pesca foi de 40, já para cenários 1, 2, 3 e 4 não houve variação na maior frequência relativa de bits "1", isto é, foi de 37. Este fato pode ser comprovado pela proximidade dos valores médios de k apresentados na Tabela 4.5.

A Tabela 4.7 apresenta o resultado do teste de médias de Tukey após o ajuste do modelo baseado na metodologia de Box e Jenkins para cada variável (Tabela B.2), depois de aplicado o

Figura 4.9 – Box-plot da taxa de crescimento para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

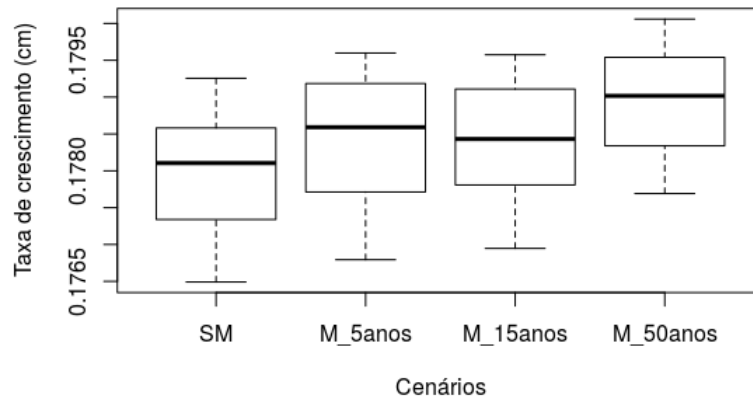


Figura 4.10 – Box-plot do comprimento de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

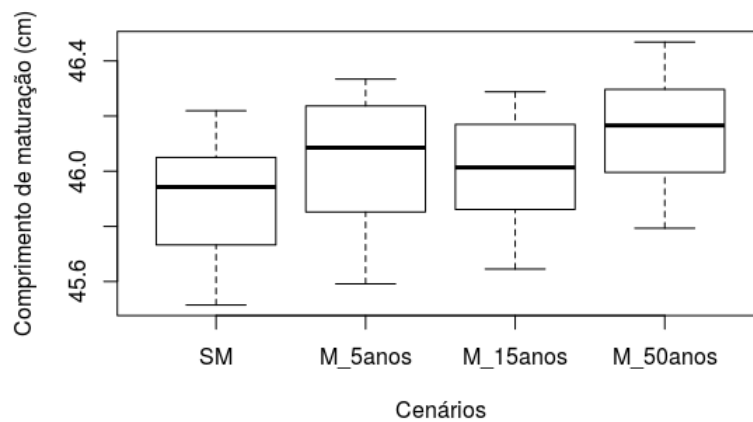


Figura 4.11 – Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados para os cenários: 1 (SM - sem moratória), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

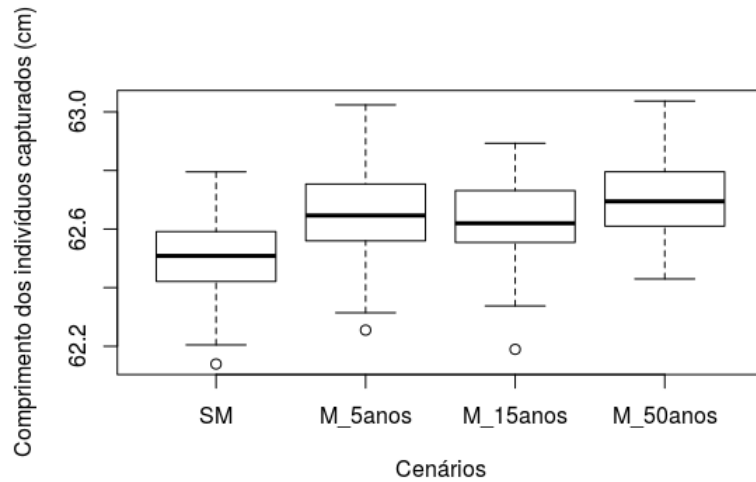
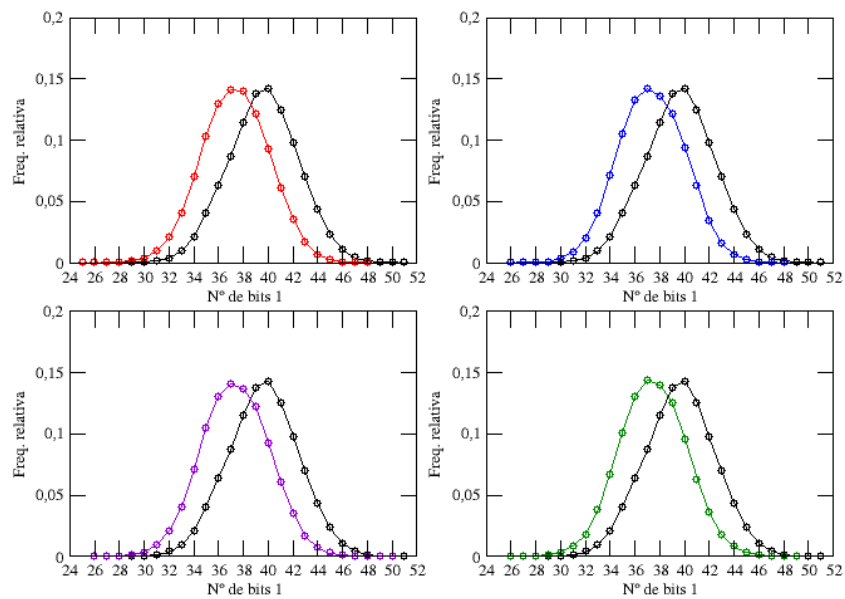


Figura 4.12 – Frequência relativa do número de bits setados em "1" no fenótipo para as situações: sem pesca (preto), cenário 1 (vermelho - SM), cenário 2 (azul - M_5anos), cenário 3 (violeta - M_15anos) e cenário 4 (verde - M_50anos).



bootstrap para séries temporais nos resíduos para as características populacionais, fenotípicas, captura e comprimento dos indivíduos capturados, onde estas, seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 4.7 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM), 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos).

Valores médios	SM	M_5anos	M_15anos	M_50anos
\bar{C} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B}_d (ton)	<i>b</i>	<i>ab</i>	<i>ab</i>	<i>a</i>
\bar{I}_m (anos)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{k} (ano^{-1})	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_m (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_{cap} (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>

4.3.3 Conclusões

A calibração do parâmetro γ com o número de pescadores para o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) foi satisfatória, pois obteve uma correlação de 67,02% entre captura real e simulada.

O teste de Tukey mostrou que os cenários sem e com moratórias de 5, 15 e 50 anos não apresentaram diferenças significativas para a preservação da espécie dourado.

Não era necessário realizar a moratória da pesca do dourado no município de Corumbá/MS através das Leis nº 2.237 de 08/12/2011 e nº 2.568 de 13/06/2017. É relevante pensar que a moratória implica em sérios problemas sociais e econômicos, dentre eles, desemprego, recolocação das pessoas no mercado de trabalho, desarticulação do setor turístico, desaquecimento da economia regional, etc.

AVALIAÇÃO DA PESCA DO PINTADO UTILIZANDO MODELO BIOECONÔMICO

5.1 Introdução

Um novo relatório da FAO (2016) aponta que a produção da pesca e aquicultura no Brasil deve crescer mais de 100% até 2025. O aumento na produção brasileira será o maior registrado na América do Sul, seguido de México (54,2%) e Argentina (53,9%) durante a próxima década. O crescimento no país se deve aos investimentos feitos no setor nos últimos anos.

Os investimentos foram feitos e as estimativas são as melhores, mas e com relação aos estoques de peixes? Será que as indústrias pesqueiras sabem quantas toneladas de peixes elas poderão pescar de um determinado estoque, de modo que, no ano seguinte tenham uma quantidade de peixes suficiente que permita a pesca nas mesmas proporções? A ideia central para a solução deste problema é a capacidade de se ter uma produção sustentável.

Uma maneira de tratar estas questões é através de modelos bioeconômicos. Recentemente, Zimmermann e Jørgensen (2015) simularam os impactos bioeconômicos sobre duas populações de bacalhau, sendo uma população sujeita aos efeitos da evolução induzida pela pesca e a outra não. Nesse trabalho os autores consideraram apenas curvas de seletividade logística para implementação da pesca.

O primeiro trabalho mais voltado à relação entre captura e esforço de pesca, questão fundamental do ponto de vista bioeconômico, que utilizou o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) foi desenvolvido por Ribeiro (2012). Nesse trabalho estudou-se a dinâmica populacional do pintado para analisar os efeitos da taxa de mutação do fenótipo e do esforço de pesca sobre parâmetros biológicos e de pesca, isoladamente e conjuntamente. Ribeiro (2012) observou que para determinados valores da taxa de mutação, a captura se estabilizava com o aumento do esforço de pesca, ao contrário do comportamento previsto pelo modelo de Schaeffer.

Neste trabalho foi realizado um estudo do efeito de diferentes curvas de seletividade (logística e janela de captura) para a pesca do pintado do ponto de vista bioeconômico, utilizando o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) e o modelo de Gordon-Schaefer (GORDON, 1954). Através do primeiro foi implementada a dinâmica populacional do pintado, considerando-se duas populações, uma sujeita aos efeitos da evolução induzida pela pesca e a outra não. Com o segundo, foram analisados os aspectos econômicos a partir dos dados de captura. Este trabalho teve como objetivos avaliar qual tipo de seletividade vai produzir a maior captura com o menor esforço de pesca, calcular os esforços de pesca que vão gerar os rendimen-

tos máximos, sustentável (E_{MSY}) e econômico (E_{MEY}), e o esforço de equilíbrio bioeconômico (E_{BE}).

5.2 Metodologia

Ao estudar o comportamento da captura do pintado para diferentes esforços de pesca, Ribeiro (2012) observou que, para as taxas de mutação $\omega = 0, 1, 0,3$ e $0,5$ houve uma estabilização na captura e não uma redução com o aumento do esforço de pesca. Como a probabilidade de encontrar o indivíduo γ é, pela própria definição, no máximo 1, a forma como a pesca foi implementada no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) não permitia maiores valores para o esforço de pesca. Assim, Anjos (2017) propôs que o esforço de pesca fosse aumentado com a introdução do número de barcos (NB), isto é, o peixe é testado para pesca NB vezes e, para cada um dos barcos, é encontrado com uma probabilidade γ , aumentando portanto, a pressão de pesca. Com esta alteração Anjos (2017) obteve o resultado esperado com a espécie Barbado (*Pinirampus pinirampu*), a redução da captura com o aumento do esforço de pesca.

Para avaliar o efeito de diferentes curvas de seletividade (logística e janela de captura) para a pesca do pintado, do ponto de vista bioeconômico, foram utilizados o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), com a adaptação proposta por Anjos (2017), e o modelo de Gordon-Schaefer (GORDON, 1954). Tratou-se da dinâmica de duas populações, uma em que a evolução induzida pela pesca é considerada, ou seja, a probabilidade de mutação do fenótipo foi $\omega = 0,5$ e a outra em que se ignora o efeito da evolução, ou seja, $\omega = 0$.

A inclusão do número de barcos proposta por Anjos (2017) embora tenha reduzido a captura do pintado com o aumento no esforço de pesca, não gerou a depreciação desejada para ajuste das curvas de captura em função do esforço. Uma maneira de contornar este problema foi adotar uma fecundidade com coeficiente angular menor, de modo que o aumento no número de indivíduos não compense a redução devido à pesca para altos valores de esforço. Assim, neste capítulo, a dependência linear entre fertilidade e peso foi dada pela equação:

$$b(P) = 0,4 \times P, \quad (5.1)$$

sendo P o peso do indivíduo em kg.

A pesca foi implementada considerando as seguintes curvas de seletividade:

- logística, com tamanhos mínimo de captura de 80 (equação 5.2) e 85 cm (eq. 5.3), referente à legislação atual e,
- janela de captura com tamanhos mínimo e máximo de 90 e 115 cm (eq. 5.4).

As equações que definem as curvas de seletividade são as seguintes:

$$S_1(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.5(L-80)}} \quad (5.2)$$

$$S_2(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.5(L-85)}} \quad (5.3)$$

$$S_3(L) = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-0.5(L-90)}}, & \text{se } 0 < L \leq 115 \\ 0, & \text{se } L > 115. \end{cases} \quad (5.4)$$

Cada simulação foi composta de 200.000 etapas temporais para que a população pudesse atingir a estrutura etária estável. A pesca iniciou-se na etapa temporal $t = 100.001$, com uma população inicial constituída de 500 indivíduos escolhidos aleatoriamente da população em $t = 100.000$. Os valores médios foram calculados considerando-se as últimas 20.000 etapas temporais variando-se os parâmetros γ e NB nos cenários com $\omega = 0,5$ e $\omega = 0$.

Os parâmetros utilizados no modelo são apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Parâmetros utilizados no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012): T (limite de mutações deletérias), ω (probabilidade de mutação no fenótipo), N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações para o genótipo), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_s (coeficiente de inclinação da curva de seletividade), L_∞ (comprimento assintótico em cm) e β (constante de proporcionalidade).

