



MODELAGEM MATEMÁTICA AMBIENTAL

ANÁLISE DA PRODUÇÃO PESQUEIRA NA REGIÃO DA BARRAGEM DA UHE - TUCURUÍ

Carolyne Ribeiro Gomes Dias¹; Cícero Matheus da Silva Lacerda²; Adriano Prysthon da Silva³

¹ Graduanda de Engenharia Ambiental, UFT – Campus Palmas, dias.carolyne@mail.uft.edu.br

² Graduando de Engenharia Elétrica, UFT – Campus Palmas, cicermatheus@mail.uft.edu.br

³ Pesquisador, EMBRAPA – Pesca e Aquicultura, adriano.prysthon@embrapa.com

RESUMO

A pesca artesanal tem uma grande importância na renda, na manutenção alimentar e preservação cultural das comunidades nas quais está presente, de tal modo que modificações em sua produção podem ter efeitos socioeconômicos e culturais significativos. Partindo desse pressuposto, este trabalho visa analisar o comportamento da pesca artesanal na região da UHE –Tucuruí, a qual mudou significativamente o curso do rio e os ambientes de pesca. Tais análises foram feitas por meio de diagramas de dispersão e análises de regressão, por intermédio de scripts feitos na linguagem Python 3, que permitiram verificar que a produção a montante da barragem, ou seja no reservatório, é muito mais expressiva que a jusante, e também que a produção em ambas as localidades está decaindo gradativamente. Todavia, é válido ressaltar que as variáveis analisadas não podem por si só estabelecer uma hipótese que explique tal fato, necessitando, portanto, de uma análise que englobe mais variáveis.

Palavras-chave: pesca artesanal; reservatório hidrelétrico; diagrama de dispersão; análise de regressão.

INTRODUÇÃO

Localizada no estado do Pará no baixo curso do rio Tocantins, a Usina Hidrelétrica (UHE) de Tucuruí com 8.370MW de produção máxima é a maior em potência 100% brasileira, cujo funcionamento exigiu a formação de um lago artificial que inundou uma área de 2.830 km² em seu período de cheia máxima. (ELETRONORTE, 1989, apud Santana; et al., 2014). A formação de tal reservatório configurou um dos dois ambientes influenciados pela obra, sendo o segundo o curso a jusante, que tem sua vazão controlada pela abertura das comportas para a produção de energia, causando assim a alteração no regime hidrológico tanto a jusante quanto a montante da UHE.

No processo de transformação de um ecossistema lótico em lêntico, a barragem impactou sobre as populações aquáticas, haja vista a diminuição do tamanho e do número de peixes de água corrente (ELETRONORTE, 2007, apud Santana; et al., 2014), obrigados a se adaptarem ao sistema de águas paradas. A grande extensão do ecossistema (entre os municípios de Cameté e Marabá) era um dos fatores que justificava a abundância de peixes na fase anterior ao barramento do rio, porém a barragem estabeleceu limites à população de peixes ao mudar o curso do rio de tal modo que acarretou em divergências de produção entre



os dois ambientes de pesca. O presente trabalho objetiva identificar e quantificar tais diferenças dos ambientes, bem como analisar o comportamento da produção anual com o passar do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de produção de pescado utilizados nesse trabalho foram cedidos pela ELETRONORTE ao projeto "Conhecimento e adaptação tecnológica para o desenvolvimento sustentável da pesca artesanal no rio Araguaia (TO)" financiado pela EMBRAPA – Pesca e Aquicultura, código SEG: 06.14.07.008.00.00, a qual os coletou como parte da atividade de acompanhamento de impactos gerados pelas atividades da UHE – Tucuruí. Foram coletados mensalmente pela empresa em 10 portos de desembarque na região, 5 a montante e 5 a jusante da barragem da usina. Os dados englobam os meses de Janeiro de 2006 a Dezembro de 2015, proporcionando uma comparação abrangente da produção pesqueira da região.

Para a realização desse trabalho, foi construído um script em Python® 3 para confecção dos gráficos, através do módulo pylab, e ajuste dos modelos. O primeiro passo foi gerar os diagramas de dispersão da média mensal de produção a partir dos anos de análise e produção anual total ao longo do tempo, com o intuito de observar a disposição dos dados e avaliar tendências.

