

**AVALIAÇÃO DOS PROVÁVEIS EFEITOS DO ENCHIMENTO DO
RESERVATÓRIO DE TIJUCO ALTO SOBRE A PRODUÇÃO
PESQUEIRA DA MANJUBA *ANCHOVIELLA LEPIDENTOSTOLE*
(FOWLER, 1911) NA REGIÃO DE IGUAPE, SP**

CURITIBA, DEZEMBRO DE 2007





Universidade Federal do Paraná
Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais



PARECER CIENTÍFICO: Avaliação dos prováveis efeitos do enchimento do reservatório de Tijuco Alto sobre a produção pesqueira da manjuba *Anchoviella lepidentostole* (Fowler, 1911) na região de Iguape, SP

EXECUÇÃO: Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais (GIA) e

EQUIPE EXECUTORA:

Ph.D. Walter A. Boeger
(Oceanólogo)

Dr. Antonio Ostrensky
(Oceanólogo)

Ph.D. Marcio Pie
(Biólogo)

Dra. Débora Pestana
(Bióloga)

Curitiba, 20 de dezembro de 2007.

OBJETIVO

Este parecer tem como objetivo avaliar, à luz dos dados e informações científicas existentes, os prováveis efeitos do enchimento do reservatório de Tijuco Alto sobre a produção pesqueira da manjuba *Anchoviella lepidentostole* (Fowler, 1911) na região de Iguape, SP.

INTRODUÇÃO

Anchoviella lepidentostole (Fowler, 1911) (manjuba-de-iguape) se distribui do sul da Venezuela até a Ponta da Cotinga, Paraná (Froese e Pauly, 2007). Trata-se de uma espécie migratória que procura águas com menor salinidade para a reprodução (espécie anádroma e eurialina). O início da safra pode variar entre setembro e outubro e o término entre março ou abril, o que não significa que possa haver ainda outras alterações nas datas de início e término da safra. A incerteza desses períodos é ocasionada pelas inúmeras variações ambientais que influenciam diretamente a entrada da manjuba no estuário (Carneiro, 2006).

A safra em Iguape corresponde à época do ano em que a espécie, formando grandes cardumes, migra do oceano para as águas do rio Ribeira do Iguape. As migrações são então periódicas e a espécie pode chegar a percorrer distâncias de até 140 km. Essas migrações estão associadas à desova e, à medida que penetram no Rio Ribeira do Iguape e Ribeira, os peixes vão maturando e desovando em parcelas (Saldanha, 2005).

Nesse período de migração constatou-se, através do estudo do regime alimentar, que ao se afastar do mar em direção à cabeceira do rio, a atividade alimentar da manjuba diminui (Rossi-Wongtschowski et al, 1990). Toda sua energia passa então a ser direcionada ao processo migratório de natação contra a corrente.

Os trabalhos mais completos acerca de sua biologia foram feitos por Câmara et al. (2001, com dados das safras de 1993 a 1995) e Rossi-Wongtschowski et al (1990, com dados de 85/86 - 12 meses). Ambos tiveram como objetivo identificar a estrutura da população da espécie ao longo do Rio Ribeira de Iguape e Rio Ribeira, desde a Barra do Icapara até Eldorado. Entre os parâmetros analisados estão os coeficientes de mortalidade natural, de mortalidade total, de mortalidade por pesca e taxa de exploração (

Tabela 1).

Evidências e alertas de sobrepesca são abundantes na literatura desde o começo da década de 90. Rossi-Wongtschowski et al. (1990) indicam que a taxa de exploração nessa época já havia atingido o limite máximo e que esforço de pesca maior do que o atual poderia resultar na falha de recrutamento e subsequente declínio da produção. Essa posição é consensual, reconhecendo-se que o estoque está sob intensa atividade de pesca e que não tem mais capacidade de responder de forma sustentada ao aumento do esforço de pesca (Câmara et al, 2001).

A situação atual da pesca da manjuba na região do Iguape é bem caracterizada por Mendonça (2004): *"Em Iguape, o cálculo da pesca da manjuba através dos modelos matemáticos de Jones e de Thompson & Bell, entre os anos de 1997 e 2001, não traz resultados muito animadores. A biomassa (quantidade de animais de uma espécie em uma determinada área) sofreu redução acima de 15%, o rendimento (quantidade de animais pescado) apresentou pouca variação, exceto na safra de 1998/99, quando chegou a cair 39%. A produtividade dessa espécie apenas aumentará caso haja uma redução de 70% no esforço de pesca, e isso não passa de sonho"*.

Os coeficientes de mortalidade por pesca e as taxas de exploração, apesar dos menores valores de produção, foram maiores na década de 90 em comparação com a de 80, sinalizando que o estoque não responde mais de forma sustentada a um aumento do esforço de pesca (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação entre os coeficientes de mortalidade natural, de mortalidade total, de mortalidade por pesca e taxa de exploração, determinados por Rossi-Wongtschowski et al. (1990) e Câmara et al (2001).

	Anos 80 (85/86) Rossi-Wongtschowski et al. (1990)	Anos 90 (93/94/95) Câmara et al. (2001)
Mortalidade natural (M)	1,19*	0,94-1,05
	1,17	
Mortalidade por pesca (F)	2,12*	2,93-3,35
	1,28	
Taxa de Exploração (E)	0,64*	0,74*
	0,52	
Coef. de Mortalidade (Z)	3,31*	3,61-3,62
	2,45	

*Dados do trabalho de Câmara et al (2001)

O complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape está localizado no extremo sul da costa paulista. Apresenta duas ligações principais com o oceano, a primeira ao norte, através de um único canal (Mar Pequeno - Barra de Icapara) e a segunda ao sul, dividindo-se em dois ramos (Mar de Cananéia e Mar de Cubatão - Baía de Trapandé), os quais circundam a Ilha de Cananéia. A circulação dentro do sistema é dirigida principalmente pela ação das ondas de maré, que entram pelas barras de Cananéia e Icapara, e pela contribuição da água doce de diversos rios. Sofre ainda, em algumas ocasiões, a influência do vento. De modo geral, a salinidade aumenta com a profundidade, apresentando, em determinadas fases da maré, uma acentuada haloclina a meia profundidade, que desaparece subseqüentemente, tornando a coluna d'água uniforme (Mishima et al., 1985).

Desde o século passado, este sistema é influenciado por um canal, denominado Valo Grande, construído na porção norte do sistema estuarino lagunar, com o objetivo de facilitar a navegação na parte final do rio Ribeira de Iguape. O canal tem cerca de 3 km de comprimento e logo após a sua construção apresentava 4,40 m de largura (Besnard, 1950 apud Mendonça & Katsuragawa, 2001). Mas, atualmente, devido à erosão nas bordas, tem mais de 300 m de largura, fazendo com que a maior parte da vazão do rio Ribeira escoe por ele, acarretando grande efeito sobre o ecossistema como um todo, principalmente devido à diminuição da salinidade (Mendonça & Katsuragawa, 2001).

METODOLOGIA

Foram investigadas várias séries temporais históricas envolvendo tanto aspectos da produção de manjubas na região como dados sobre a vazão do Rio Ribeira e Ribeira do Iguape. Estes dados tiveram diversas fontes (Ex. Instituto de Pesca, Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE-SP), publicações científicas, teses e dissertações) e níveis de abrangência, que serão explicitados de acordo com a análise realizada.

Foram empregados vários métodos estatísticos para a análise de dados, incluindo autocorrelação e correlação cruzada, métodos especialmente desenvolvidos para análises de séries temporais. Detalhes de cada método serão apresentados junto com os seus respectivos resultados.

Após a apresentação dos resultados das análises realizadas, será apresentada uma série de perguntas e respostas com o intuito de embasar nossas conclusões sobre a relação entre produção da manjuba-do-iguape e a redução de vazão esperada com o enchimento do reservatório do Tijuco Alto.

RESULTADOS – ANÁLISES BÁSICAS

ESTADO ATUAL DO RECURSO PESQUEIRO

A avaliação dos prováveis impactos não só da construção da represa do Tijuco Alto, mas de qualquer atividade antrópica sobre a produção pesqueira da manjuba na região do Rio Ribeira do Iguape é hoje absolutamente indissociável do esforço de pesca praticado sobre a espécie em questão. Por isso, para que seja possível avaliar o efeito da restrição da vazão hídrica sobre a pesca da manjuba em si, é mister se avaliar primeiro o estado atual deste recurso.