Parâmetros	Valores
T	1
ω	0 e 0,5
N_{max}	100.000
M	1
β_m	0,5
β_s	0,5
L_∞	149,7
β	4,0

Além dos parâmetros apresentados na Tabela 5.1, acrescentar γ (probabilidade do indivíduo ser encontrado): 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,07; 0,10; 0,14; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40;

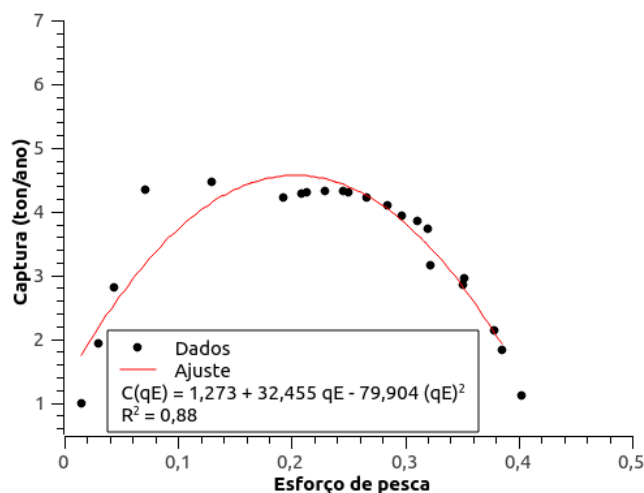
0,50; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90 e 0,99 e NB (número de barcos): 1, 2, 3, 5, 20, 40, 60, 160, 260, 360 e 460.

5.3 Resultados e discussões

Nas Figuras 5.1 a 5.6 são apresentados os valores médios de captura (\bar{C}) do pintado (curvas simuladas e ajustadas) em função do esforço de pesca (qE), para as três curvas de seletividade. O esforço de pesca foi obtido pela razão \bar{C}/\bar{B} , sendo \bar{B} o valor médio da biomassa. As três primeiras representam populações sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$) e as três últimas, populações com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$).

Anderson e Seijo (2010) relataram que o tamanho do estoque (em biomassa) é inversamente proporcional ao esforço da pesca, ou seja, com o aumento do esforço de pesca (qE), a captura tende inicialmente a crescer, passando a decrescer em seguida, após atingir um máximo de produção. Este comportamento, como já observado no modelo de Schaefer, é verificado nas Figuras 5.1 a 5.6.

Figura 5.1 – Captura em função do esforço de pesca para curva logística, $L \geq 80$ cm, com $\omega = 0$.



Para confecção das Tabelas 5.2 a 5.7 foram utilizados para preço do peixe e custo por unidade de esforço os valores hipotéticos de R\$32,00 e R\$412,80, respectivamente, no cálculo de $TRSE$ e TC_E (equações 2.16 e 2.18).

De acordo com Paez (1993), na ausência de direitos de propriedade sobre determinado estoque, o esforço de pesca em equilíbrio estável será atingido em nível E_{BE} , com receita total

Figura 5.2 – Captura em função do esforço de pesca para curva logística, $L \geq 85$ cm, com $\omega = 0$.

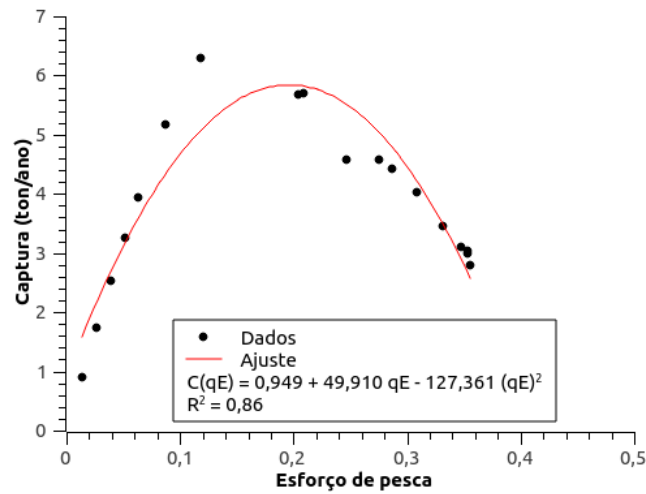


Figura 5.3 – Captura em função do esforço de pesca para curva janela de captura, $90 \leq L \leq 115$ cm, com $\omega = 0$.

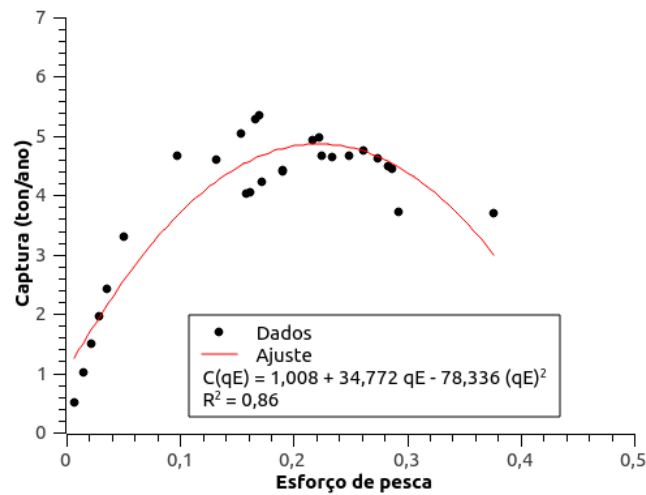


Figura 5.4 – Captura em função do esforço de pesca para curva logística, $L \geq 80$ cm, com $\omega = 0,5$.

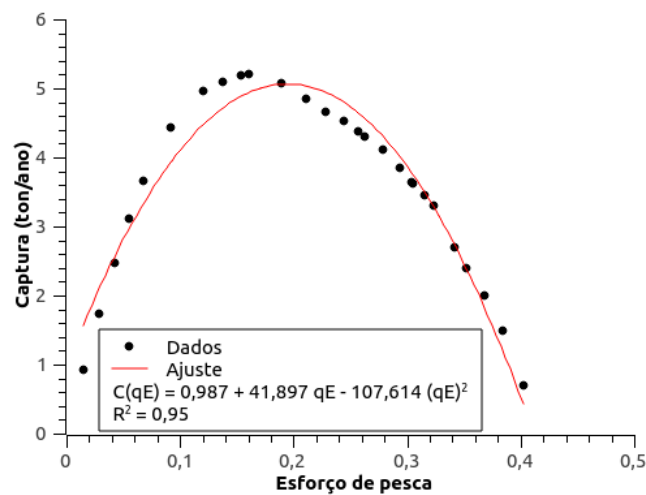


Figura 5.5 – Captura em função do esforço de pesca para curva logística, $L \geq 85$ cm, com $\omega = 0,5$.

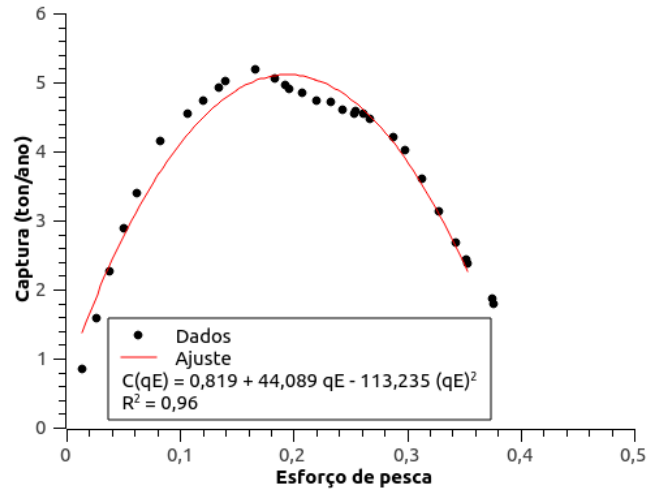
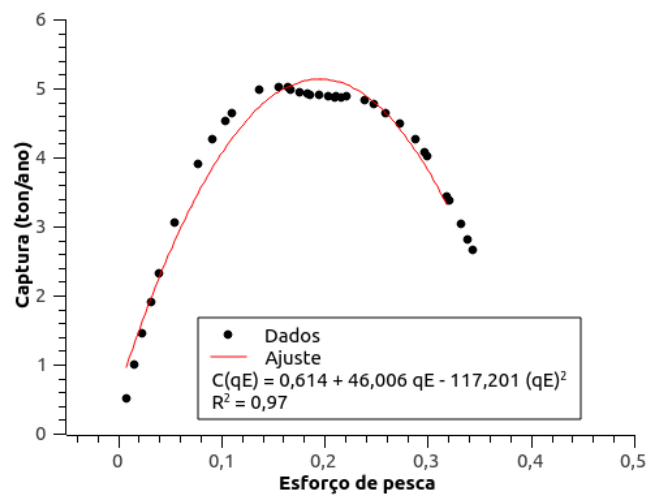


Figura 5.6 – Captura em função do esforço de pesca para curva janela de captura, $90 \leq L \leq 115$ cm, com $\omega = 0,5$.



sustentável (TRS_E) igual ao custo total (TC_E), ou seja, maior esforço de pesca e menor captura (C). Em níveis de esforço de pesca inferiores a E_{BE} , a receita total sustentável (TRS_E) excede ao custo total (TC_E), possibilitando a existência de renda econômica na atividade de pesca (Tabelas 5.2 a 5.7).

Para uma população cuja evolução induzida pela pesca é ignorada, ou seja, a probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo é $\omega = 0$, observa-se que o menor esforço de pesca ocorreu com a curva logística $L \geq 80$ cm. A maior captura e o maior lucro ocorreram na pesca com a curva logística $L \geq 85$ cm (Tabelas 5.2 a 5.4).

Tabela 5.2 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável (TRS_E), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.1 ($L \geq 80$ cm) para a pesca do pintado com uma população sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .

Esforços de pesca	C	TRS_E	TC_E	Lucro
$E_{MEY} = 0,12331$	4,08	130,54	50,90	79,64
$E_{MSY} = 0,20227$	4,59	146,84	83,50	63,34
$E_{BE} = 0,29786$	3,84	122,96	122,96	0,00

Tabela 5.3 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável (TRS_E), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.2 ($L \geq 85$ cm) para a pesca do pintado com uma população sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .

Esforços de pesca	C	TRS_E	TC_E	Lucro
$E_{MEY} = 0,14530$	5,51	176,39	59,98	116,41
$E_{MSY} = 0,19594$	5,84	186,84	80,88	105,96
$E_{BE} = 0,31430$	4,05	129,75	129,75	0,00

Tabela 5.4 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável (TRS_E), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.3 ($90 \leq L \leq 115$ cm) para a pesca do pintado com uma população sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .

Esforços de pesca	C	TRS_E	TC_E	Lucro
$E_{MEY} = 0,13960$	4,34	138,73	57,63	81,11
$E_{MSY} = 0,22194$	4,87	155,73	91,62	64,11
$E_{BE} = 0,31948$	4,12	131,88	131,88	0,00

Para uma população onde a evolução induzida pela pesca é considerada, ou seja, a probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo é $\omega = 0,5$, observa-se que o menor esforço de pesca ocorreu com a curva logística $L \geq 80$ cm. A maior captura e o maior lucro ocorreram na pesca com a janela de captura $90 \leq L \leq 115$ cm (Tabelas 5.5 a 5.7).

Comparando-se simultaneamente as duas populações ($\omega = 0$ e $\omega = 0,5$), a que produz menor esforço de pesca, maior captura e maior lucro é a população que desconsidera a evolução induzida pela pesca (Tabelas 5.2 a 5.7). Segundo Zimmermann e Jørgensen (2015), modelos que ignoram a evolução induzida pela pesca tendem a superestimar o rendimento e o lucro.

Tabela 5.5 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável ($TRSE$), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.4 ($L \geq 80$ cm) para a pesca do pintado com uma população com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .

Esforços de pesca	C	$TRSE$	TC_E	Lucro
$E_{MEY} = 0,13473$	4,68	149,71	55,62	94,09
$E_{MSY} = 0,19467$	5,07	162,08	80,36	81,72
$E_{BE} = 0,30000$	3,87	123,87	123,87	0,00

Tabela 5.6 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável ($TRSE$), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.5 ($L \geq 85$ cm) para a pesca do pintado com uma população com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .

Esforços de pesca	C	$TRSE$	TC_E	Lucro
$E_{MEY} = 0,13705$	4,70	150,30	56,57	93,73
$E_{MSY} = 0,19643$	5,08	162,55	81,09	81,46
$E_{BE} = 0,30121$	3,89	124,34	124,34	0,00

Tabela 5.7 – Resultados da captura (C), da receita total sustentável ($TRSE$), do custo total (TC_E) e do lucro baseado no ajuste de regressão da Figura 5.6 ($90 \leq L \leq 115$ cm) para a pesca do pintado com uma população com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$) para os esforços de pesca E_{MEY} , E_{MSY} e E_{BE} .

Esforços de pesca	C	$TRSE$	TC_E	Lucro
$E_{MEY} = 0,14124$	4,77	152,78	58,30	94,48
$E_{MSY} = 0,19627$	5,13	164,14	81,02	83,12
$E_{BE} = 0,29995$	3,87	123,82	123,82	0,00

A partir das Tabelas 5.2 a 5.7 é possível ver que, aumentando-se o esforço de pesca, a captura aumenta, atinge um máximo e depois começa a diminuir, mesmo sob diferentes curvas de seletividade (ANDERSON; SEIJO, 2010).

Segundo Paez (1993), a maioria dos programas de gestão de recursos pesqueiros tem sido orientada para limitar a habilidade da frota pesqueira em produzir esforço de pesca, de forma a propiciar um correto volume de captura, pelo menos sob o enfoque da sustentabilidade biológica do estoque, principalmente quando o equilíbrio bioeconômico ocorre acima do nível de esforço de pesca que permite obter o rendimento máximo sustentável.

As Tabelas 5.8 e 5.9 apresentam os esforços de pesca (E_{MSY}) que vão produzir os lucros e os rendimentos máximos sustentáveis na captura ($C_{E_{MSY}}$) para duas populações, uma considerando e a outra ignorando a evolução induzida pela pesca, sujeitas a diferentes tipos de seletividade, baseadas no ajuste de regressão das Figuras 5.1 a 5.6.

Na Tabela 5.8 observa-se que a curva que apresentou maior rendimento sustentável com menor esforço de pesca e maior lucro foi a curva logística $L \geq 85$ cm.

Observa-se na Tabela 5.9 que a curva que apresentou maior rendimento sustentável e maior lucro foi a janela de captura $90 \leq L \leq 115$ cm. O menor esforço de pesca foi dado pela curva logística $L \geq 80$ cm.