Com os diagramas supracitados, é possível ver qual modelo matemático melhor descreve os pontos e fazer uma análise de regressão, a qual consiste em estudar a relação entre duas variáveis, sendo uma dependente e outra independente, e encaixá-las em um modelo (Henriques-Rodrigues, 2015). Ainda de acordo com a autora, é definida como Modelo de Regressão Linear Simples (MRLS) a seguinte função:

$$y = \alpha + \beta x$$

Onde y é a variável dependente, enquanto x é a independente. Os parâmetros α e β são determinados levando em conta os n pontos, conforme equações abaixo:

$$\alpha = y_{med} - \beta x_{med}$$
$$\beta = \frac{(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - n x_{med} y_{med}}{(\sum_{i=1}^n x_i^2) - n x_{med}^2}$$

Sendo:



- x_i e y_i as coordenadas do i -ésimo ponto;
- x_{med} e y_{med} os valores médios das respectivas coordenadas.

O coeficiente de relação linear, r , mede o grau de dependência entre as duas variáveis. Dessa forma, quanto mais próximo seu módulo for de 1, melhor será o ajuste. (Henriques-Rodrigues, 2015). Esse coeficiente pode ser calculado conforme equação abaixo:

$$r = \frac{(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - n x_{med} y_{med}}{\sqrt{[(\sum_{i=1}^n x_i^2) - n x_{med}^2] * [(\sum_{i=1}^n y_i^2) - n y_{med}^2]}}$$

No presente trabalho, o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial, caracterizado pela seguinte função, conforme (Pedrosa, 2011):

$$y = \beta_0 e^{-\beta_1 x}$$

Os parâmetros podem ser determinados aplicando-se logaritmo natural em ambos os lados, resultando no uso do modelo linear supracitado:

$$\ln y = \ln \beta_0 - \beta_1 x \rightarrow y' = \alpha + \beta x$$

Onde:

$$\ln \beta_0 = \alpha, \beta = -\beta_1 e y' = \ln y$$

Nesse caso, salienta-se ainda que o r calculado e mostrado nas seções posteriores foi feito com base no ajuste de y' ao MRLS.

Para o ajuste do modelo da produção total ao longo dos anos, foram usados os pontos normalizados. O processo de normalização consiste em expressar valores dentro de um intervalo pré-estabelecido a fim de facilitar o processamento dos dados (Heaton, 2013). Ainda conforme o autor, a normalização de um valor x para um dado intervalo é:

$$N(x) = \frac{(x - d_{inf}) * (n_{sup} - n_{inf})}{(d_{sup} - d_{inf})} + n_{inf}$$

Onde:

- d_{inf} é o limite inferior dos dados de entrada;
- d_{sup} é o limite superior dos dados de entrada;
- n_{inf} é o limite inferior do intervalo de normalização;
- n_{sup} é o limite superior do intervalo de normalização.



No presente trabalho, os dados foram normalizados dentro do intervalo [0,1], conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Intervalo de normalização dos dados

| Local | Limites de Entrada para Produção | | Limites de Entrada para Ano | |
|----------|----------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|
| | Superior | Inferior | Superior | Inferior |
| Montante | 5 970 000 | 3 980 000 | 2015 | 2006 |
| Jusante | 1 240 000 | 780 000 | 2015 | 2006 |

Fonte: Acervo próprio

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme dito anteriormente, as curvas de produção total anual foram ajustadas em um modelo exponencial via script. A Tabela 2, portanto, apresenta os valores dos parâmetros de ajuste para ambas as localidades:

Tabela 2 – Parâmetros de ajuste

| Local | β_0 | β_1 | r |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| Montante | 1,238823 | 3,690247 | -0,657086 |
| Jusante | 0,537001 | 2,133127 | -0,415714 |

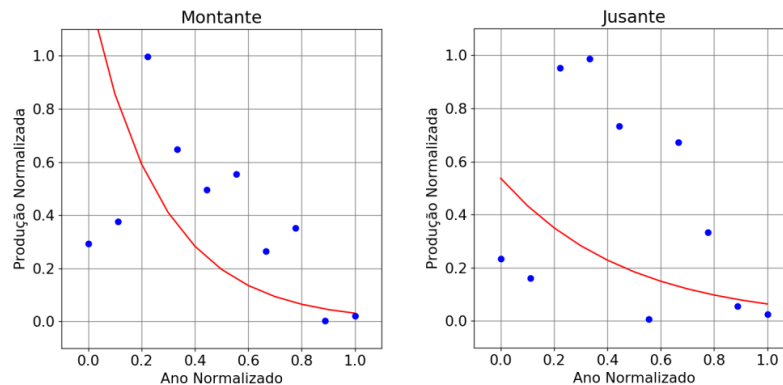
Fonte: Acervo próprio

Em virtude da natureza do modelo exponencial, quanto maior o valor de β_1 , mais rápido será o decaimento da função. Em outras palavras, em termos percentuais, a produção normalizada a montante cai mais rápido do que a jusante.