A

Figura 1 mostra números relativos à produção da manjuba na região de Iguape entre os anos de 1998 e 2005, segundo dados do Instituto de Pesca - APTA - SAA – SP, em contraponto com dados sobre o número de unidades produtivas atuando

na área no mesmo período. Embora os dados no primeiro ano possam ser artificialmente baixos, em função dos esforços de monitoramento destas atividades estarem ainda incipientes e incompletos naquela época, os dados dos anos seguintes apontam consistentemente para um estado de sobreexploração deste recurso pesqueiro.

Os dados indicam que a popularização do uso da arte de pesca denominada "emalhe de deriva-superfície (corrico)", que se tornou mais prevalente nos anos de 2004 e 2005, pode estar levando a uma severa depressão nos estoques pesqueiros de *A. lepidentostole* na região (Figura 2).

Com isso, a sustentabilidade dos estoques de manjuba em médio e longo prazo dependerá da adoção de medidas urgentes de regulação, gerenciamento e manejo deste recurso pesqueiro.

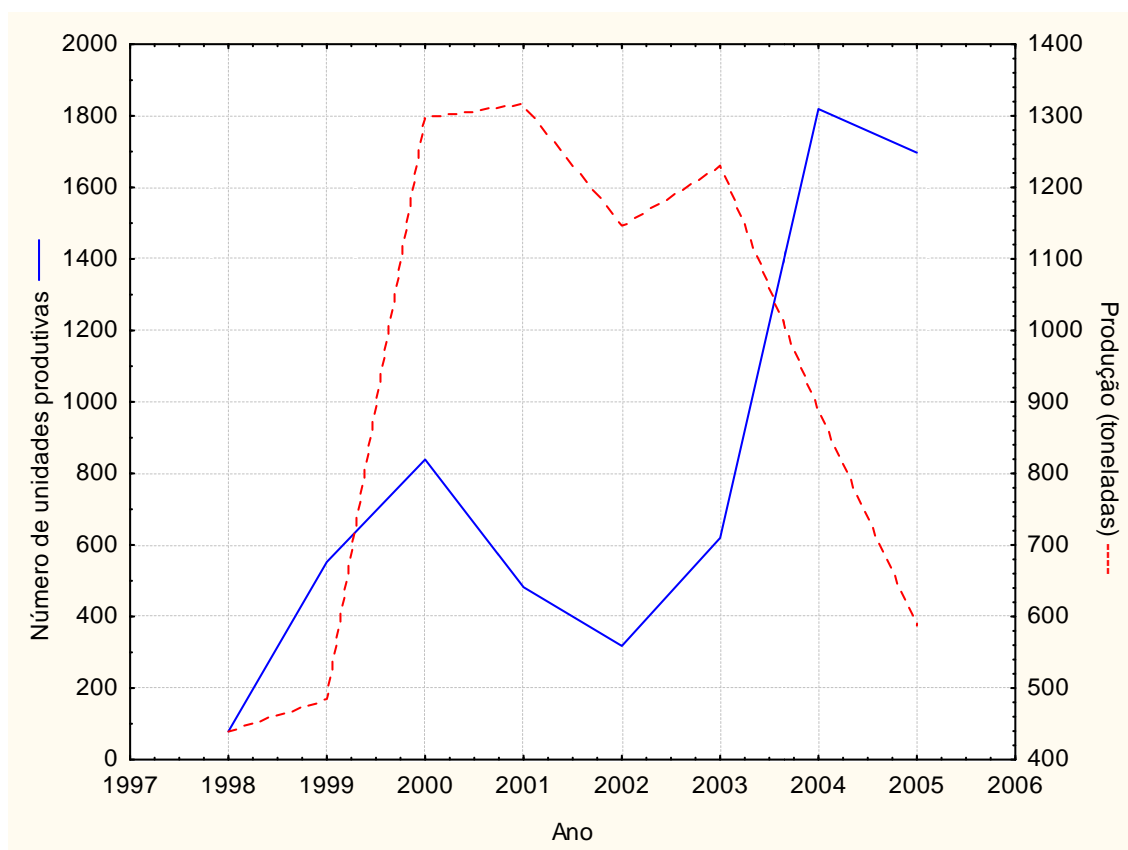


Figura 1.Variação na produção da manjuba (*Anchoviella lepidentostole*) na região de Iguape, SP, entre 1998 e 2005, e no número de unidades produtivas (puçás, corrico e manjubeiras) operando na região. Fonte: Instituto de Pesca - APTA - SAA - SP - www.pesca.sp.gov.br.

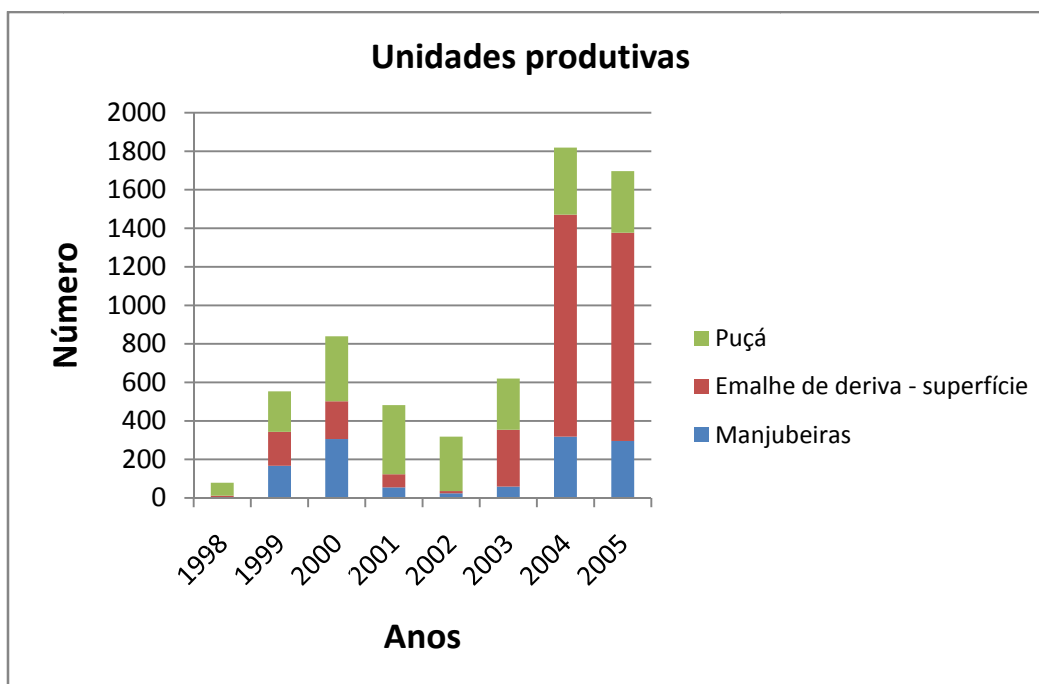


Figura 2. Número de unidades produtivas envolvidas na pesca da manjuba na região de Iguape entre os anos de 1998 e 2005. Fonte: Instituto de Pesca - APTA - SAA - SP - www.pesca.sp.gov.br

RELAÇÃO ENTRE A VAZÃO E PRODUÇÃO DA MANJUBA

Será apresentada uma série de análises buscando a caracterização da relação entre a vazão do Rio Ribeira ou do Rio Ribeira do Iguape e os valores de produção da manjuba, tanto em curto como em longo prazo (meses e anos, respectivamente). Estas análises envolveram dados obtidos por publicações do Instituto de Pesca - APTA - SAA - SP (produção e captura por unidade de esforço (CPUE)) e dados de vazão em diferentes pontos pelo DAEE.

CORRELAÇÃO ENTRE A VAZÃO E A PRODUÇÃO PESQUEIRA EM LONGO PRAZO (ANOS)

Idealmente, seria mais apropriada a utilização dos dados de vazão do ponto fluviométrico da DAEE denominado de 6F-002 (Ribeira Balsa, 24°38'25"S, 49°00'18"W) para o teste da associação entre a vazão e a produção de manjuba (medida em termos de produção desembarcada em toneladas). Esta é a estação amostral é a mais próxima da área para a qual está projetada a construção do reservatório do Tijuco Alto. Porém, os dados para este ponto só estão disponíveis para o período entre 1976 e 1982. Por isso, repetimos a análise com os dados de vazão do ponto 4F-015 (Sete Barras, 24°23'35"S 47°55'30"W) por ser mais completo e por apresentar uma correlação elevada e altamente significativa com o ponto original ($r = 0,9315$; $p < 0,0001$).