Tabela 5.8 – Resultados da captura ($C_{E_{MSY}}$) e do lucro baseados nos ajustes de regressão das Figuras 5.1 a 5.3 para a pesca do pintado sujeita à diferentes tipos de seletividade para o esforço de pesca E_{MSY} , sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$).

Tipos de seletividade	E_{MSY}	$C_{E_{MSY}}$	Lucro
$L \geq 80$ cm	0,20227	4,59	63,34
$L \geq 85$ cm	0,19594	5,84	105,96
$90 \leq L \leq 115$ cm	0,22194	4,87	64,11

Tabela 5.9 – Resultados da captura ($C_{E_{MSY}}$) e do lucro baseados nos ajustes de regressão das Figuras 5.4 a 5.6 para a pesca do pintado sujeita à diferentes tipos de seletividade para o esforço de pesca E_{MSY} , com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$).

Tipos de seletividade	E_{MSY}	$C_{E_{MSY}}$	Lucro
$L \geq 80$ cm	0,19467	5,07	81,72
$L \geq 85$ cm	0,19643	5,08	81,46
$90 \leq L \leq 115$ cm	0,19627	5,13	83,12

Segundo Garcia et al. (2015), uma das normas que se aplicam hoje em dia às pescarias e à conservação da biodiversidade nos ecossistemas pesqueiros exige que os estoques sejam mantidos em níveis de biomassa que possam produzir o rendimento máximo sustentável. E para que uma gestão consiga atingir este objetivo é fundamental que exista um sistema confiável que permita monitorar as quantidades capturadas e que as capturas registradas/reportadas cheguem aos órgãos gestores em tempo hábil, garantindo que a pescaria seja interdita tão logo as capturas atinjam o patamar definido por lei.

Comparando-se os valores das capturas nas Tabelas 5.2 a 5.7 observa-se que quando se aumenta o parâmetro ω (probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo) de 0 para 0,5 a captura diminui, assim como relatado por Ribeiro (2012).

No apêndice B são apresentados os valores médios da captura (C) e da biomassa (B), com os respectivos valores de γ e NB (Tabelas B.8 a B.13).

5.4 Conclusões

Para uma população sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$), a melhor estratégia de pesca seletiva foi a curva de seletividade logística $L \geq 85$ cm, pois apresentou menor esforço de pesca, maior captura e maior lucro.

Já para uma população com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$), a estratégia de pesca seletiva que apresentou menor esforço de pesca foi a curva de seletividade logística $L \geq 80$ cm. A estratégia que apresentou maior captura e maior lucro foi a curva de seletividade com janela de captura $90 \leq L \leq 115$ cm. Como no capítulo 3, biologicamente a estratégia de pesca com janela de captura apresentou resultado mais sustentável para a espécie, pode-se dizer que a melhor opção é a estratégia de pesca janela de captura com tamanhos, mínimo e máximo, de 90 e 115 cm. Além disso, os esforços de pesca foram muito próximos.

AVALIAÇÃO DA PESCA UTILIZANDO A CAPTURA PROPORCIONAL À DENSIDADE POPULACIONAL

6.1 Introdução

A pesca é seletiva, por natureza, visando espécies e tamanhos que produzem os maiores retornos econômicos. Mudanças no modelo e na operação das artes de pesca têm sido empregadas há muito tempo pelos fabricantes de redes e pelos pescadores para obter as propriedades seletivas desejadas das artes de pesca em relação às composições de captura preferidas. Muitas vezes, essas mudanças foram feitas para cumprir a legislação e a regulamentação da pesca.

Segundo Law (2000), a remoção seletiva de espécies e tamanhos particulares do ecossistema pode, ao longo do tempo, alterar a estrutura da cadeia alimentar, a capacidade reprodutiva e as características fenotípicas e genotípicas da população.

Recentemente, Froese et al. (2015) divulgaram uma nova abordagem para a pesca, chamada de "balanced haversting" ou captura proporcional, a qual foi proposta como uma alternativa potencial para as práticas atuais de gerenciamento. A ideia é que a pesca ocorra em toda a gama mais ampla possível de espécies, estoques e tamanhos em um ecossistema, proporcionalmente à sua produtividade natural, de modo que o tamanho relativo e a composição das espécies sejam mantidas em relação a um ecossistema não explorado.

O conceito de "captura proporcional" foi sugerido devido aos impactos da pesca seletiva em função dos tamanhos e espécies maiores. Foi argumentado que as estratégias convencionais de gestão das pescas, com base em práticas de pesca seletiva, como a malhagem mínima, pode contribuir para alterar a estrutura da cadeia alimentar com a perda geral de produtividade e resiliência dos ecossistemas aquáticos, bem como alterações fenotípicas que levam os peixes a crescer mais lentamente, com um tamanho máximo menor e com um amadurecimento precoce. Assim, foi proposto que as práticas de gestão baseadas na seletividade de tamanho deveriam ser abandonadas. Esta proposta suscitou debates e foram vistos como regulamentos potencialmente prejudiciais que estão consagrados na maioria das leis de pesca em todo o mundo (GARCIA et al., 2015).

Segundo Breen et al. (2016), a captura proporcional ao tamanho e à espécie pode oferecer benefícios tanto em termos de obtenção de rendimentos melhorados quanto alcançar os objetivos do ecossistema, principalmente na manutenção da biodiversidade. No entanto, os efeitos da captura proporcional foi parcialmente confirmada por estudos de modelagem.

Embora já mencionado, essa nova abordagem se dá em todas as espécies do ecossistema, contudo, trabalhou-se com uma única espécie, o Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*). O objetivo deste capítulo foi introduzir no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) a captura proporcional à densidade populacional para comparar o efeito da pesca sobre as características populacionais e fenotípicas sujeitas a essa nova estratégia de pesca com àquelas já empregadas na captura dessa espécie.

6.2 Metodologia

Para avaliar o efeito da pesca com base na captura proporcional à densidade populacional foi utilizado o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) com uma adaptação na forma de seletividade.

Considerou-se também, neste capítulo, que a dependência linear entre fertilidade e peso foi dada pela equação:

$$b(P) = 0,4 \times P, \quad (6.1)$$

sendo P o peso do indivíduo em kg.

No modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) a pesca seletiva é implementada da seguinte forma: cada indivíduo tem uma probabilidade γ de ser encontrado e, caso ele seja encontrado, será capturado com uma probabilidade determinada pela curva de seletividade logística dada por:

$$S(L) = \frac{1}{1 + e^{-\beta_s(L-LC)}}, \quad (6.2)$$

sendo LC o tamanho mínimo de captura definido pela legislação local em cm e β_s , o coeficiente da curva de seletividade.

Neste trabalho, propõe-se que a pesca ou a captura seja proporcional à densidade populacional da seguinte maneira: a população foi dividida em 10 estratos, onde cada estrato representou um intervalo de comprimento com amplitude de 14,97 cm, com início em zero e término em 149,7 cm (comprimento assintótico do pintado). Após todos os indivíduos serem alocados nos respectivos estratos, foi calculada a biomassa de cada estrato e a biomassa total da população.

Há uma probabilidade γ de o indivíduo ser encontrado, semelhante àquela proposta por Santos, Martins e Pompeu (2012), no entanto, caso ele seja encontrado, será capturado com uma probabilidade dada pela razão entre a biomassa do intervalo de comprimento que ele se encontra e a biomassa total da população.

6.2.1 Estratégias utilizadas na captura proporcional à densidade populacional

A legislação brasileira define que a menor malha utilizada na captura do pintado é a de número 7. Caso seja capturado um peixe com tamanho inferior a 85 cm (tamanho mínimo de captura para a legislação atual), deve-se soltá-lo. Segundo Godinho et al. (1997), para a espécie pintado, os menores macho e fêmea, capturados por esse número de malha tinham 52 e 73,5 cm, respectivamente.

Resolveu-se a trabalhar com três cenários de pesca com captura proporcional e um com legislação de pesca atual do pintado:

- Cenário 1: captura baseada na densidade populacional sem limite de tamanho;
- Cenário 2: captura baseada na densidade populacional com tamanho mínimo de 52 cm;
- Cenário 3: captura baseada na densidade populacional com tamanho mínimo de 73,5 cm;
- Cenário 4: curva de seletividade logística $L \geq 85$ cm.

Os cenários 2 e 3 foram introduzidos na simulação com o intuito de se fazer uma mudança no padrão de pesca mais próximo da captura proporcional e da legislação atual para o pintado com o objetivo de aumentar a captura e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade da espécie.

Para cada cenário foram realizadas 31 simulações com diferentes valores dos parâmetros γ (probabilidade do indivíduo ser encontrado) e NB (número de barcos), sendo que cada cenário tinha em comum os mesmos parâmetros γ e NB . Cada simulação foi composta de 200.000 etapas temporais, tendo a pesca iniciado na etapa temporal $t = 100.001$. A população no início da pesca foi constituída de 500 indivíduos escolhidos aleatoriamente da população em $t=100.000$ (sem pesca). Os valores médios das variáveis de interesse foram obtidos considerando-se as últimas 20.000 etapas temporais (tempo suficiente para a população atingir uma estrutura etária estável). Cada variável de interesse possui 31 observações de cada cenário, totalizando 124 observações por variável. Para cada variável dentro de cada cenário foi calculada a média. Estes

valores médios foram: biomassa média (\bar{B}), biomassa desovante média (\bar{B}_d), captura média (\bar{C}), idade média de maturação (\bar{I}_m), taxa média de crescimento (\bar{k}), comprimento médio de maturação (\bar{L}_m), comprimento médio dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) e tamanho populacional médio (\bar{N}).

Os parâmetros utilizados no modelo são apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Parâmetros utilizados no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012): T (limite de mutações deletérias), ω (probabilidade de mutação no fenótipo), N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações para o genótipo), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_s (coeficiente de inclinação da curva de seletividade), L_∞ (comprimento assintótico em cm) e β (constante de proporcionalidade).

Parâmetros	Valores
T	1
ω	0,5
N_{max}	100.000
M	1
β_m	0,5
β_s	0,5
L_∞	149,7
β	4,0

Além dos parâmetros apresentados na Tabela 6.1, acrescentar γ (probabilidade do indivíduo ser encontrado) e NB (número de barcos), respectivamente: 0,01 - 1; 0,02 - 1; 0,03 - 1; 0,04 - 1; 0,05 - 1; 0,07 - 1; 0,10 - 1; 0,14 - 1; 0,15 - 1; 0,20 - 1; 0,20 - 2; 0,25 - 1; 0,30 - 1; 0,30 - 2; 0,35 - 1; 0,35 - 8; 0,40 - 1; 0,40 - 3; 0,45 - 1; 0,50 - 1; 0,60 - 1; 0,65 - 1; 0,70 - 1; 0,80 - 1; 0,80 - 2; 0,90 - 1; 0,90 - 2; 0,90 - 60; 0,90 - 160; 0,95 - 1 e 0,99 - 1.

6.3 Resultados e discussões

Na Tabela 6.2 são apresentados os valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m), comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) e tamanho da população (\bar{N}) simulados para um estoque de pintado sujeito a pesca proporcional à densidade populacional nos cenários 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$) e 3 ($DP(L \geq 73,5)$), e um com a curva de seletividade logística ($L \geq 85$), cenário este que representa a legislação atual de pesca para o pintado. Comparando-se os valores médios dos cenários 1, 2 e 3 com o cenário ($L \geq 85$), percebe-se superioridade em todas as variáveis, exceto para o comprimento dos indivíduos capturados (L_{cap}).

Tabela 6.2 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m), comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) e tamanho da população (\bar{N}) de um estoque de pintado sujeita a pesca sob diferentes estratégias: curva de seletividade logística com $L \geq 85$ cm, densidade proporcional sem limite de tamanho (DP), densidade proporcional com tamanho mínimo de 52 ($DP(L \geq 52)$) e 73,5 cm ($DP(L \geq 73,5)$).

Valores médios	$L \geq 85$	DP	$DP(L \geq 52)$	$DP(L \geq 73,5)$
\bar{C} (ton)	3,80	3,82	4,16	4,80
\bar{B} (ton)	27,27	33,03	32,01	35,09
\bar{B}_d (ton)	10,96	11,80	11,50	11,88
\bar{I}_m (anos)	5,24	5,71	5,61	5,50
\bar{k} (ano^{-1})	0,126	0,155	0,150	0,145
\bar{L}_m (cm)	79,45	94,22	91,96	87,60
\bar{L}_{cap} (cm)	90,06	72,61	78,27	88,44
\bar{N}	14989	21815	22068	23364

Para confecção das Figuras 6.1 a 6.7 foram utilizadas 124 observações para cada variável B , B_d , C , I_m , K , L_m e L_{cap} , sendo 31 para cada cenário.

A Tabela 6.3 apresenta os resultados dos testes estatísticos, Shapiro-Wilk (normalidade), Bartlett (homocedasticidade de variâncias) e Durbin-Watson (independência), realizados no software estatístico R (R-PROJECT, 2017), para verificar se as pressuposições básicas para se realizar a análise de variância foram violadas. A partir dos resultados observa-se que as variáveis B , B_d , I_m , k , L_m e L_{cap} (Tabela 6.2) não satisfizeram as condições de normalidade, homocedasticidade e independência, simultaneamente. Aplicou-se uma transformação logarítmica nos dados com o objetivo de se obter uma distribuição aproximadamente normal, observações independentes e variâncias homogêneas, contudo as pressuposições não foram satisfeitas. Diante do exposto, utilizaram-se as técnicas de computação intensiva, ou seja, o método de reamostragem de *bootstrap*, uma vez que ele possibilita realizar testes de hipóteses sem a necessidade de pressupor a distribuição da população. Foram reamostradas 2.000 amostras para gerar a distribuição *bootstrap* para cada variável, e em seguida, aplicado o teste de Tukey. Os cálculos foram realizados pelo software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014), à nível de 5% de significância.