A Figura 1 mostra as curvas ajustadas a montante e a jusante, respectivamente. Já a Figura 2, por sua vez, apresenta a média mensal de produção a partir dos anos, evidenciando os períodos de maior pesca.

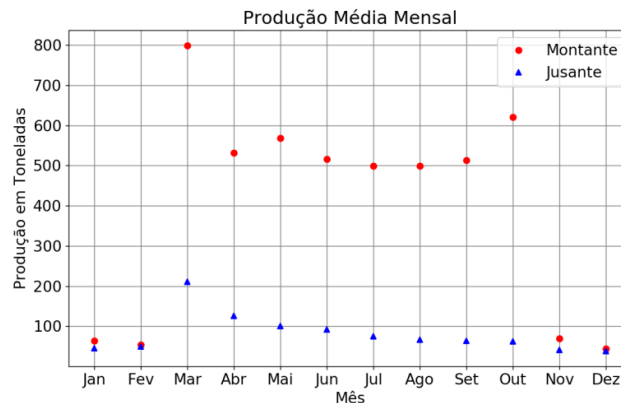


Figura 1 – Produções Normalizadas



Fonte: Acervo próprio

Figura 2 – Produção Média Mensal



Fonte: Acervo próprio

Os gráficos deixam claro a menor produção a jusante da barragem, que segundo JURAS, et al, 2004, diminuiu com o enchimento do reservatório devido fatores como: mudança no regime de enchentes, empobrecimento da água, as regras de procedimento da usina (que em regime de seca passa para o trecho a jusante água proveniente da camada anóxica) e alterações no ciclo hidrológico, bem como os procedimentos da unidade que causam alta mortalidade de peixes, larvas, ovos e alevinos, diminuindo assim o estoque pesqueiro. Quanto à produção a montante, é relevante destacar que mesmo estando em relativo declínio, a mesma está estabilizada quando se considera o aumento na produção que houve na região após a formação do reservatório (JURAS, et al. 2004).

CONCLUSÃO

Com base nas análises realizadas, conclui-se que a produção pesqueira a montante é muito mais expressiva do que a jusante, e estando tal comportamento relacionado ao ambiente de captura, pode-se afirmar que a construção da barragem em conjunto com a formação do



reservatório tem influência direta nessa diferença. Também se observou que a produção em ambos os ambientes está em gradativo declínio, sendo mais acentuada à montante. Porém, o tempo sozinho não fornece explicações para esse fator, conclusão esta que pode ser inferida a partir do coeficiente r da Tabela 2, necessitando de mais variáveis a serem consideradas. Por fim, ressalta-se também que comparativamente a produção a montante se encontra em equilíbrio após um grande aumento na produção ocorrido com o fechamento da barragem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

HEATON, Jeff. **Artificial Intelligence for Humans: Fundamental Algorithms**. Chesterfield : Heaton Research, 2013. 978-1493682225.

HENRIQUES-RODRIGUES, Lígia. **MAE 229 - Introdução à Probabilidade e Estatística II**. IME. Disponível em :<<https://www.ime.usp.br/~fmachado/MAE229/AULA10.pdf>>. Acesso em 02 maio 2018.

JURAS, Anastácio Afonso; CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto; LUDOVINO, Rui Manuel Rosário. **A pesca na área de influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, estado do Pará**. Bol. Téc. Cient. CEPNOR, v. 4, n. 1, 2004.

PEDROSA, Diego Pinheiro Fernandes. **Ajuste de Curvas**. UFRN. Disponível em <<https://www.dca.ufrn.br/~diogo/FTP/dca0304/ajustedecurvas.pdf>>. Acesso em 02 maio 2018.

SANTANA, Antônio Cordeiro de; et al. **Influência da barragem de Tucuruí no desempenho da pesca artesanal, estado do Pará**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 52, n. 2, p. 249-266, 2014

Agradecimentos

Agradecemos a EMBRAPA – Pesca e Aquicultura por meio da qual esse trabalho foi realizado, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq que é a agência de fomento a qual o projeto está vinculado e ao Programa de Educação Tutorial – PET - de Engenharia Elétrica da UFT pelos recursos disponibilizados.