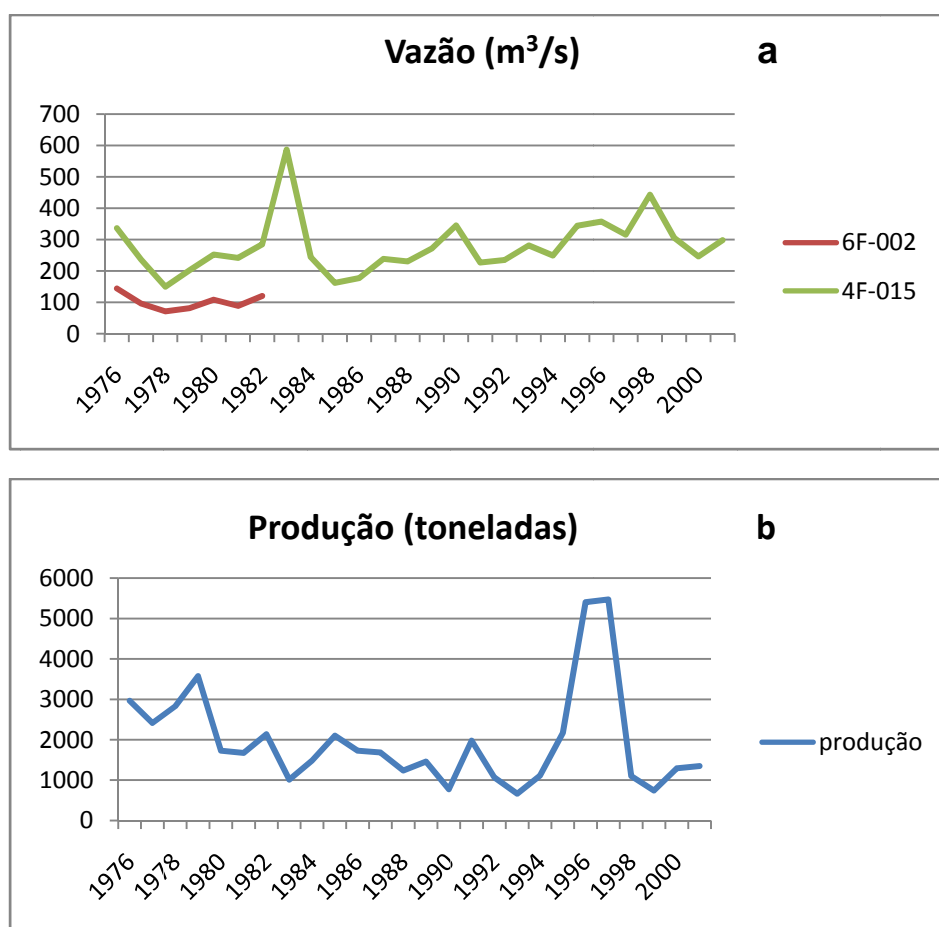


Figura 3. A vazão em dois pontos do Rio Ribeira (Ribeira Balsa e Sete Barras, gráfico a) e a produção de manjubas (gráfico b) no período entre 1976 e 2001.

Na escala anual, não houve relação entre a vazão e a produção pesqueira da manjuba entre 1976 e 2001 no ponto 4F-015 ($r = -0,0595$; $p = 0,7730$), nem para o ponto 6F-002 ($r = -0,1244$; $p = 0,7905$) (Figura 3).

Como a entrada da manjuba na região estuarina e no rio é provavelmente o evento mais influenciado pela variação de vazão do rio e essa entrada ocorre primordialmente entre outubro e março, foi decidido avaliar também a existência de relação entre as vazões médias detectadas nesse período do ano e a produção anual da manjuba. Mais uma vez, a correlação é considerada estatisticamente não significativa ($r^2 = 0,1332$; $p = 0,0728$). Ou seja, estatisticamente, não se pode afirmar que a vazão do rio no período da subida da manjuba tenha influência significativa sobre a produção anual da espécie.

A AUSÊNCIA DE CORRELAÇÃO POSITIVA ENTRE VAZÃO E PRODUÇÃO ANUAL DA MANJUBA É UM FATOR PREVIAMENTE CONHECIDO. Giamas et al (1988), apesar de concluírem por uma relação inversa entre vazão e produção da manjuba (em toneladas) anual ($r = -0,84$) informam que a análise de variância não apresentou resultados estatisticamente significativos ($p > 0,05$). De fato, a correlação foi baseada apenas em quatro pontos e, portanto, ela própria não teria poder estatístico e seria

inerentemente não significativa. Mesmo assim, pode-se afirmar que este resultado corrobora com aquilo que está sendo apontado por nossas análises.: a ausência de comprovação científica inequívoca da relação entre vazão e a produção anual de manjuba na região.

O mesmo resultado foi aqui obtido ao se relacionar a captura por unidade de esforço (kg/h) e vazão do Rio Ribeira no período de 1998 a 2005 ($r = 0,2543$; $p = 0,54$). Estas análises indicam claramente que **a dinâmica do estoque pesqueiro em escalas de tempo maiores (anos) também não é diretamente afetada pela vazão do rio.**

RELAÇÃO ENTRE A VAZÃO E A PRODUÇÃO PESQUEIRA DA MANJUBA EM CURTO PRAZO (MESES)

Os dados mais consistentes e que permitem uma análise mais acurada da relação entre a vazão do Rio Ribeira e a CPUE associadas com as pesca da manjuba envolvem o período entre 1998 e 2006. Foram analisadas a vazão do rio na região de Registro e a captura por unidade de esforço (CPUE (em kg por pescador por hora de trabalho)) através de uma análise de regressão linear. Esses dados foram recuperados do Parecer Técnico sobre a pesca de manjuba no município de Iguape (Mendonça, s/d).

Essa análise aponta para uma relação significativa e positiva entre as variáveis estudadas, com indicado na Figura 4 ($r = 0,48$; $p = 0,0000005$). Contudo, também neste caso é preciso contextualizar os resultados obtidos na análise realizada. O parâmetro estatístico aqui utilizado é o coeficiente de determinação (r^2), que mede a redução da variabilidade total de uma variável (produtividade pesqueira) associada com o uso de um outro conjunto de variáveis (vazão). Assim, apesar de significativo, esses resultados apontam que a vazão só explicaria 23% da variabilidade na CPUE. Em outras palavras, qualquer tentativa de prever a produção mensal de manjuba através da **estimativa da CPUE utilizando os valores de vazão incorpora automaticamente uma margem inerente de erro que chega a 77%. Insuficiente, portanto, para que se possa fazer qualquer previsão minimamente confiável sobre eventuais reduções da captura de manjuba em função da diminuição da vazão do Rio Ribeira ou do Rio Ribeira do Iguape.** Além disso, a grande variabilidade dos valores de CPUE observados resultou em um intervalo de confiança de 95% com grande sobreposição entre as vazões mais baixas e as mais altas

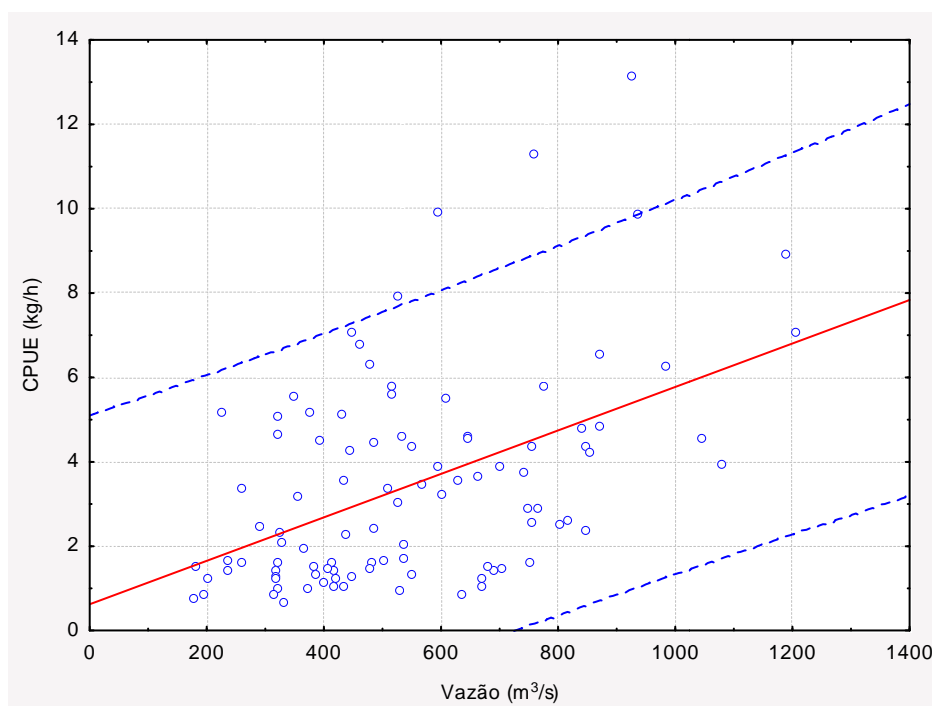


Figura 4. Relação entre a vazão do Rio Ribeira e a captura por unidade de esforço (CPUE) da pesca de manjubas. Em vermelho, a regressão ajustada.