A Tabela 6.4 apresenta o teste de médias de Tukey para as variáveis de interesse, onde estas, seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey.

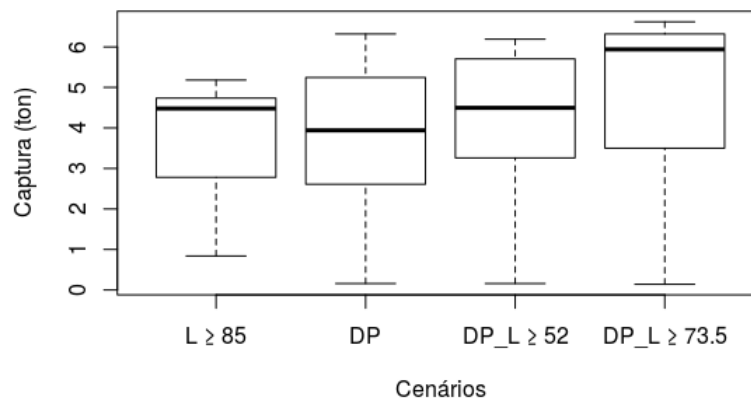
Na Figura 6.1 observa-se que o cenário 3 ($DP(L \geq 73,5)$) apresentou capturas mais elevadas com maior variabilidade que os demais cenários 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$) e ($L \geq 85$), contudo, pelo teste de Tukey a captura não apresentou diferenças significativas (Tabela 6.4).

Tabela 6.3 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela 6.2, exceto para N (tamanho populacional).

Variáveis	Shapiro-Wilk	Durbin-Watson	Bartlett
B	$1,05 \times 10^{-8}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,4085 NS
Bd	$1,29 \times 10^{-10}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,6831 NS
C	$1,72 \times 10^{-9}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$3,0 \times 10^{-2}**$
I_m	$2,65 \times 10^{-10}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$3,52 \times 10^{-15}***$
K	$3,39 \times 10^{-11}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$
L_m	$2,37 \times 10^{-7}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$
L_{cap}	$1,52 \times 10^{-4}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$3,74 \times 10^{-6}***$

NS: não significativo e significativo à 1% (***) e 5% (**).

Figura 6.1 – Box-plot da captura em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).



Nas Figuras 6.2 e 6.3 observa-se uma variabilidade maior no cenário 2 (DP), pois segundo Garcia et al. (2015), a captura proporcional é uma estratégia de colheita que visa equilibrar a mortalidade ou remoção de pesca entre diferentes tamanhos fazendo com que o estoque tenha uma biomassa mais heterogênea. Os cenários 1, 2, 3 e ($L \geq 85$) tiveram biomassa e biomassa desovante em média, iguais, ou seja, pelo teste de Tukey não foi verificado diferença significativa (Tabela 6.4). Segundo Froese et al. (2015), a pesca seletiva baseada na legislação atual ($L \geq 85$) pode causar declínio na biomassa em muitas populações sobreexploradas.

Na Figura 6.4 observa-se que a idade de maturação apresentou maior variabilidade no cenário 3 ($DP(L \geq 73,5)$) que nos demais cenários. Pelo teste de Tukey (Tabela 6.4) o cenário que apresentou maior idade de maturação média foi o cenário 1 (DP), pois segundo Garcia (2006), uma pequena sobrevivência de adultos favorecerá a seleção de indivíduos que apresen-

Figura 6.2 – Box-plot da biomassa em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).

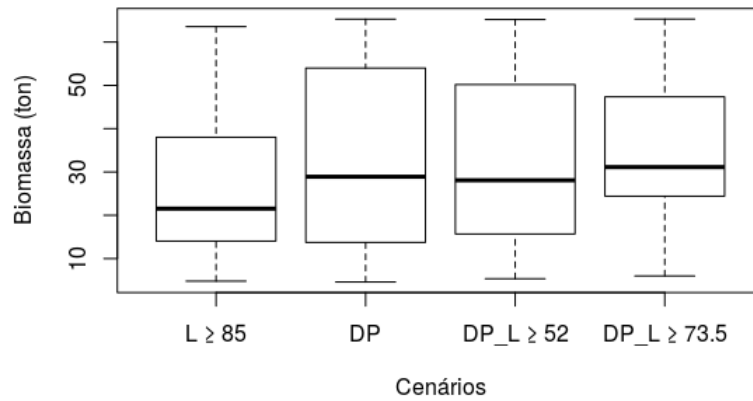


Figura 6.3 – Box-plot da biomassa desovante em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).

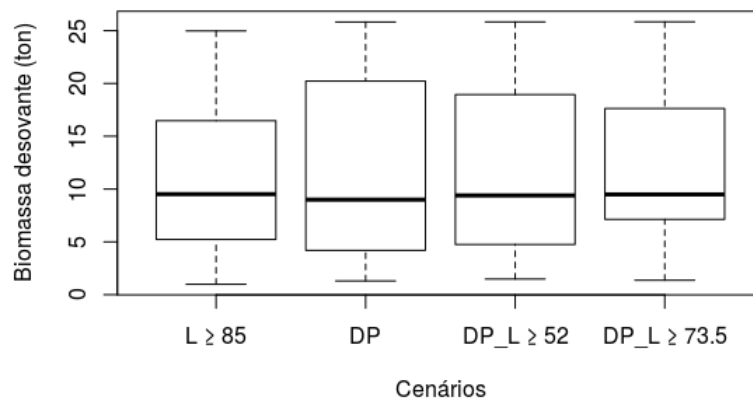
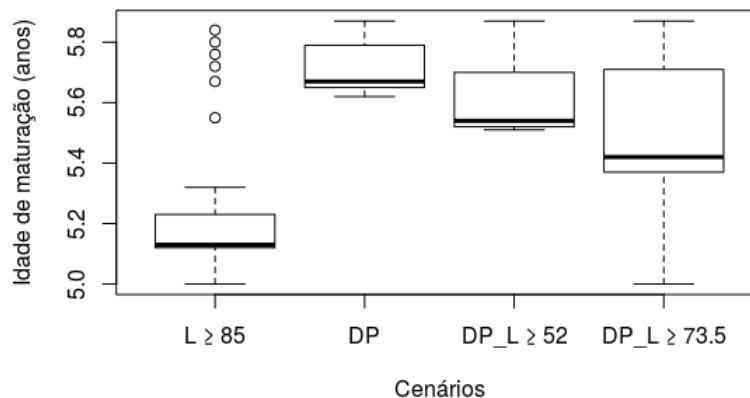


Tabela 6.4 – Teste de Tukey para os valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados (\bar{L}_{cap}) para um estoque de pintado sujeita a pesca sob diferentes estratégias: curva de seletividade logística com $L \geq 85$ cm, densidade proporcional sem limite de tamanho (DP), densidade proporcional com tamanho mínimo de 52 ($DP(L \geq 52)$) e 73,5 cm ($DP(L \geq 73,5)$).

Valores médios	$L \geq 85$	DP	$DP(L \geq 52)$	$DP(L \geq 73,5)$
\bar{C} (ton)	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>ab</i>	<i>a</i>
\bar{B} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B}_d (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{I}_m (anos)	<i>d</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
\bar{k} (ano^{-1})	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
\bar{L}_m (cm)	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
\bar{L}_{cap} (cm)	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>

Figura 6.4 – Box-plot da idade de maturação em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).



tem maturação tardia e invistam mais recursos no crescimento. Nota-se também que, alguns indivíduos do cenário ($L \geq 85$) conseguiram escapar e reproduzir com idades mais elevadas. Observa-se que quando o tamanho mínimo de captura com densidade proporcional passa de 52 cm para 73,5 cm a idade de maturação diminui.

As Figuras 6.5 e 6.6 corroboram com o que foi dito em relação à idade de maturação para as variáveis, taxa de crescimento e comprimento de maturação, utilizando a captura com densidade proporcional em termos de aumentar o tamanho mínimo de captura de 52 cm para 73,5 cm. A maior variabilidade para k e L_m ocorreu nos cenários ($L \geq 85$) e 3 ($DP(L \geq 73,5)$), respectivamente. Pelo teste de Tukey (Tabela 6.4), os cenários 1 (DP) e 2 ($DP(L \geq 52)$), em

ambas variáveis são iguais e superiores aos demais. O cenário 3 ($DP(L \geq 73,5)$) superou o cenário ($L \geq 85$).

Figura 6.5 – Box-plot da taxa de crescimento em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).

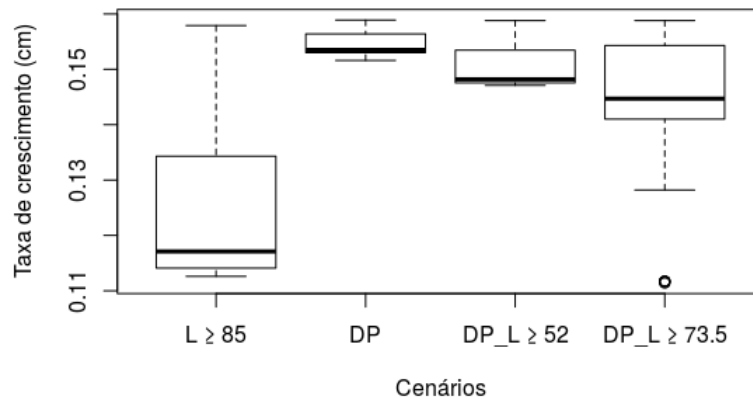
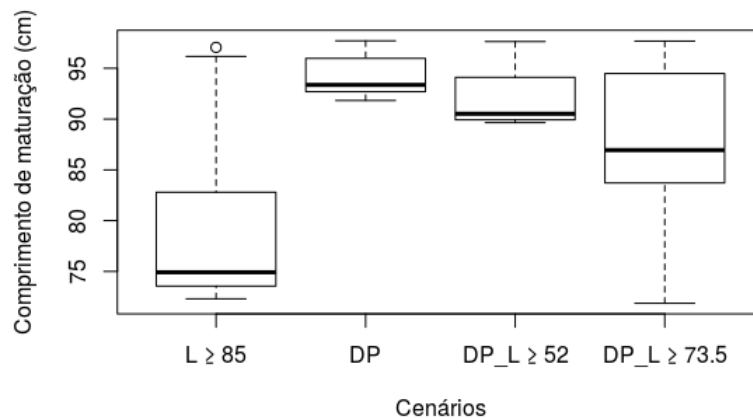
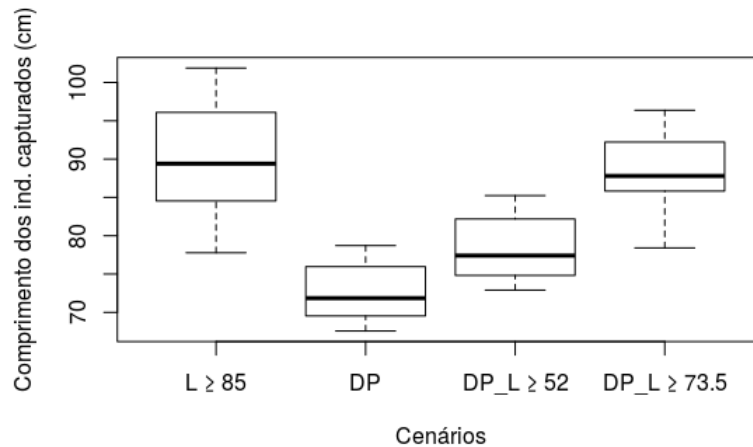


Figura 6.6 – Box-plot do comprimento de maturação em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).



Na Figura 6.7 observa-se que o cenário ($L \geq 85$) apresentou maior variabilidade. Pelo teste de Tukey (Tabela 6.4), os cenários 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e ($L \geq 85$) são iguais e superiores aos demais. O cenário 2 foi superior ao cenário 1. Embora a captura observada na Figura 6.1 nos quatro cenários tenha sido considerada a mesma pelo teste de Tukey, o comprimento dos peixes capturados variou. Segundo Kolding et al. (2016), a captura utilizando a estratégia

Figura 6.7 – Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados em função dos cenários: 1 (DP), 2 ($DP(L \geq 52)$), 3 ($DP(L \geq 73,5)$) e o cenário que representa a legislação brasileira atual de pesca para o pintado ($L \geq 85$).



proporcional vai enfrentar barreiras econômicas importantes, uma vez que basicamente envolve mudar a composição de capturas de peixes maiores e valiosos, para peixes menores.

6.4 Conclusões

A pesca utilizando a nova abordagem, captura proporcional à densidade populacional, apresentada no cenário 1 (DP), simulados no modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), se mostrou em média mais sustentável que a pesca seletiva convencional adotada pela legislação atual brasileira ($L \geq 85$) para o pintado em todas as características fenotípicas (I_m , K e L_m), resultado vantajoso para a espécie. Em termos de captura, biomassa e biomassa desovante, a nova abordagem não apresentou diferença significativa em relação à pesca atual. A única vantagem da legislação atual de pesca em relação à pesca com densidade proporcional é que o comprimento dos indivíduos capturados para venda é maior.

O cenário que ficou mais próximo dos resultados encontrados para a nova abordagem de pesca (DP) foi o cenário ($DP(L \geq 52)$), o qual experimentalmente seria mais fácil de adaptar.

Em trabalhos futuros poderia-se avaliar a pesca do pintado utilizando-se o modelo bioeconômico comparando-se a a legislação atual de pesca e essa nova abordagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesca é, por natureza, seletiva, visando espécies e tamanhos que produzem os maiores retornos econômicos, fazendo com que vários estoques de peixes estejam sobreexplorados e o declínio destes é um problema global.

Uma ferramenta que tem sido muito utilizada em diversas áreas para representar modelos de dinâmica populacional é a simulação computacional, devido às suas características de flexibilidade e ao custo relativamente baixo. Santos, Martins e Pompeu (2012) propuseram um modelo baseado no indivíduo, que leva em conta os efeitos evolutivos da pesca seletiva sobre a população explorada.

Este modelo, depois de calibrado com o parâmetro γ , apresentou uma correlação de 92,21% entre captura real e simulada para o pintado, tornando-se assim, possível de se fazer previsões de captura com estimativas anuais do número de dias de pesca para região estudada. A pesca com janela de captura apresentou resultados superiores em média se comparado com a curva de seletividade logística para comprimento dos indivíduos capturados, características populacionais e fenotípicas para a espécie pintado, exceto para a captura.

A partir deste modelo verificou-se que pesca seletiva sem e com moratórias de 5, 15 e 50 anos não apresentou diferenças significativas para a espécie dourado.

Através deste modelo confirmou-se bioeconomicamente que, para uma população sem probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0$), a melhor estratégia de pesca seletiva foi a curva de seletividade logística ($L \geq 85$), e para uma população com probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo ($\omega = 0,5$), a melhor opção foi a estratégia de pesca com janela de captura ($90 \leq L \leq 115$).

Comprovou-se que a pesca utilizando a nova abordagem, captura proporcional à densidade populacional, é benéfica para a população de pintado sujeita à pesca seletiva se comparada com a pesca convencional adotada pela legislação atual brasileira.

Sabe-se que as unidades populacionais de peixes não vivem isoladamente e um trabalho futuro seria estudar os efeitos da pesca utilizando a captura proporcional à densidade populacional para uma comunidade multiespécies interespecíficas ao pintado.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A. et al. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringa (Brazil) UEM/Nupelia, 2007.
- ANDERSON, L. G.; SEIJO, J. C. **Bioeconomics of fisheries management**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2010.
- ANJOS, T. A. N. d. Efeito das mudanças nas resoluções e leis sobre as características de crescimento do pintado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2013.
- ANJOS, T. A. N. d. Comportamento do modelo Santos para a pesca seletiva mediante mudanças de parâmetros biológicos relativos à pesca. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2017.
- BAIOCCHI, G.; DISTASO, W. Gretl: Econometric software for the GNU generation. **Journal of applied econometrics**, Wiley Online Library, v. 18, n. 1, p. 105–110, 2003.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. In: THE ROYAL SOCIETY. **Proc. R. Soc. Lond. A**. [S.l.], 1937. v. 160, n. 901, p. 268–282.
- BERKELEY, S. A. et al. Fisheries sustainability via protection of age structure and spatial distribution of fish populations. **Fisheries**, Taylor & Francis Group, v. 29, n. 8, p. 23–32, 2004.
- BERTALANFFY, L. V. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. ii). **Human biology**, JSTOR, v. 10, n. 2, p. 181–213, 1938.
- BIRKELAND, C.; DAYTON, P. K. The importance in fishery management of leaving the big ones. **Trends in Ecology & Evolution**, Elsevier, v. 20, n. 7, p. 356–358, 2005.
- BREEN, M. et al. Selective fishing and balanced harvesting. **Fisheries Research**, Elsevier, v. 184, p. 2–8, 2016.
- CATELLA, A. C.; CAMPOS, F. d. R.; ALBUQUERQUE, S. P. Sistema de controle de pesca de mato grosso do sul scpesca/ms 22-2015. **Embrapa Pantanal-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2016., 2016.
- DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for serial correlation in least squares regression: I. **Biometrika**, JSTOR, v. 37, n. 3/4, p. 409–428, 1950.
- EFRON, B. Bootstrap methods: another look at the jackknife *Annals of Statistics* 7: 1–26. **View Article PubMed/NCBI Google Scholar**, 1979.
- EVANGELISTA, S. de S.; HORIZONTE, B. Modelos arfima (p, d, q). 2013.
- FAO, F. Food and agriculture organization of the United Nations, 2016. **Roma, Italy**, 2016.
- FERREIRA, D. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas bootstrap. **Revista Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 38, n. 2, p. 109–112, 2014.
- FROESE, R.; BINOHLAN, C. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. **Journal of Fish Biology**, Wiley Online Library, v. 56, n. 4, p. 758–773, 2000.

FROESE, R. et al. A critique of the balanced harvesting approach to fishing. **ICES Journal of Marine Science**, Oxford University Press, v. 73, n. 6, p. 1640–1650, 2015.

GARCIA, I. C. B. d. **Influência da pesca seletiva sobre o comprimento médio de maturação em populações de dourado (*Salminus brasiliensis*), piraputanga (*Brycon hilarii*) e curimatá (*Prochilodus lineatus*) no Rio Miranda, Mato Grosso do Sul**. Dissertação (Mestrado), 2006.

GARCIA, S. M. et al. **Balanced harvest in the real world. Scientific, policy and operational issues in an ecosystem approach to fisheries**. [S.l.], 2015.

GODINHO, A.; BRITO, M.; GODINHO, H. Evidências de colapso pesqueiro no médio são francisco. **ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA**, v. 14, 2001.

GODINHO, H. P. et al. Pesca e biologia do surubim *pseudoplatystoma corruscans* no rio são francisco. **Miranda, MOT (Org) Surubim**, p. 27–42, 1997.

GONZALEZ, L. V. **Estudo dos efeitos de novas estratégias de pesca sobre os parâmetros populacionais dos grandes bagres Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e Jaú (*Paulicea luetkeni*) em uma aproximação computacional**. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2014.

GORDON, H. S. The economic theory of a common-property resource: the fishery. **Journal of political economy**, The University of Chicago Press, v. 62, n. 2, p. 124–142, 1954.

HE, J. X.; STEWART, D. J. Age and size at first reproduction of fishes: predictive models based only on growth trajectories. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 82, n. 3, p. 784–791, 2001.

KOLDING, J. et al. Balanced harvest: utopia, failure, or a functional strategy? **ICES Journal of Marine Science**, Oxford University Press, v. 73, n. 6, p. 1616–1622, 2016.

KOLDING, J.; TICHELER, H.; CHANDA, B. The bangweulu swamps—a balanced small-scale multispecies fishery. **FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER**, Food and Agriculture Organization, n. 2, p. 34–66, 2003.

KUNSCH, H. R. The jackknife and the bootstrap for general stationary observations. **The annals of Statistics**, JSTOR, p. 1217–1241, 1989.

LANA, G. D. C. **Intervalos de previsão em modelos ARFIMA utilizando a metodologia bootstrap**. Tese (Doutorado) — Master dissertation, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

LAUDER, G. V.; LIEM, K. F. The evolution and interrelationships of the actinopterygian fishes. **Bulletin of The Museum of Comparative Zoology**, v. 150, n. 3, p. 95–197, 2007.

LAW, R. Fishing, selection, and phenotypic evolution. **ICES Journal of Marine Science**, Oxford University Press, v. 57, n. 3, p. 659–668, 2000.

LIMA, F. C.; BRITSKI, H. A. *Salminus franciscanus*, a new species from the rio são francisco basin, brazil (ostariophysii: Characiformes: Characidae). **Neotropical Ichthyology**, SciELO Brasil, v. 5, n. 3, p. 237–244, 2007.

- LIU, R. Y.; SINGH, K. Moving blocks jackknife and bootstrap capture weak dependence. **Exploring the limits of bootstrap**, v. 225, p. 248, 1992.
- MATEUS, L. A.; PENHA, J. M. Dinâmica populacional de quatro espécies de grandes bagres na bacia do rio cuiabá, pantanal norte, pantanal norte, brasil (siluriformes, pimelodidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 1, p. 87–98, 2007.
- MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. [S.l.]: Editora Saraiva, 2000.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. Análise de séries temporais. In: **Análise de séries temporais**. [S.l.: s.n.], 2006.
- OKADA, E. K. et al. Biologia pesqueira e pesca na área de influência do apm manso: biologia, ecologia e socioeconomia. Universidade Estadual de Maringá, 2010.
- OLIVEIRA, C. R. d. Equilíbrio econômico ecológico da pesca marítima no rio grande do sul-brasil. Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- PAEZ, M. L. D. Exploração de recursos pesqueiros no brasil. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, v. 28, n. 4, 1993.
- PENNA, T. J. A bit-string model for biological aging. **Journal of Statistical Physics**, Springer, v. 78, n. 5, p. 1629–1633, 1995.
- R-PROJECT. 2017. <<https://www.r-project.org/>>. Acessado em 24/04/2017.
- RAMOS, P. D. S.; FERREIRA, D. F. Agrupamento de médias via bootstrap de populações normais e não-normais 1. **Ceres**, v. 56, n. 2, 2015.
- REID, D. G. et al. Implementing balanced harvesting: practical challenges and other implications. **ICES Journal of Marine Science**, Oxford University Press, v. 73, n. 6, p. 1690–1696, 2016.
- RIBEIRO, M. C. Efeitos da variação do esforço de pesca e taxas de mutação sobre a dinâmica temporal do pintado. 2012.
- SANTOS, E. d. **Dinâmica de Populações aplicada à pesca e piscicultura**. São Paulo: Hucitec, 1978.
- SANTOS, E. N. F.; FERREIRA, D. F. Comparações múltiplas multivariadas via bootstrap e permutação. Lavras, MG (Brazil), 2008.
- SANTOS, R. dos; MARTINS, S.; POMPEU, P. An individual-based model for evolutionary effects of selective fishing applied to pseudoplatystoma corruscans. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 391, n. 21, p. 5112–5120, 2012.
- SATO, Y. et al. Águas, peixes e pescadores do são francisco das minas gerais. **PUC-Minas, Belo Horizonte**, 2003.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, JSTOR, v. 52, n. 3/4, p. 591–611, 1965.
- SOUZA, A. A. d. **Estudo dos efeitos de diferentes estratégias de pesca seletiva e da influência dos níveis hidrológicos sobre a população e pesca de surubim via simulação computacional**. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2010.

SOUZA, A. de; MARTINS, S.; POMPEU, P. An individual-based model applied to the study of different fishing strategies of pintado *pseudoplatystoma corruscans* (agassiz, 1829). **Biosystems**, Elsevier, v. 110, n. 1, p. 51–59, 2012.

TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. **Biometrics**, JSTOR, p. 99–114, 1949.

ZIMMERMANN, F.; JØRGENSEN, C. Bioeconomic consequences of fishing-induced evolution: a model predicts limited impact on net present value. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, NRC Research Press, v. 72, n. 4, p. 612–624, 2015.

ZULIANI, M. S. et al. Age and growth parameters of the dourado *salminus brasiliensis* (cuvier, 1816) from the river cuiabá, mato grosso state, brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Universidade Estadual de Maringá, v. 38, n. 1, 2016.

APÊNDICE A

Tabela A.1 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos) para o procedimento 2.

Valores médios	M_5anos	M_15anos	M_50anos
\bar{C} (ton)	3,91	4,03	4,42
\bar{B} (ton)	201,58	202,62	205,90
\bar{B}_d (ton)	77,11	77,25	77,42
\bar{I}_m (anos)	4,67	4,68	4,70
\bar{k} (ano^{-1})	0,1770	0,1774	0,1790
\bar{L}_m (cm)	45,68	45,77	46,15
\bar{L}_{cap} (cm)	62,49	62,52	62,70

Tabela A.2 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 2 (M_5anos) para o procedimento 2.

Valores médios	SM	M_5anos
\bar{C} (ton)	4,09	3,90
\bar{B} (ton)	200,60	201,58
\bar{B}_d (ton)	77,11	76,96
\bar{I}_m (anos)	4,66	4,67
\bar{k} (ano^{-1})	0,1766	0,1770
\bar{L}_m (cm)	45,56	45,68
\bar{L}_{cap} (cm)	62,36	62,49

Tabela A.3 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 2 (M_5anos) para o procedimento 2.

Valores médios	SM	M_15anos
\bar{C} (ton)	4,19	4,03
\bar{B} (ton)	201,37	202,62
\bar{B}_d (ton)	77,02	77,25
\bar{I}_m (anos)	4,67	4,68
\bar{k} (ano^{-1})	0,1769	0,1774
\bar{L}_m (cm)	45,64	45,76
\bar{L}_{cap} (cm)	62,40	62,56

Tabela A.4 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 4 (M_50anos) para o procedimento 2.

Valores médios	SM	M_50anos
\bar{C} (ton)	4,46	4,42
\bar{B} (ton)	203,62	205,90
\bar{B}_d (ton)	77,11	77,42
\bar{I}_m (anos)	4,69	4,70
\bar{k} (ano^{-1})	0,1780	0,1790
\bar{L}_m (cm)	45,90	46,15
\bar{L}_{cap} (cm)	62,51	62,70

Tabela A.5 – Valores médios da captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM), 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos) para o procedimento 3.

Valores médios	SM	M_5anos	M_15anos	M_50anos
\bar{C} (ton)	4,04	3,91	4,03	4,42
\bar{B} (ton)	200,18	201,58	202,62	205,90
\bar{B}_d (ton)	76,92	77,11	77,25	77,42
\bar{I}_m (anos)	4,66	4,67	4,68	4,70
\bar{k} (ano^{-1})	0,1764	0,1770	0,1774	0,1790
\bar{L}_m (cm)	45,51	45,68	45,77	46,15
\bar{L}_{cap} (cm)	62,35	62,49	62,53	62,70

Tabela A.6 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.1.

Variáveis	Shapiro-Wilk	Durbin-Watson	Bartlett
<i>B</i>	$1,71 \times 10^{-3}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$2,57 \times 10^{-3}***$
<i>Bd</i>	$1,27 \times 10^{-3}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,9159 NS
<i>C</i>	0,4545 NS	$2,2 \times 10^{-16}**$	$1,60 \times 10^{-3}***$
<i>I_m</i>	$5,39 \times 10^{-3}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$8,62 \times 10^{-4}***$
<i>k</i>	$1,17 \times 10^{-4}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$5,19 \times 10^{-5}***$
<i>L_m</i>	$6,28 \times 10^{-4}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,1163 NS
<i>L_{cap}</i>	0,2434 NS	$1,13 \times 10^{-14}***$	$1,65 \times 10^{-4}***$

NS: não significativo e significativo à 1% (***) e 5% (**).