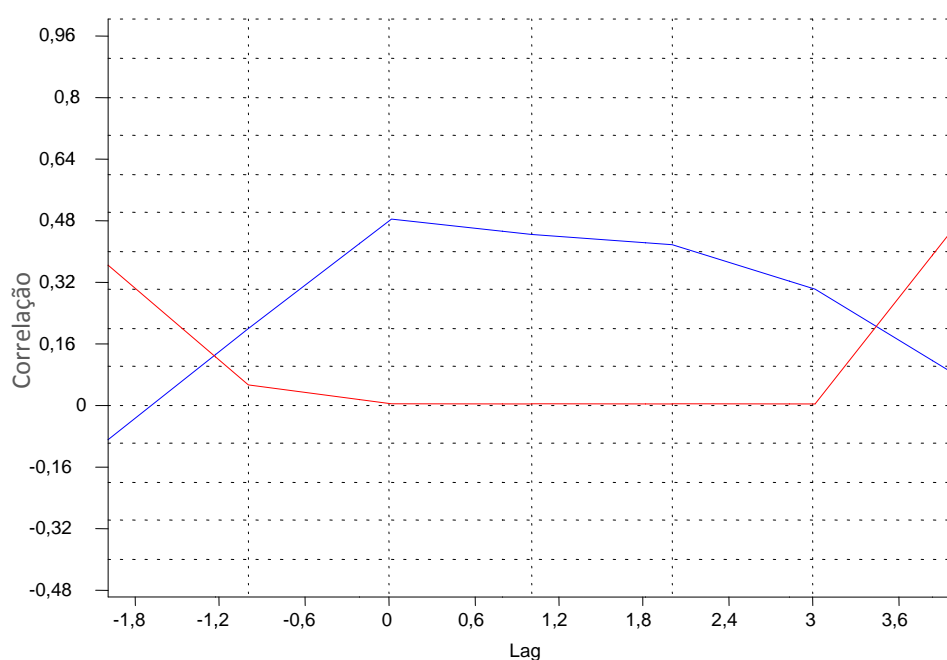


Figura 5. Análise de correlação cruzada entre a vazão do Rio Ribeira e a captura por unidade de esforço (CPUE) de manjubas utilizando lags (diferenças temporais) de 1 mês. A linha em azul representa os valores do coeficiente de correlação (r) e em vermelho, a linha representa o grau de significância da relação.

Uma análise de correlação cruzada foi realizada com o mesmo o objetivo de tentar estabelecer de forma mais acurada a relação temporal entre vazão e CPUE. Seu resultado é apresentado na Figura 5. Essa análise indica que a vazão observada em um determinado mês tem influência também temporalmente limitada sobre a CPUE de períodos subseqüentes. Mais especificamente, o regime de vazão observado em um determinado mês influencia principalmente a CPUE da manjuba desse mesmo mês (com todas as limitações já apresentadas anteriormente) e, em menor intensidade, a CPUE dos três meses subseqüentes

Essa interação entre as duas variáveis pode resultar da autocorrelação intrínseca de cada um dos dados, que também é significativa em uma escala de 3 meses (Figura 6, Figura 7). Ou seja, a extensão de 2-3 meses de influência representa provavelmente um artefato associado ao fato de que os valores observados em um determinado mês (tanto de vazão como de CPUE) são altamente autocorrelacionados. Se uma vazão média alta é observada em um mês, os meses subseqüentes tendem a apresentar vazões de mesma intensidade. Isto é facilmente compreendido a partir do entendimento de que a vazão de um corpo d' água é diretamente proporcional à pluviosidade nas cabeceiras dos rios e que existem períodos do ano mais ou menos chuvosos. Por isso, a variável "vazão" é intrinsecamente autocorrelacionada.

O mesmo ocorre com a CPUE da manjuba. A captura da manjuba é fundamentalmente costeira ou fluvial e depende do comportamento de subida dos peixes nos rios por se tratar de uma espécie anádroma. Os trabalhos desenvolvidos na região indicam que existe uma seqüência contínua de entrada, desde os animais mais velhos (cerca de 3 anos), que penetram o estuário por volta de outubro de cada ano, seguido por levas subseqüentes de animais de classes de tamanho cada vez menores, até março do ano subseqüente. De abril a setembro não há entradas conspícuas de cardumes nos estuários. Conseqüentemente, esse padrão biológico resulta em inevitável autocorrelação. Portanto, o resultado da correlação cruzada (Figura 6) aparentemente representa um artefato do tipo de dados analisados (altamente autocorrelacionados)

Desta forma, a influência da vazão sobre a CPUE da manjuba tende a apresentar uma influência temporal bastante limitada.

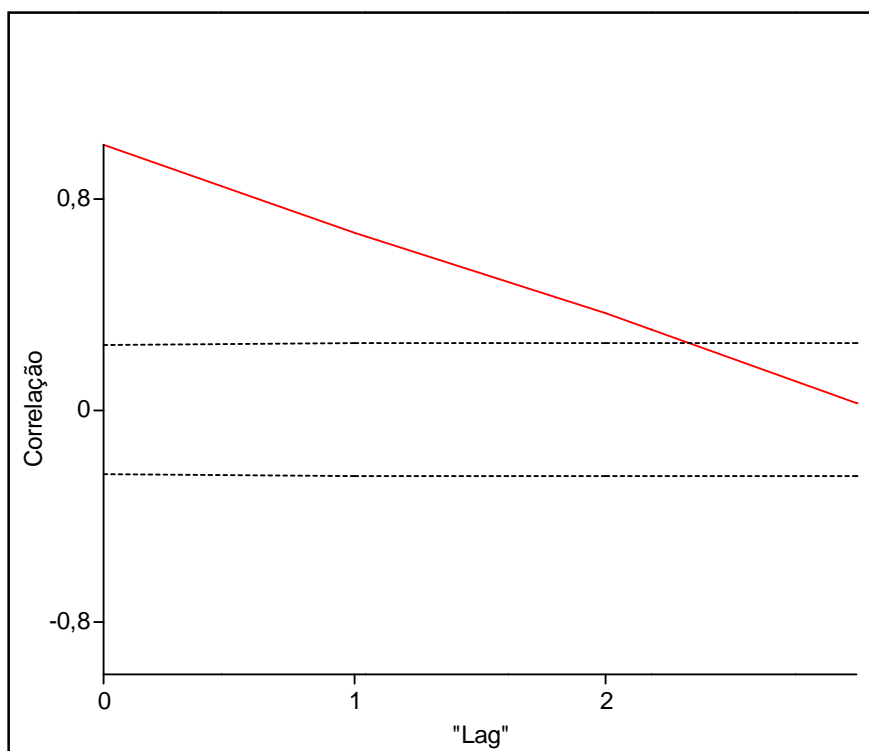


Figura 6. Autocorrelação na série temporal de captura por unidade de esforço (CPUE).