Tabela A.7 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.2.

Variáveis	Shapiro-Wilk	Durbin-Watson	Bartlett
<i>B</i>	$4,19 \times 10^{-5}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,4221 NS
<i>Bd</i>	0,4980 NS	$4,25 \times 10^{-14}***$	0,2112 NS
<i>C</i>	$1,09 \times 10^{-2}**$	$2,2 \times 10^{-16}**$	0,7168 NS
<i>I_m</i>	$6,73 \times 10^{-4}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,6222 NS
<i>k</i>	$2,49 \times 10^{-6}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,8278 NS
<i>L_m</i>	$9,40 \times 10^{-6}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,7312 NS
<i>L_{cap}</i>	0,1502 NS	$9,76 \times 10^{-15}***$	0,6484 NS

NS: não significativo e significativo à 1% (***) e 5% (**).

Tabela A.8 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.3.

Variáveis	Shapiro-Wilk	Durbin-Watson	Bartlett
<i>B</i>	$2,90 \times 10^{-5}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,5337 NS
<i>Bd</i>	0,9921 NS	$6,71 \times 10^{-14}***$	0,2622 NS
<i>C</i>	0,0853 NS	$2,2 \times 10^{-16}**$	0,04**
<i>I_m</i>	$4,04 \times 10^{-5}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,1664 NS
<i>k</i>	$2,58 \times 10^{-6}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,2411 NS
<i>L_m</i>	$2,46 \times 10^{-6}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,1213 NS
<i>L_{cap}</i>	$2,50 \times 10^{-2}**$	$3,38 \times 10^{-11}***$	0,3582 NS

NS: não significativo e significativo à 1% (***) e 5% (**).

Tabela A.9 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.4.

Variáveis	Shapiro-Wilk	Durbin-Watson	Bartlett
<i>B</i>	$1,96 \times 10^{-3}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,6986 NS
<i>Bd</i>	0,1749 NS	$6,62 \times 10^{-14}***$	$3,54 \times 10^{-2}***$
<i>C</i>	0,7114 NS	$2,2 \times 10^{-16}**$	0,3255 NS
<i>I_m</i>	$1,51 \times 10^{-2}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,2828 NS
<i>k</i>	$6,48 \times 10^{-5}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,3368 NS
<i>L_m</i>	$1,63 \times 10^{-4}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,7993 NS
<i>L_{cap}</i>	0,9811 NS	$1,11 \times 10^{-5}***$	0,3509 NS

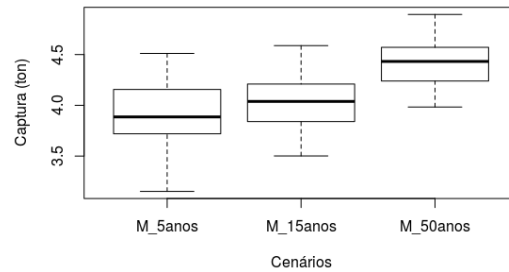
NS: não significativo e significativo à 1% (***) e 5% (**).

Tabela A.10 – Resultado dos testes estatísticos utilizados para verificar as pressuposições básicas de normalidade, independência e igualdade de variâncias para utilizar a análise de variância nas variáveis da Tabela A.5.

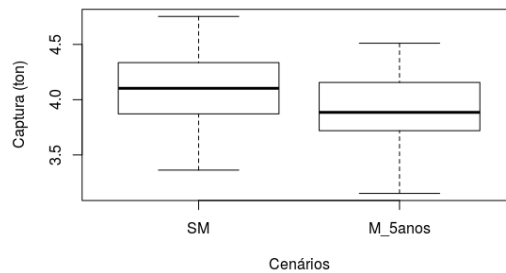
Variáveis	Shapiro-Wilk	Durbin-Watson	Bartlett
<i>B</i>	$1,37 \times 10^{-5}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$2,05 \times 10^{-5}***$
<i>Bd</i>	0,1218 NS	$2,2 \times 10^{-16}***$	0,9764 NS
<i>C</i>	0,1174 NS	$2,2 \times 10^{-16}**$	$3,64 \times 10^{-5}***$
<i>I_m</i>	$1,04 \times 10^{-3}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$4,04 \times 10^{-5}***$
<i>k</i>	$8,47 \times 10^{-7}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$4,28 \times 10^{-6}***$
<i>L_m</i>	$1,44 \times 10^{-5}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$6,03 \times 10^{-6}***$
<i>L_{cap}</i>	$3,92 \times 10^{-2}***$	$2,2 \times 10^{-16}***$	$7,81 \times 10^{-2}**$

NS: não significativo e significativo à 1% (***) e 5% (**).

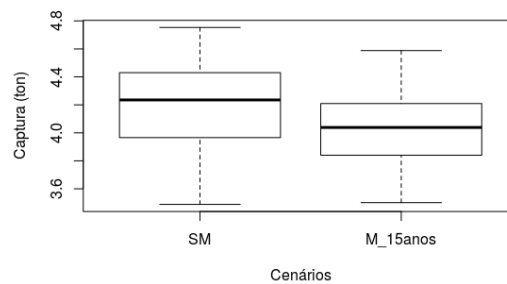
Figura A.1 – Box-plot da captura para o procedimento 2.



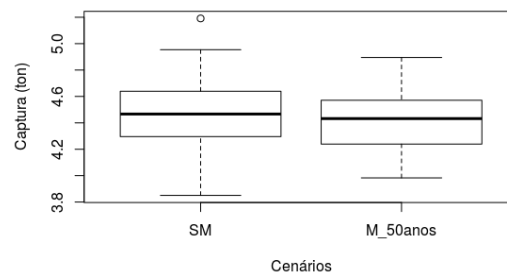
(a) Box-plot da captura para os cenários com as três moratórias: 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



(b) Box-plot da captura para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 2 (M_5anos - moratória de 5 anos).

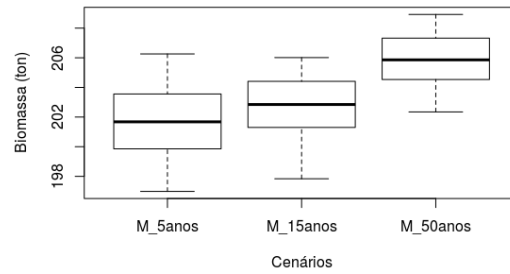


(c) Box-plot da captura para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 3 (M_15anos - moratória de 15 anos).

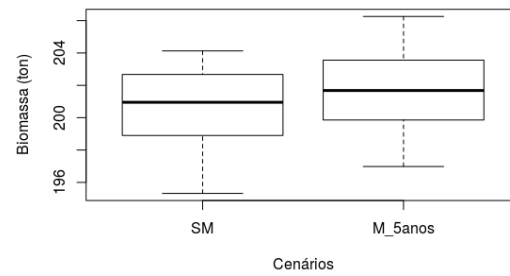


(d) Box-plot da captura para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

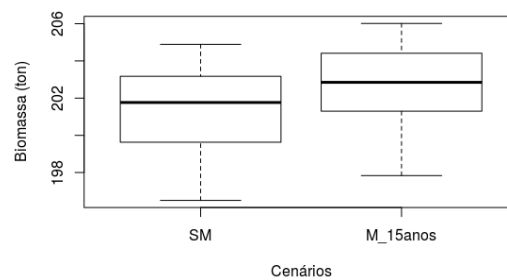
Figura A.2 – Box-plot da biomassa para o procedimento 2.



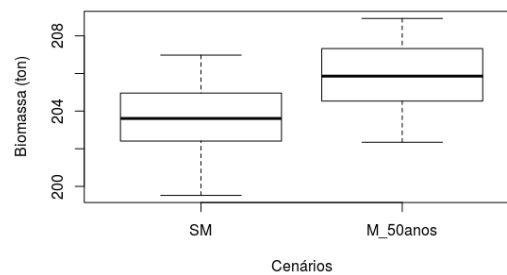
(a) Box-plot da biomassa para os cenários com as três moratórias: 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



(b) Box-plot da biomassa para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 2 (M_5anos - moratória de 5 anos).

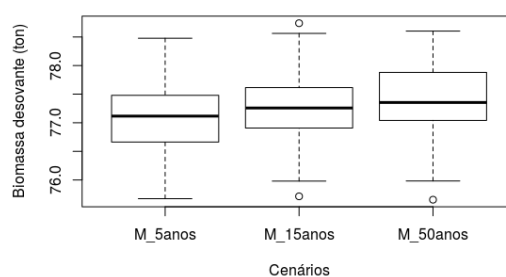


(c) Box-plot da biomassa para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 3 (M_15anos - moratória de 15 anos).

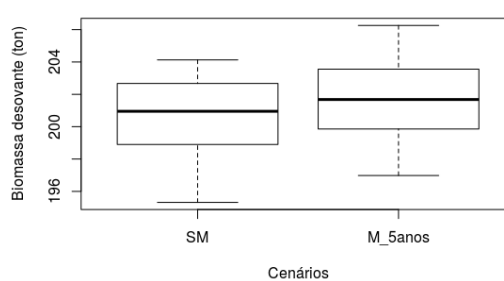


(d) Box-plot da biomassa para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

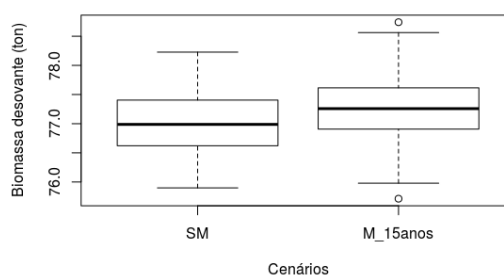
Figura A.3 – Box-plot da biomassa desovante para o procedimento 2.



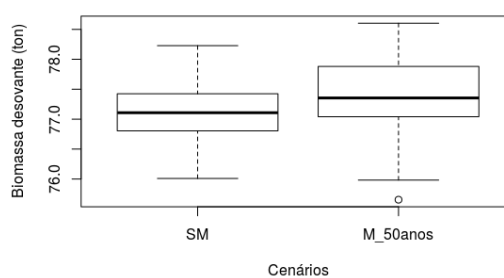
(a) Box-plot da biomassa desovante para os cenários com as três moratórias: 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



(b) Box-plot da biomassa desovante para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 2 (M_5anos - moratória de 5 anos).

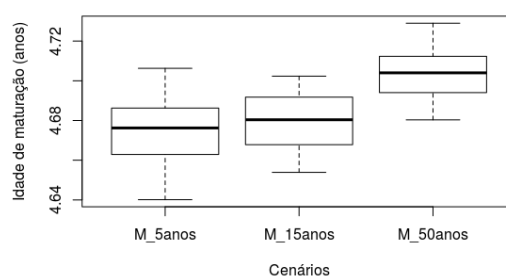


(c) Box-plot da biomassa desovante para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 3 (M_15anos - moratória de 15 anos).

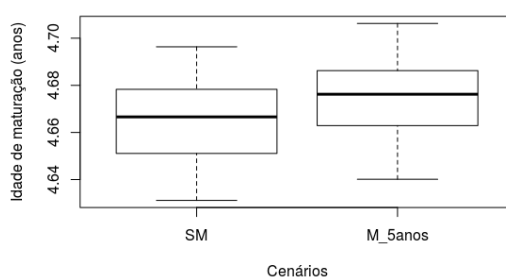


(d) Box-plot da biomassa desovante para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

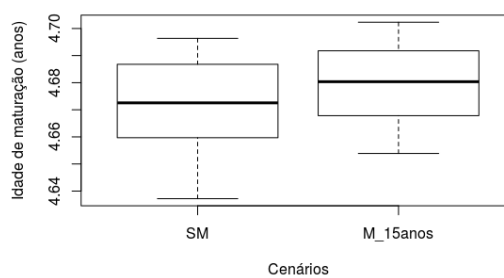
Figura A.4 – Box-plot da idade de maturação para o procedimento 2.



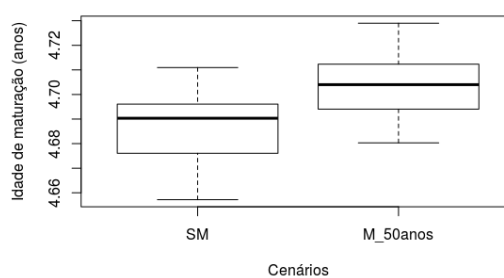
(a) Box-plot da idade de maturação para os cenários com as três moratórias: 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



(b) Box-plot da idade de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 2 (M_5anos - moratória de 5 anos).

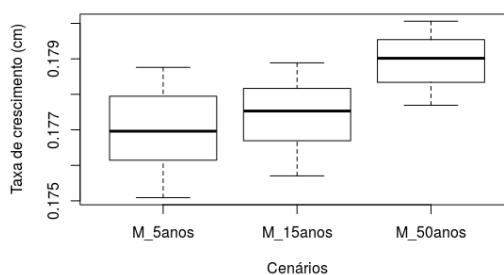


(c) Box-plot da idade de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 3 (M_15anos - moratória de 15 anos).

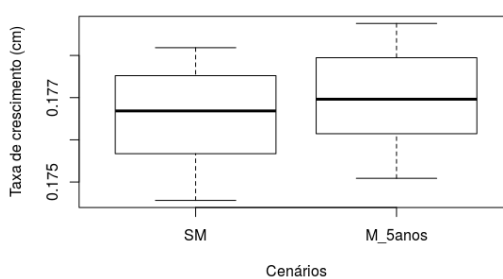


(d) Box-plot da idade de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

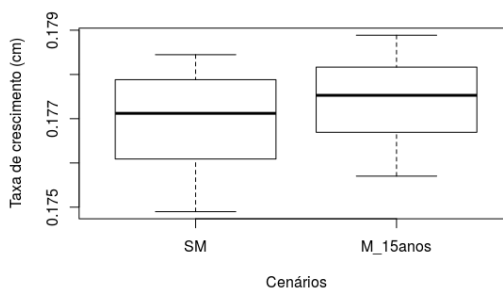
Figura A.5 – Box-plot da taxa de crescimento para o procedimento 2.



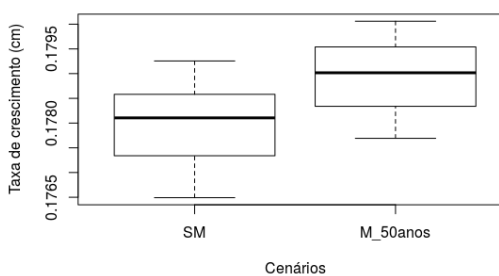
(a) Box-plot da taxa de crescimento para os cenários com as três moratórias: 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



(b) Box-plot da taxa de crescimento para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 2 (M_5anos - moratória de 5 anos).

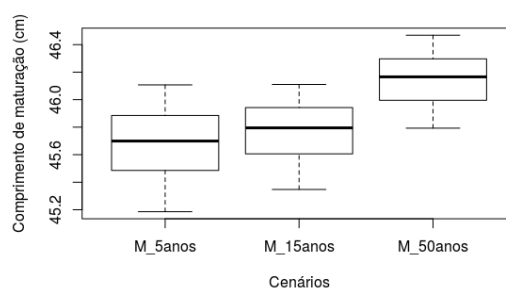


(c) Box-plot da taxa de crescimento para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 3 (M_15anos - moratória de 15 anos).

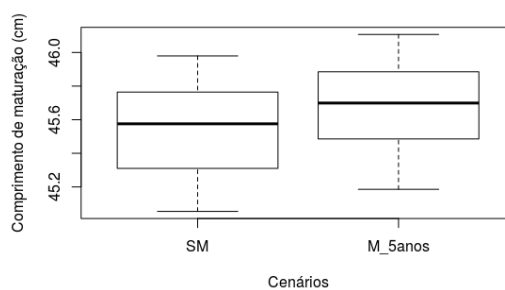


(d) Box-plot da taxa de crescimento para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

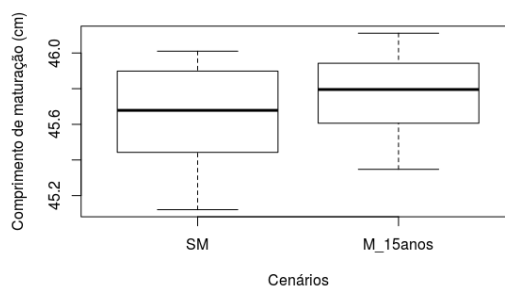
Figura A.6 – Box-plot do comprimento de maturação para o procedimento 2.



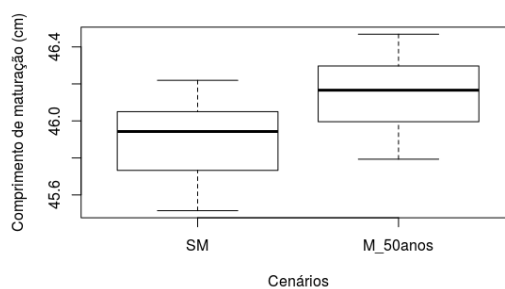
(a) Box-plot do comprimento de maturação para os cenários com as três moratórias: 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



(b) Box-plot do comprimento de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 2 (M_5anos - moratória de 5 anos).

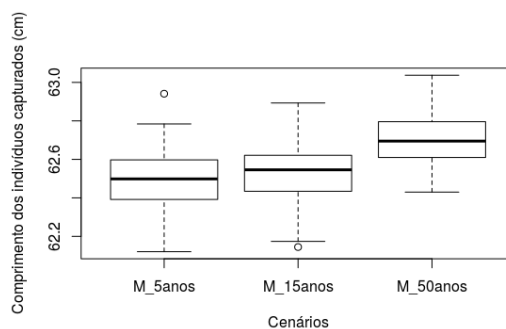


(c) Box-plot do comprimento de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 3 (M_15anos - moratória de 15 anos).

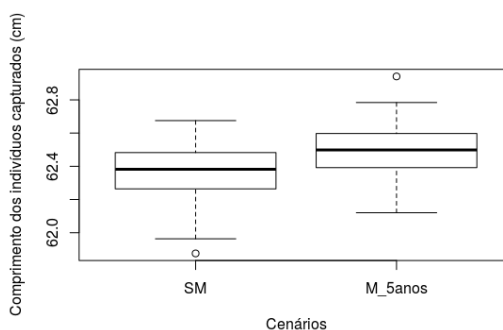


(d) Box-plot do comprimento de maturação para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

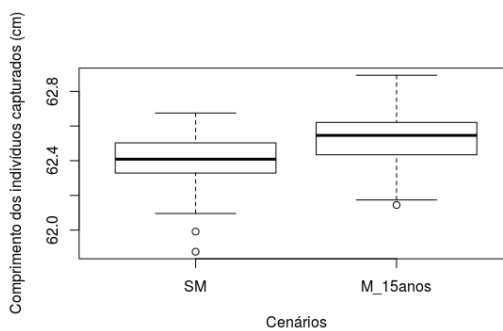
Figura A.7 – Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados para o procedimento 2.



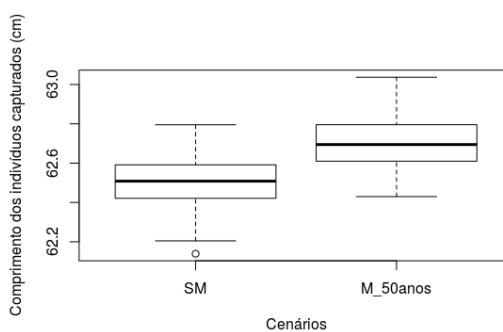
(a) Box-plot do comprimento dos ind. capturados para os cenários com as três moratórias: 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



(b) Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 2 (M_5anos - moratória de 5 anos).



(c) Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 3 (M_15anos - moratória de 15 anos).



(d) Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados para os cenários: 1 (SM - sem moratória) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

Tabela A.11 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos) para o procedimento 2 (Tabela A.1).

Valores médios	M_5anos	M_15anos	M_50anos
\bar{C} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B}_d (ton)	<i>b</i>	<i>ab</i>	<i>a</i>
\bar{I}_m (anos)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{k} (ano^{-1})	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_m (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_{cap} (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>

Tabela A.12 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 2 (M_5anos) para o procedimento 2 (Tabela A.2).

Valores médios	SM	M_5anos
\bar{C} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B}_d (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{I}_m (anos)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{k} (ano^{-1})	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_m (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_{cap} (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>

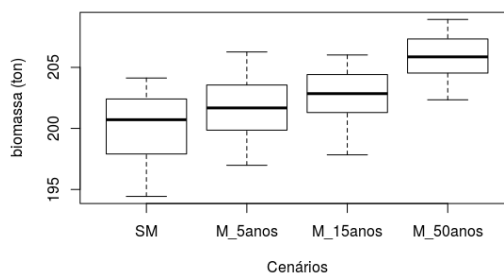
Tabela A.13 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 3 (M_15anos) para o procedimento 2 (Tabela A.3).

Valores médios	SM	M_15anos
\bar{C} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B}_d (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{I}_m (anos)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{k} (ano^{-1})	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_m (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_{cap} (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>

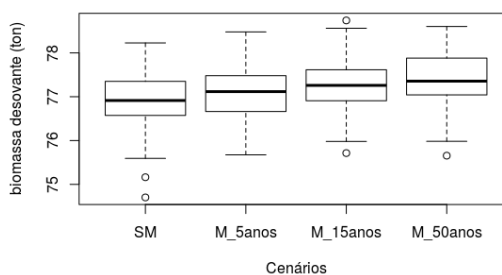
Tabela A.14 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM) e 4 (M_50anos) para o procedimento 2 (Tabela A.4).

Valores médios	SM	M_50anos
\bar{C} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B}_d (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{I}_m (anos)	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{k} (ano^{-1})	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_m (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>
L_{cap} (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>

Figura A.8 – Box-plot das características populacionais para o procedimento 3.

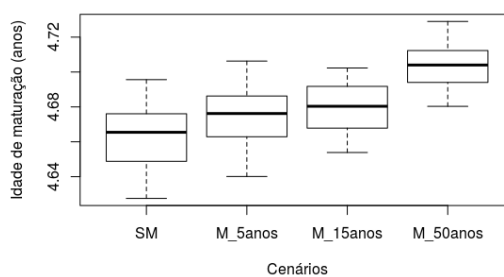


(a) Box-plot da biomassa para os cenários: 1 (SM), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

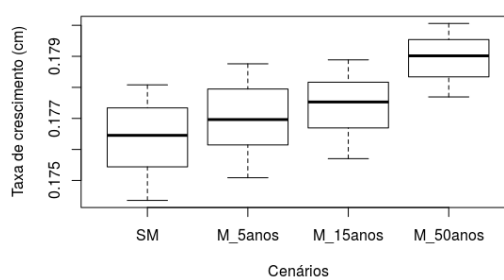


(b) Box-plot da biomassa desovante para os cenários: 1 (SM), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

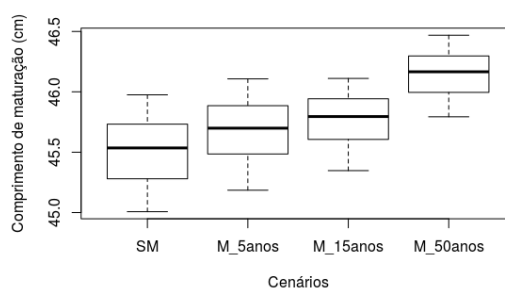
Figura A.9 – Box-plot das características fenotípicas para o procedimento 3.



(a) Box-plot da idade de maturação para os cenários: 1 (SM), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

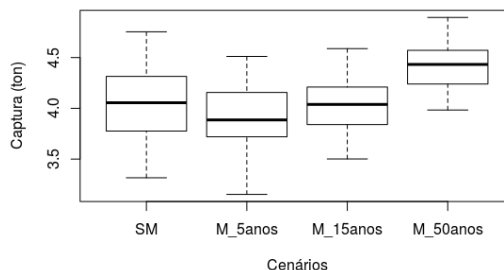


(b) Box-plot da taxa de crescimento para os cenários: 1 (SM), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

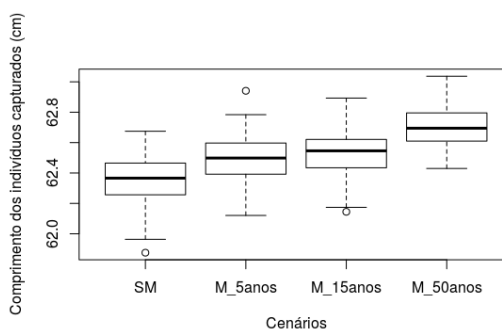


(c) Box-plot do comprimento de maturação para os cenários: 1 (SM), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

Figura A.10 – Box-plot da captura e do comprimento dos indivíduos capturados para o procedimento 3.



(a) Box-plot da captura para os cenários: 1 (SM), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).



(b) Box-plot do comprimento dos indivíduos capturados para os cenários: 1 (SM), 2 (M_5anos - moratória de 5 anos), 3 (M_15anos - moratória de 15 anos) e 4 (M_50anos - moratória de 50 anos).

Tabela A.15 – Teste de Tukey para captura (\bar{C}), biomassa (\bar{B}), biomassa desovante (\bar{B}_d), idade de maturação (\bar{I}_m), taxa de crescimento (\bar{k}), comprimento de maturação (\bar{L}_m) e comprimento dos indivíduos capturados simulados para um estoque de dourado sujeito a pesca seletiva nos cenários 1 (SM), 2 (M_5anos), 3 (M_15anos) e 4 (M_50anos) para o procedimento 3 (Tabela A.5).

Valores médios	SM	M_5anos	M_15anos	M_50anos
\bar{C} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B} (ton)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{B}_d (ton)	<i>b</i>	<i>ab</i>	<i>ab</i>	<i>a</i>
\bar{I}_m (anos)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{k} (ano^{-1})	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
\bar{L}_m (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
L_{cap} (cm)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis.

Variáveis	Modelo	Parâmetros	Estimativas
L_m	ARIMA(1,1,0)	constante	73,90
		ϕ_1	0,9905
B	ARIMA(1,1,0)	constante	695,17
		ϕ_1	0,9894
B_d	ARIMA(1,1,0)	constante	187,94
		ϕ_1	0,9840
k	ARIMA(1,1,0)	constante	0,1206
		ϕ_1	0,9903
I_m	ARIMA(1,1,0)	constante	4,89
		ϕ_1	0,9892
C	ARIMA(1,1,0)	constante	82,96
		ϕ_1	0,9741
L_{cap}	ARIMA(1,1,0)	constante	90,36
		ϕ_1	0,9944

Tabela B.2 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 1.

Variáveis	Modelo	Parâmetros	Estimativas
L_m	ARIMA(1,1,0)	constante	46,02
		ϕ_1	0,9659
B	ARIMA(3,1,2)	constante	204,63
		ϕ_1	2,2288
		ϕ_2	- 2,0444
		ϕ_3	0,8017
		θ_1	- 1,3001
		θ_2	0,7103
B_d	ARIMA(3,1,2)	constante	77,28
		ϕ_1	1,5473
		ϕ_2	- 1,2542
		ϕ_3	0,2812
		θ_1	- 0,9487
		θ_2	0,5352
k	ARIMA(1,1,0)	constante	0,1784
		ϕ_1	0,9768
I_m	ARIMA(1,1,0)	constante	4,70
		ϕ_1	0,9323
C	ARIMA(4,1,0)	constante	4,36
		ϕ_1	0,3357
		ϕ_2	0,1653
		ϕ_3	0,1413
		ϕ_4	0,1583
L_{cap}	ARIMA(1,1,1)	constante	62,61
		ϕ_1	0,9820
		θ_1	- 0,8015

Tabela B.3 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 2 (três moratórias).