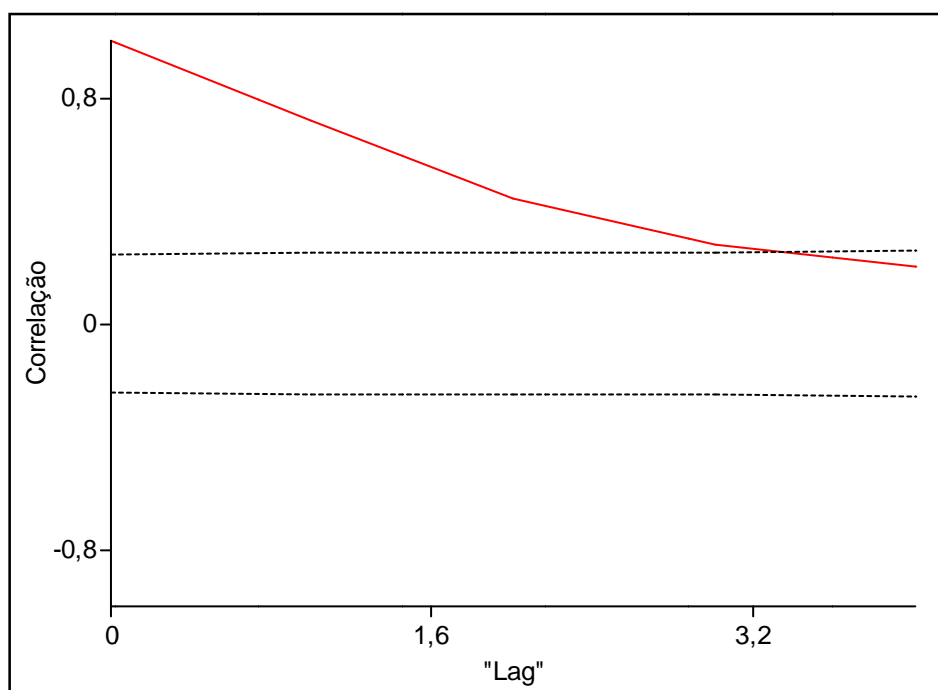


Figura 7. Autocorrelação na série temporal de vazão do Rio Ribeira do Iguape.

EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS SOBRE A ASSOCIAÇÃO ENTRE A VAZÃO DE ÁGUA DOCE E A PRODUÇÃO DA MANJUBA NA REGIÃO DO RIBEIRA DO IGUAPE

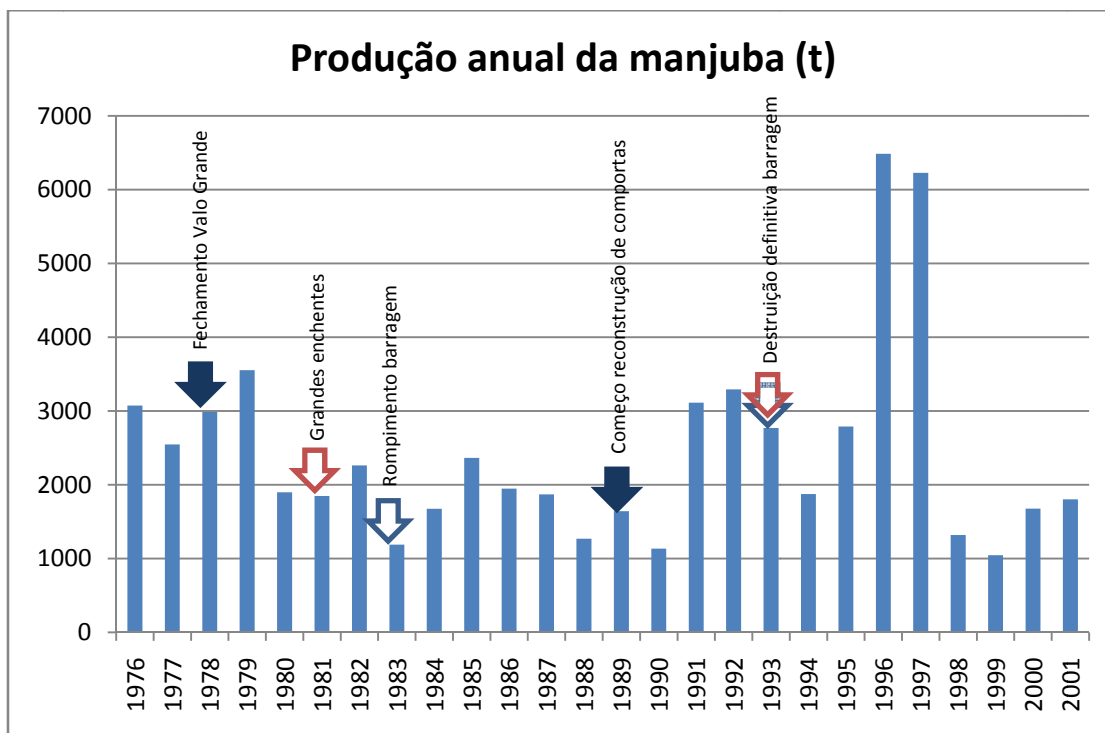


Figura 8. Histograma de produção da manjuba na região do Ribeira do Iguape (em toneladas) com marcos considerados importantes na associação entre aporte de água doce e a produção pesqueira da espécie (fonte: Carneiro, 2005). Seta azul=eventos de redução de aporte de água doce. Seta vermelha vazada=enchentes (aumento de aporte de água doce). Seta azul vazada=aumento accidental de aporte de água doce.

Muito se discute sobre a relação entre o aporte de água doce e a produção da manjuba na região do Ribeira-Iguape baseado em evidências empíricas. A discussão remonta à construção do Valo Grande e persiste até hoje. Uma revisão do histórico dessas discussões é apresentada por Carneiro (2005) e resumida e contextualizada na Figura 8. A discussão tem sua origem na mudança do ambiente representado pelo Mar Pequeno. Com a construção do Valo Grande no século 19, a salinidade local do Mar de Dentro foi drasticamente reduzida, afastando dali várias espécies marinhas de interesse comercial. Nessa situação, a manjuba, que é atraída para ambientes salobros e de água doce em períodos de reprodução, tornou-se uma das poucas pescarias viáveis nesse corpo de água.

Diversos eventos de enchentes, fechamento do Valo Grande e subsequente abertura são freqüentemente associados a maiores ou menores níveis de produção da manjuba. Em geral, a abertura do Valo Grande é associada por pescadores ao aumento da disponibilidade da manjuba e, por conseguinte, muitos associam isso ao aumento da produção pesqueira da espécie. Entretanto, a análise, mesmo superficial, da Figura 8 coloca em xeque essas associações.

Aberto no século 19, como comentado anteriormente, o Valo Grande foi fechado em 1978. A produção de manjuba, entretanto, foi elevada nesse ano e no ano seguinte. O inverso ocorreu com a nova tentativa de fechamento em 1989, envolvendo a instalação de eclusas. Durante este período, entretanto, o fechamento nunca ocorreu completamente e um volume considerável de água doce continuou a ser liberada no Mar de Dentro. Nesse último evento, a redução do fluxo de água doce de fato ocorreu em um período de baixa produção da manjuba (vide produção dos anos 1980-1990).



Figura 9. Mapa da região do estuário do Rio Ribeira do Iguape.

Analogamente, o aumento do fluxo de água doce no Mar de Dentro não pode ser incontestavelmente associado à maior produção anual da manjuba. Enquanto o rompimento da barragem do Valo Grande, em 1983, parece estar associado com um aumento perceptível da produção de manjuba, o mesmo não ocorre nas grandes enchentes de 1981 (Figura 10) e 1993. Nesses dois casos, a produção subsequente teve visível queda. **Assim, mesmo a análise empírica de eventos associados ao aporte de água doce no Mar de Dentro ou mesmo de aumento de vazão na foz do Rio Ribeira do Iguape através de enchentes memoráveis, suporta a conclusão das análises estatísticas previamente apresentadas. Não existe correlação detectável entre a vazão e a produção anual de manjuba na região.**

A eliminação do aporte de água doce na região do Mar de Dentro, com conseqüente aumento da salinidade local, provavelmente representou uma redução na área disponível para captura da manjuba que não era mais atraída para esse local. Cardumes de manjuba aparentemente buscaram outros estuários, incluindo o estuário

que originalmente representava a única via de entrada do rio Ribeira do Iguape, a Barra do Ribeira. Pescadores da região do Iguape certamente notaram a redução da captura no Mar de Dentro o que exigiu uma mudança de pontos de pesca. Essa deve ter sido a razão principal que os levou a associar a produção com as alterações do fluxo de água doce pelo Valo Grande.



Figura 10. Tribuna do Ribeira, 31 de janeiro a 6 de fevereiro de 1981 (retirado de Carneiro, 2005).