Variáveis	Modelo	Parâmetros	Estimativas
L_m	ARIMA(1,1,0)	constante	45,85
		ϕ_1	0,9910
B	ARIMA(4,1,1)	constante	203,10
		ϕ_1	1,4441
		ϕ_2	- 0,6454
		ϕ_4	0,1982
		θ_1	- 0,5484
B_d	ARIMA(5,1,0)	constante	77,26
		ϕ_1	0,6276
		ϕ_2	- 0,1564
		ϕ_3	- 0,1459
		ϕ_4	- 0,1989
		ϕ_5	0,1574
k	ARIMA(1,1,0)	constante	0,1784
		ϕ_1	0,9768
I_m	ARIMA(1,1,0)	constante	4,69
		ϕ_1	0,9768
C	ARIMA(1,1,1)	constante	4,09
		ϕ_1	0,9962
		θ_1	- 0,7692
L_{cap}	ARIMA(1,1,1)	constante	62,56
		ϕ_1	0,9923
		θ_1	- 0,8294

Tabela B.4 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 2 (SM-M5).

Variáveis	Modelo	Parâmetros	Estimativas
L_m	ARIMA(1,1,0)	constante	45,59
		ϕ_1	0,9823
B	ARIMA(1,1,0)	constante	201,19
		ϕ_1	0,9628
B_d	ARIMA(1,1,0)	constante	77,04
		ϕ_1	0,5516
k	ARIMA(1,1,0)	constante	0,1781
		ϕ_1	0,9649
I_m	ARIMA(1,1,0)	constante	4,67
		ϕ_1	0,9613
C	ARIMA(1,1,0)	constante	3,98
		ϕ_1	0,5213
L_{cap}	ARIMA(1,1,0)	constante	62,43
		ϕ_1	0,3850

Tabela B.5 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 2 (SM-M15).

Variáveis	Modelo	Parâmetros	Estimativas
L_m	ARIMA(1,1,0)	constante	45,66
		ϕ_1	0,9857
B	ARIMA(5,1,0)	constante	201,55
		ϕ_1	0,8349
		ϕ_5	0,1538
B_d	ARIMA(4,1,0)	constante	77,14
		ϕ_1	0,6301
		ϕ_2	- 0,2583
		ϕ_4	- 0,1911
k	ARIMA(1,1,0)	constante	0,1770
		ϕ_1	0,9900
I_m	ARIMA(1,1,0)	constante	4,67
		ϕ_1	0,9569
C	ARIMA(2,1,0)	constante	4,11
		ϕ_1	0,4482
		ϕ_2	0,3581
L_{cap}	ARIMA(2,1,2)	constante	62,44
		ϕ_1	1,9700
		ϕ_2	- 0,9716
		θ_1	- 1,8700
		θ_2	0,8800

Tabela B.6 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 2 (SM-M50).

Variáveis	Modelo	Parâmetros	Estimativas
L_m	ARIMA(1,1,0)	constante	46,00
		ϕ_1	0,9912
B	ARIMA(1,1,0)	constante	204,57
		ϕ_1	0,9713
B_d	ARIMA(5,1,1)	constante	77,30
		ϕ_1	1,5192
		ϕ_2	- 0,7242
		ϕ_5	0,1983
		θ_1	- 0,9377
k	ARIMA(1,1,0)	constante	0,1783
		ϕ_1	0,9969
I_m	ARIMA(1,1,0)	constante	4,69
		ϕ_1	0,9626
C	ARIMA(2,1,0)	constante	4,44
		ϕ_1	0,4435
		ϕ_2	0,2738
L_{cap}	ARIMA(1,1,1)	constante	62,59
		ϕ_1	0,9974
		θ_1	- 0,8866

Tabela B.7 – Estimativas dos parâmetros dos modelos para as seguintes variáveis no procedimento 3.

Variáveis	Modelo	Parâmetros	Estimativas
L_m	ARIMA(1,1,0)	constante	45,78
		ϕ_1	0,9876
B	ARIMA(5,1,0)	constante	202,10
		ϕ_1	0,8053
		ϕ_5	0,1877
B_d	ARIMA(6,1,0)	constante	77,18
		ϕ_1	0,6175
		ϕ_3	- 0,2227
		ϕ_6	0,2169
k	ARIMA(1,1,0)	constante	0,1773
		ϕ_1	0,9926
I_m	ARIMA(1,1,0)	constante	4,68
		ϕ_1	0,9713
C	ARIMA(1,1,1)	constante	4,09
		ϕ_1	0,9849
		θ_1	- 0,6550
L_{cap}	ARIMA(1,1,1)	constante	62,48
		ϕ_1	0,9959
		θ_1	- 0,8151

Tabela B.8 – Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanho mínimo de 80 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0$.

γ	NB	qE	\bar{C}	\bar{B}
0,01	1	0,01485	1,00	67,32
0,02	1	0,02939	1,93	65,66
0,03	1	0,04374	2,80	64,02
0,05	1	0,07151	4,34	60,69
0,12	1	0,12999	4,46	34,31
0,25	1	0,19312	4,21	21,80
0,20	2	0,20825	4,29	20,60
0,30	1	0,21329	4,30	20,16
0,35	1	0,22979	4,32	18,80
0,40	1	0,24505	4,33	17,67
0,30	2	0,25044	4,31	17,21
0,50	1	0,26646	4,21	15,80
0,60	1	0,28492	4,10	14,39
0,40	3	0,29646	3,94	13,29
0,70	1	0,29750	3,93	13,21
0,80	1	0,31029	3,86	12,44
0,90	1	0,32017	3,73	11,65
0,90	3	0,32278	3,16	09,79
0,90	10	0,35142	2,85	08,11
0,90	5	0,35238	2,96	08,40
0,90	20	0,37809	2,14	05,66
0,90	60	0,38478	1,82	04,73
0,90	40	0,40288	1,12	02,78

Tabela B.9 – Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanho mínimo de 85 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0$.

γ	NB	qE	\bar{C}	\bar{B}
0,01	1	0,01331	0,90	67,61
0,02	1	0,02626	1,74	66,26
0,03	1	0,03898	2,53	64,89
0,04	1	0,05133	3,26	63,51
0,05	1	0,06355	3,95	62,15
0,07	1	0,08708	5,18	59,48
0,10	1	0,11816	6,29	53,23
0,12	1	0,11881	4,73	39,81
0,15	1	0,13417	4,61	33,36
0,14	1	0,13459	5,16	38,34
0,20	1	0,16403	5,18	31,58
0,35	1	0,18728	4,27	22,80
0,25	1	0,18840	5,49	29,14
0,40	1	0,19818	4,35	21,95
0,20	2	0,20395	5,68	27,85
0,30	1	0,20909	5,70	27,26
0,50	1	0,21580	4,48	20,76
0,60	1	0,22780	4,49	19,71
0,80	1	0,24636	4,57	18,55
0,90	3	0,27524	4,58	16,64
0,90	5	0,28691	4,43	15,44
0,90	10	0,30857	4,03	13,06
0,90	20	0,33173	3,45	10,40
0,90	40	0,34753	3,10	08,92
0,90	60	0,35314	3,03	08,58
0,99	60	0,35335	3,00	08,49
0,99	160	0,35586	2,79	07,84

Tabela B.10 – Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanhos, mínimo e máximo de, 90 e 115 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0$.

γ	NB	qE	\bar{C}	\bar{B}
0,01	1	0,00716	0,51	71,25
0,02	1	0,01436	1,01	70,33
0,03	1	0,02161	1,50	69,42
0,04	1	0,02876	1,97	68,49
0,05	1	0,03598	2,43	67,54
0,07	1	0,05028	3,30	65,63
0,14	1	0,09735	4,67	47,97
0,20	1	0,13224	4,61	34,86
0,25	1	0,15349	5,03	32,77
0,40	1	0,15839	4,02	25,38
0,30	2	0,16182	4,06	25,09
0,20	2	0,16620	5,29	31,83
0,30	1	0,17001	5,34	31,41
0,50	1	0,17224	4,22	24,50
0,40	3	0,19083	4,41	23,11
0,70	1	0,19085	4,42	23,16
0,80	1	0,21632	4,93	22,79
0,90	1	0,22272	4,98	22,36
0,90	3	0,22425	4,66	20,78
0,90	5	0,23423	4,64	19,81
0,90	10	0,24840	4,67	18,80
0,90	20	0,26185	4,75	18,14
0,90	40	0,27364	4,63	16,92
0,90	60	0,28364	4,49	15,83
0,99	60	0,28636	4,45	15,54
0,90	160	0,29255	3,73	12,75
0,99	160	0,37657	3,70	12,52

Tabela B.11 – Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanho mínimo de 80 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0,5$.

γ	NB	qE	\bar{C}	\bar{B}
0,01	1	0,01456	0,92	63,19
0,02	1	0,02854	1,74	60,97
0,03	1	0,04218	2,47	58,56
0,04	1	0,05536	3,11	56,18
0,05	1	0,06807	3,66	53,77
0,07	1	0,09143	4,44	48,56
0,10	1	0,12098	4,96	41,00
0,12	1	0,13775	5,09	36,95
0,14	1	0,15321	5,18	33,81
0,15	1	0,16041	5,21	32,48
0,20	1	0,18941	5,08	26,82
0,25	1	0,21089	4,84	22,95
0,30	1	0,22854	4,66	20,39
0,35	1	0,24406	4,52	18,52
0,40	1	0,25736	4,37	16,98
0,30	2	0,26217	4,31	16,44
0,50	1	0,27827	4,11	14,77
0,60	1	0,29345	3,85	13,12
0,40	3	0,30359	3,64	11,99
0,70	1	0,30530	3,63	11,89
0,80	1	0,31507	3,45	10,95
0,90	1	0,32293	3,31	10,25
0,90	3	0,34180	2,69	07,87
0,90	5	0,35199	2,39	06,79
0,90	10	0,36765	2,00	05,44
0,90	20	0,38402	1,49	03,88
0,90	40	0,40230	0,70	01,74

Tabela B.12 – Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanho mínimo de 85 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0,5$.

γ	NB	qE	\bar{C}	\bar{B}
0,01	1	0,01322	0,84	63,56
0,02	1	0,02594	1,59	61,30
0,03	1	0,03827	2,27	59,31
0,04	1	0,05027	2,88	57,29
0,05	1	0,06166	3,40	55,14
0,07	1	0,08247	4,16	50,44
0,10	1	0,10665	4,54	42,57
0,12	1	0,12063	4,73	39,21
0,14	1	0,13393	4,93	36,81
0,15	1	0,14042	5,02	35,75
0,20	1	0,16608	5,18	31,19
0,25	1	0,18347	5,06	27,58
0,20	2	0,19315	4,96	25,68
0,30	1	0,19592	4,90	25,01
0,35	1	0,20746	4,84	23,33
0,30	2	0,22026	4,74	21,52
0,50	1	0,23248	4,71	20,26
0,60	1	0,24364	4,60	18,88
0,40	3	0,25292	4,55	17,99
0,70	1	0,25430	4,58	18,01
0,80	1	0,26197	4,54	17,33
0,90	1	0,26762	4,48	16,74
0,90	3	0,28757	4,21	14,64
0,90	5	0,29859	4,01	13,43
0,90	10	0,31364	3,61	11,51
0,90	20	0,32844	3,13	09,53
0,90	40	0,34315	2,68	07,81
0,90	60	0,35159	2,44	06,94
0,99	60	0,35312	2,38	06,74
0,90	160	0,37475	1,87	04,99
0,99	160	0,37657	1,80	4,78

Tabela B.13 – Valores médios do qE , da captura (\bar{C}) e da biomassa (\bar{B}) para diferentes probabilidades do peixe ser encontrado γ e respectivo número de barcos (NB) para um estoque de pintado sujeita à pesca seletiva com tamanhos, mínimo e máximo de, 90 e 115 cm e probabilidade de ocorrer mutação no fenótipo de $\omega = 0,5$.

γ	NB	qE	\bar{C}	\bar{B}
0,01	1	0,00793	0,51	64,28
0,02	1	0,01583	1,00	63,16
0,03	1	0,02364	1,46	61,75
0,04	1	0,03144	1,90	60,43
0,05	1	0,03932	2,32	59,01
0,07	1	0,05458	3,05	55,88
0,10	1	0,07689	3,90	50,72
0,12	1	0,09077	4,27	47,04
0,14	1	0,10419	4,53	43,48
0,15	1	0,11040	4,64	42,03
0,20	1	0,13728	4,99	36,35
0,25	1	0,15549	5,01	32,22
0,20	2	0,16491	5,02	30,44
0,30	1	0,16756	4,99	29,78
0,35	1	0,17597	4,95	28,13
0,40	1	0,18324	4,92	26,85
0,30	2	0,18613	4,91	26,38
0,50	1	0,19492	4,91	25,19
0,60	1	0,20367	4,88	23,96
0,40	3	0,21046	4,87	23,14
0,70	1	0,21114	4,89	23,16
0,80	1	0,21616	4,87	22,53
0,90	1	0,22132	4,88	22,05
0,90	3	0,23840	4,83	20,26
0,90	5	0,24715	4,77	19,30
0,90	10	0,25963	4,65	17,91
0,90	20	0,27311	4,49	16,44
0,90	40	0,28784	4,26	14,80
0,90	60	0,29686	4,07	13,71
0,99	60	0,29933	4,02	13,43
0,90	160	0,31877	3,43	10,76
0,99	160	0,32126	3,37	10,49
0,99	260	0,33224	3,03	09,12
0,99	360	0,33815	2,81	08,31