OUTRAS ESPÉCIES

A grande maioria dos trabalhos que avaliam a influência da vazão de rios sobre comunidades e biologia de peixes de água doce lida principalmente com a mudança do regime de vazão imposta pela instalação de reservatórios (Bunn e Arthington, 2002).

O pouco que se conhece sobre o efeito da vazão sobre a migração rio acima por peixes anádromos é grandemente relacionado à migração de salmões na América do Norte e Europa. Salmões são peixes de porte médio a grande que penetram rios de tamanhos variados para realizar a reprodução em trechos de corredeiras a montante. Uma série de publicações sugere que a vazão da água, de fato, influencia diretamente a entrada no estuário e migração rio acima (Vadas, 2000; Svendsen et al., 2004). Entretanto, em rios de porte médio a grande, como é o caso do rio Ribeira do Iguape e do Rio Ribeira, essa relação inexistente (Lilja & Romakkaniemi, 2003; Karppinen et al., 2004).

Em geral, o grau de impacto associado com a vazão do rio depende de características do próprio rio, de outras variáveis ambientais e das características biológicas da espécie de interesse (Vadas, 2000; Heggenes & Saltveit, 1996). Não

existe, portanto, uma hipótese geral que possa explicar a regulação dos processos de migração rio acima por espécies anádromas.

DISCUSSÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

Com base nos resultados apresentados acima, fica evidente que a vazão média do Rio Ribeira e do Rio Ribeira do Iguape tem alguma influência sobre a produção de manjuba em curto prazo. Entretanto, nenhuma evidência de correlação em longo prazo (i.e. anual) existe. Mesmo a correlação detectada em curto prazo é fraca, uma vez que apenas 23% da variação na produção mensal de manjuba pode ser explicada pela vazão média mensal do rio. Os 77% restantes são relacionados a outras causas que não a vazão de água doce neste sistema analisado. Ressalta-se, mais uma vez, que essa correlação, como concluímos, é limitada ao mesmo mês no qual a vazão é medida, não se estendendo aos meses subsequentes.

A influência temporalmente limitada da vazão sobre a CPUE é certamente sobrepujada por outros fatores que também influenciam a pesca da manjuba na região ao longo de um ano. Assim, o que parece ser uma correlação evidente em curto prazo, torna-se irrelevante em longo prazo. Outros fatores que devem estar influenciando a captura da manjuba e sua produção anual são certamente tanto de origem antrópica como ambiental e de interação bastante complexa. Todavia, o atual estado da arte de conhecimento sobre a espécie e os dados disponíveis de produção e de vazão do Rio Ribeira e do Rio Ribeira do Iguape impedem o desenvolvimento de modelos previsivos suficientemente eficientes.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a baixíssima correlação (evidenciada pelo coeficiente de determinação - r^2) detectada entre CPUE e vazão. Qualquer previsão da produção ou produtividade de pesca da manjuba com base na vazão do Rio Ribeira ou do Rio Ribeira do Iguape resultará em um erro inerente de 77% (!). Uma das conclusões mais explícitas dessa análise é que, mesmo que a redução da vazão crie algum tipo de impacto sobre a pesca da manjuba na região, existe uma grande probabilidade desse ser imperceptível.

Todavia, com o objetivo de exemplificar essa situação, foram estimadas CPUE's a partir de vazões médias históricas medidas entre 1990 e 2001, considerando a situação considerada normal (histórica) e a reduzida em consequência do enchimento do Reservatório do Tijuco Alto. A fórmula utilizada foi deduzida pela reta apresentada na Figura 5 e é a seguinte:

$$\text{CPUE (kg/h)} = 0,6226 + 0,0052 * \text{vazão (m}^3/\text{s)}$$

Foram consideradas as vazões observadas em Registro, por razões práticas e biológicas. As estações fluviométricas de Registro são aquelas localizadas mais próximas ao estuário do Rio Ribeira do Iguape e, biologicamente, esse ponto está localizado dentro do trecho no qual a manjuba se reproduz e até onde a pesca mais intensa ocorre. Conforme documento encaminhado ao Ministério Público sobre a redução da vazão do Rio Ribeira durante o enchimento do Reservatório do Tijuco Alto, a redução de vazão na região de Registro será de cerca de 19%. Assim, esse valor foi

utilizado no cálculo de vazões médias mensais reduzidas, a serem consideradas na estimativa de CPUE mensal (Figura 11). A escolha de áreas próximas ao estuário para utilização da vazão e estimação da CPUE está diretamente relacionada à associação, tanto por pesquisadores como por leigos, de que a vazão tem sido associada diretamente com a entrada da manjuba no estuário do sistema fluvial.

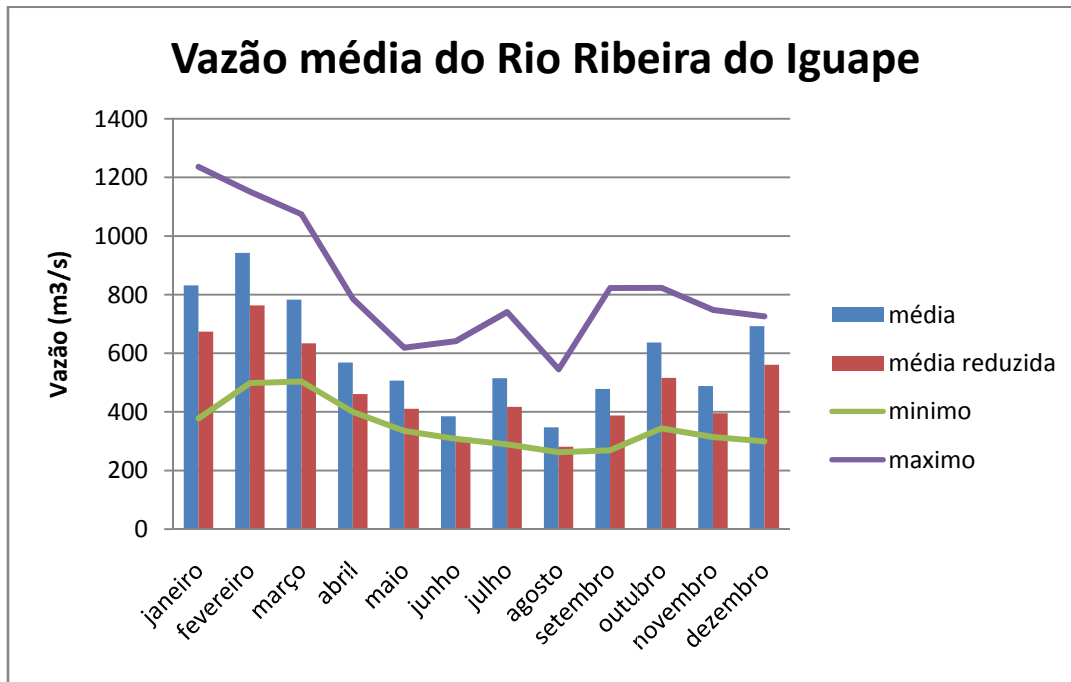


Figura 11. Comparação das vazões médias, máximas e mínimas do Rio Ribeira na região de Registro, considerando as médias mensais de 1990 a 2001. A vazão média reduzida, durante o enchimento do reservatório do Tijuco Alto foi calculada considerando uma redução local média de 19%.

Devido à carência de dados mensais disponíveis para a análise, o modelo linear idealizado acima, que envolve a relação entre a vazão e CPUE, não é corrigido para a disponibilidade da manjuba ao longo do rio. Esse modelo considera que esse recurso pesqueiro encontra-se disponível ao longo de todo o ano, o que não é verdade. Assim, para incorporar esse fator adicional nos valores calculados, as CPUE estimadas foram corrigidas pela fórmula:

$$\text{CPUE corrigido/mês} = \text{CPUE estimado/mês} * (\text{proporção/mês da produção anual total} * 10)$$

A "proporção/mês da produção anual total" foi calculada com base na produção mensal dos anos 1998 a 2005 (Figura 12). A produção mensal é considerada um indicador da disponibilidade do recurso nas áreas de pesca de interesse. Essa proporção foi multiplicada por dez por razões puramente ilustrativas, uma correção para produzir valores de CPUE condizentes com aqueles observados na pesca local. Essa transformação matemática dos dados não afeta a relação entre os valores

estimados de CPUE médias esperadas e CPUE médias estimadas para a situação de redução de vazão.

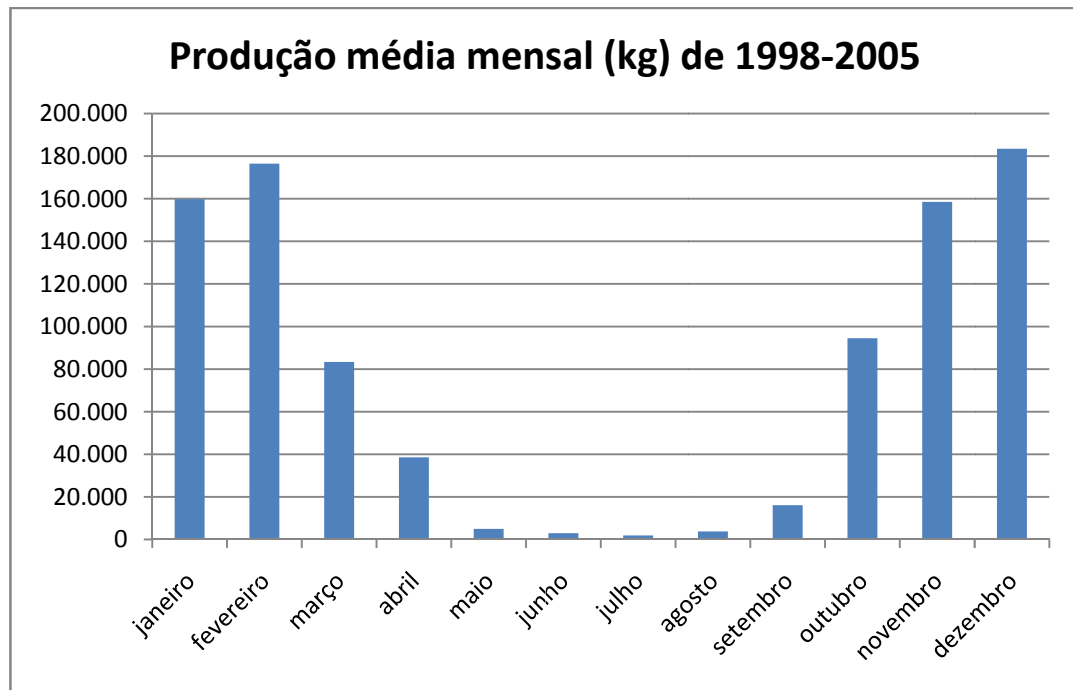


Figura 12. Produção mensal média de manjuba na região do Iguape (Kg) para os anos de 1998-2005.

O resultado dessa simulação é apresentado na Figura 13. Ambas as linhas de CPUE estimadas (CPUE e CPUE reduzida) apresentam uma variação semelhante à curva de CPUE real apresentada no Parecer Técnico sobre a pesca de manjuba no município de Iguape (Mendonça, s/d). A Captura por Unidade de Esforço é alta nos meses nas quais as manjuba estão mais expostas à pesca na região (outubro a março) e baixa fora da temporada reprodutiva da espécie. Exceto no período mais produtivo de novembro-fevereiro, os intervalos de confiança de 95% de ambas as curvas se sobrepõem significativamente. Isso coloca em questionamento, mais uma vez, a capacidade de utilizar-se apenas a vazão para estimar as respectivas CPUEs e reforça a idéia que, pelo menos no período de final de fevereiro a meados de novembro, é muito provável que diferenças no esforço de captura não sejam sentidas durante o enchimento do reservatório.

É ainda importantíssimo lembrar que a simulação acima foi baseada na regressão obtida entre a produtividade e vazão mensais. As análises considerando o período de um ano foram incapazes de detectar qualquer tipo de relação significativa entre essas duas variáveis. Assim, as retas observadas na Figura 13 são apenas ilustrativas, ao mesmo tempo que exprimem em si uma enorme incerteza. Variações de outros fatores ambientais e antropogênicos podem (e devem) resultar em variações não previstas de valores de CPUE que, ao longo do ano, mascaram qualquer influência

em curto espaço de tempo (mensal) que a vazão possa exercer sobre a capturabilidade de manjuba.

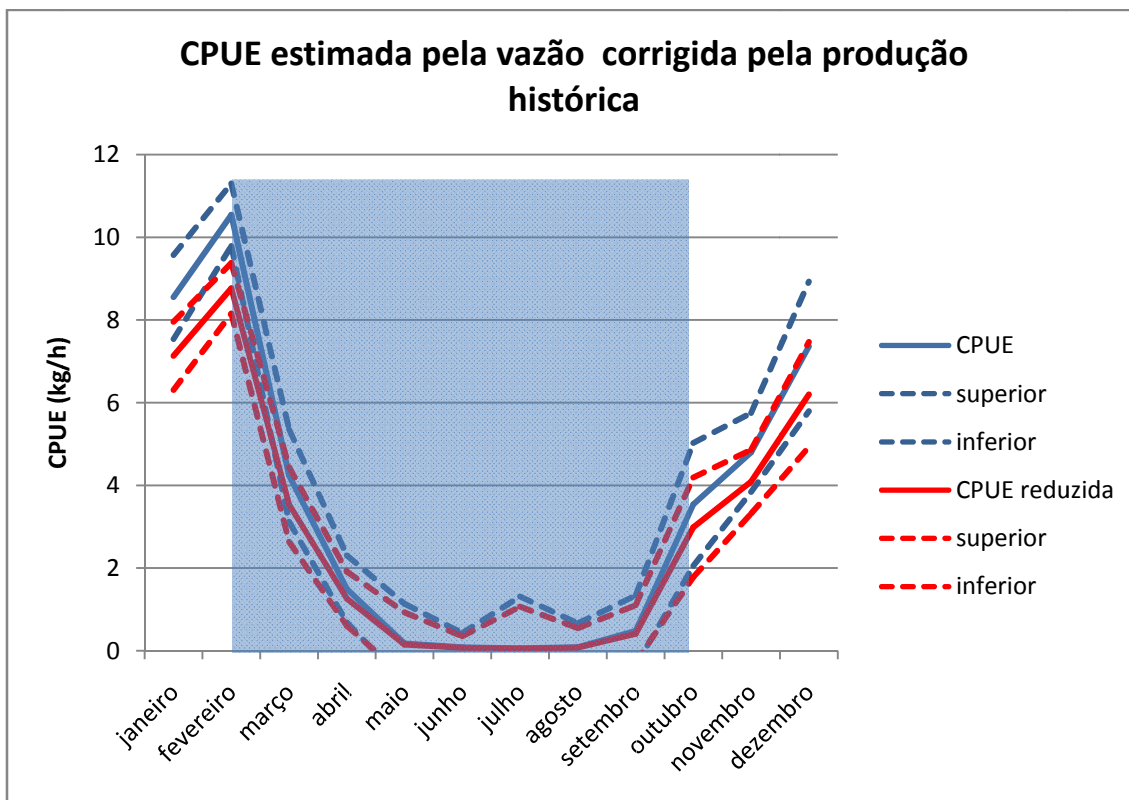


Figura 13. Estimativa de CPUE mensal da manjuba considerando a vazão média do rio Ribeira na região de Registro em condições normais (CPUE) e de vazão reduzida a 19% (CPUE reduzida). O intervalo de confiança de 95% para cada conjunto de estimativas é indicado pelas retas pontilhadas de mesma cor (superior e inferior). O quadrado em azul representa o período mais adequado para o enchimento do reservatório.

Um exemplo excepcional dessa não previsibilidade do esforço de pesca e da produção pesqueira a partir da vazão é consequência da análise do texto da notícia da Figura 10 e da safra da manjuba na região para o período. As altas vazões do Rio Ribeira do Iguape em 1981 aparentemente prejudicaram a entrada dos cardumes de manjuba no rio (nesse caso, o inverso do que espera a sabedoria popular e as conclusões de alguns estudos) e a produção dessa safra (1980-81, vide Figura 8) foi significativamente menor do que aquela observada nos anos subsequentes ao fechamento do Valo Grande (que eliminou o aporte de água doce no Mar de Dentro)!

Assim, é inevitável concluir que, com base nas análises realizadas nesse documento, **não existem evidências cientificamente consistentes que a redução da vazão do Rio Ribeira venha a promover mudanças perceptíveis na produção anual da manjuba na região.** Ainda, apesar de ser de difícil percepção, é possível que, dependendo do ano durante o qual o enchimento irá ocorrer, ocorram reduções

mensais na captura da manjuba, mas, conforme nossas análises, devem ser compensadas por variações não previsíveis ao longo da safra. A escolha do período de enchimento pode ainda contribuir para reduzir ainda mais a probabilidade de acidentes na produção de um determinado mês e, portanto, recomenda-se que o enchimento seja realizado entre meados de fevereiro e outubro. Nesse período o impacto sobre a entrada dos cardumes e a reprodução da espécie devem ser mínimos.

CONCLUSÕES

As conclusões serão apresentadas no formato de perguntas e respostas. As respostas são baseadas nas análises apresentadas aqui e em evidências disponíveis na literatura.

1. O enchimento do reservatório de Tijuco-Alto irá prejudicar a entrada dos cardumes da manjuba no período?

Essa certamente é a pergunta que fomentou a associação entre a produção pesqueira anual da manjuba com a vazão do Rio Ribeira. É evidente que a produção pesqueira dessa espécie é diretamente proporcional ao número e tamanho dos cardumes que anualmente nadam rio adentro e acima. O que não é evidente é que a vazão tenha uma influência direta e positiva sobre essa entrada. Além de não ter sido encontrada nenhuma relação entre a vazão média anual com a produção anual, tentativas de associar essa produção com os meses durante os quais a manjuba penetra no estuário não demonstraram nenhuma correlação estatisticamente significativa.

*Assim, considerando o estudo que indica que a redução de vazão na região da foz do Rio Ribeira do Iguape, durante o enchimento do reservatório do Tijuco Alto, será menos expressiva do que as reduções historicamente observadas nesse corpo d'água, **não existe nenhuma evidência de que a alteração de 14% da vazão média nessa área represente um fator negativo, que impeça ou prejudique a entrada da espécie no estuário.***

Devido à correlação positiva encontrada entre a CPUE e a vazão média mensal, sugere-se que o enchimento ocorra em períodos entre meados de fevereiro e outubro. Durante esse período, qualquer influência imediata (curto prazo) sobre a entrada da manjuba tende a ser minimizada.

2. O enchimento do reservatório de Tijuco-Alto terá impacto negativo sobre a pesca da manjuba?

Apesar da análise ter indicado a existência de uma correlação incipiente entre vazão mensal e CPUE, todas as evidências sugerem que variações na captura ao longo do período de safra sejam suficientes para compensar eventuais flutuações de produção de longo prazo (anual). Ou seja, se as condições

ambientais (ex. pluviosidade) estiverem dentro dos valores médios registrados nos anos recentes, **espera-se que o impacto, se existir, seja muito limitado (quando considerada uma escala temporal de abrangência mensal) a imperceptível (quando considerado em termos de uma escala anual de produção).**

3. O que poderá acontecer com a pesca em áreas mais próximas ao reservatório, nas quais a vazão será reduzida mais significativamente?

A pesca da manjuba é realizada mais intensamente da região estuarina até a região de Registro. Nesse trecho, conforme relatório apresentado pela concessionária, a redução da vazão será da ordem de até 19% (considerando vazão média mensal). Assim, não se espera nenhuma alteração negativa na captura de manjuba nesse trecho. Trechos mais a montante no rio, que estarão sob reduções mais significativas de vazão (ex. região de Eldorado) poderão sofrer redução na captura da manjuba.

Todavia, Ressalta-se que é impossível dissociar os índices de captura do esforço de pesca da manjuba aplicado na região. Se uma eventual redução de abundância ocorrer em zonas mais próximas ao reservatório, espera-se que haja uma mudança na setorização da captura, com maiores capturas em trechos mais a jusante. Ressalta-se, porém, que por absoluta falta de dados pretéritos, essa conclusão sobre a redução local dos índices de captura, tem caráter apenas especulativo, baseado em pressupostos relacionados à aparente reofilia da espécie. Entretanto, ainda que ocorra essa redução local nos índices de captura, a produção total deverá se manter dentro dos valores médios registrados em anos recentes, caso o esforço de pesca se mantenha inalterado.

4. O que pode acontecer com a reprodução da manjuba com essa vazão reduzida?

*A reprodução da manjuba, de acordo com Rossi-Wongtschowski et al (1990) ocorre entre Jairê e Registro (40 e 70 km da foz, respectivamente) de novembro a abril. O fluxo de água nesse trecho irá sofrer redução relativamente pouco expressiva (14-19%), conforme modelo disponibilizado sobre a alteração de vazão esperada. Por isso, o **único risco evidente para a reprodução da espécie seria o excesso de pesca sobre o estoque em reprodução devido a uma eventual concentração de cardumes nos trechos mais a jusante. Todavia, se o período de defeso tiver sido definido corretamente e for adequadamente fiscalizado, alterações no processo reprodutivo da espécie não são esperadas.***

REFERÊNCIAS

- Bunn, S. E. e Arthington, A.H. 2004. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. Vol. 30 (4).
- Câmara, J.J.C. da; Cergole, M.C.; Campos, E.C.; Barbieri, G. 2001 Estrutura populacional, crescimento, mortalidade e taxa de exploração do estoque de manjuba *Anchoviella lepidentostole* (Pisces, Engraulidae) do rio Ribeira do Iguape, Sudeste do Estado de São Paulo, Brasil, durante o período de 1993 a 1996. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 27(2): 219-230.
- Carneiro, R.R.S. 2005. A pesca da manjuba (*Anchoviella lepidentostole*) e o canal do Valo Grande: uma relação de (des)continuidade em Iguape-SP. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia Humana da Faculdade de Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
- Froese, R. & D. Pauly. Editors. 2007. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (acessado em 11/2007).
- Hammer, O., Harper, D.A.T., & P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Heggenes, J., Saltveit, S.J. 1996. Predicting fish habitat use to changes in water flow: Modeling critical minimum flows for Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *S. trutta*. *Regul. Rivers: Res. Manage.* 12(2-3): 331-344.
- Karppinen P., J. Erkinaro, E. Niemelä, K. Moen & F. Økland. 2004. Return migration of one-sea-winter Atlantic salmon in the River Tana. *Journal of Fish Biology* 64:5, 1179-1192.
- Lilja J. e A. Romakkaniemi. 2003. Early-season river entry of adult Atlantic salmon: its dependency on environmental factors. *Journal of Fish Biology* 62:1, 41-50
- Limno-Tech, Inc. & Slivitzky, M. 2002. A literature review on ecological impacts.. Prepared for The Great Lakes Commission.
- Mendonça, J. T. & Katsuragawa, M. 2001. Caracterização da pesca artesanal no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, estado de São Paulo, Brasil (1995-1996). *Acta Scientiarum*, Maringá, v.23(2):535-547.
- Mendonça, J.T. S/D .Parecer técnico sobre a pesca de manjuba no município de Iguape. Instituto de Pesca – APTA/SAA – Núcleo do Litoral Sul.
- Mishima, M.; Yamanaka, N.; Pereira, O.M.; Chagas Soares, F.; Sinque, C.; Akaboshi, S.; Jacobsen, O. Hidrografia do complexo estuarino-lagunar de Cananéia (25° S - 48° W), São Paulo, Brasil. I - Salinidade e temperatura (1973 a 1980)

- Saldanha, I. R. R. 2005. **Espaços, recursos e conhecimento tradicional dos pescadores de manjuba (*Anchoviella lepidentostole*) em Iguape/SP**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PROCAM), Universidade de São Paulo (USP)
- Svendsen J. C. , A. Koed e K. Aarestrup. 2004. Factors influencing the spawning migration of female anadromous brown trout. *Journal of Fish Biology* 64, 528–540
- Vadas, R. L. 2000. Instream-flow needs for anadromous salmonids and lamprey of the Pacific coast, with special reference to the Pacific southwest. *Environmental Monitoring & Assessment* 64: 331-358.
- Wongtschowski, C. L. D. B. R. ; Bendazoli, A. ; Cergole, M. C. ; Cipolli, M. C. ; Cremonesi, M. N. ; Dias, J. F. ; Frosh, L. ; Giamas, M. T. D. ; Godinho, C. ; Katopodis, G. ; Louro, M. P. ; Pinto, Y. L. ; Santos, L. E. ; Takino, M. ; Vermulm Jr, H. 1991.. *Biologia, Comportamento e Avaliação de estoque da Manjuba (*Anchoviella lepidentostole*) no rio Ribeira de Iguape, SP*. In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo, 1990, Águas de Lindóia. Anais do Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo. São Paulo : Academia Brasileira de Ciências, 1990. v. 2. p. 325-339.