

CLASSIFICAÇÃO DAS ALTERAÇÕES HIDROLÓGICAS OCORRIDAS NOS RIOS PARAGUAÇU E ITAPICURU-BA DECORRENTES DAS BARRAGENS DE BANDEIRA DE MELO E PEDRAS ALTAS.

Murilo Pereira da Silva Conceição⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. e-mail: murilo.pereira1@hotmail.com

Andrea de Sousa Fontes

Professor Adjunto. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. e-mail: andreafontes@ufrb.edu.br

RESUMO

O Nordeste é uma das regiões brasileiras onde mais sofre com escassez hídrica, sendo a construção de barragens e reservatórios uma solução constantemente encontrada para melhorar a disponibilidade de água. No entanto, as barragens afetam profundamente a hidrologia dos rios, inicialmente através de mudanças na frequência das vazões, produzindo um regime hidrológico significativamente diferente do regime natural. Neste trabalho, foram estudadas as barragens Bandeira de Melo implantada na bacia do rio Paraguaçu, e Pedras Altas implantada na bacia do rio Itapicuru. Para a classificação das alterações hidrológicas aplicou-se RVA – Range of Variability Approach (Abordagem dos limites de variabilidade), que possibilita representar o grau de alteração de um curso d'água. Verificou-se que a Barragem de Bandeira de Melo possui um baixo grau de alteração hidrológica em todas as categorias do RVA, o que não ocorreu na barragem de Pedras Altas, possuindo diferentes classificações para grau de alteração hidrológica na categoria baixa, alta e média dos limites de variabilidade.

PALAVRAS-CHAVE:

Alterações hidrológicas, impactos de barragem, semiárido.

INTRODUÇÃO

O Nordeste é uma das regiões brasileiras onde mais sofre com escassez hídrica, e portando, devido à necessidade de água no cotidiano da população, uma solução constantemente encontrada para melhorar a disponibilidade e o abastecimento de água são as construções de barragens e reservatórios ao longo dos leitos dos rios. Uma barragem é uma barreira construída pelo homem em um rio, com funcionalidade básica de armazenamento da água, que tem também como funções mais específicas: abastecimentos de água em zonas residenciais, agrícolas, industriais, produção de energia elétrica, controle de cheias e secas e dessedentação animal.

No entanto, as barragens afetam profundamente a hidrologia dos rios, causando modificações nas propriedades naturais do sistema fluvial do local, produzindo um regime hidrológico diferente do regime natural da condição anterior a barragem. Em decorrência do barramento, também poderão ocorrer impactos no ecossistema fluvial e terrestre, pois algumas espécies de seres vivos dependem do sistema hidrológico natural para se alimentarem e reproduzirem. Poff *et al* (1997) afirmam que, a qualidade ambiental de um rio e dos ecossistemas associados depende fortemente do regime hidrológico, incluindo a magnitude das vazões máximas e a magnitude das vazões mínimas e mesmo que a vazão mantida à jusante for superior à uma vazão natural do rio, ocorrem dados ambientais importantes.

Segundo Richer *et al* (1997) e POFF *et al* (1997), para realizar uma caracterização de um sistema fluvial de um rio é preciso analisar cinco componentes do regime do fluxo natural relacionados aos processos ecológicos em ecossistemas fluviais, os quais são, a magnitude do fluxo, duração, periodicidade, frequência e taxa de alteração de fluxo. O quadro 1 apresenta os 5 componentes e as principais funcionalidades para o ecossistema local.

Em um cenário atual de preocupação com os efeitos que diferentes barragens causam nos rios, se faz importante subsidiar decisões estratégicas mais sustentáveis em busca da preservação da integridade ambiental dos ecossistemas fluviais locais.

Quadro 1. Componentes do regime fluvial

Magnitude	Períodos Baixos	Secar áreas de inundação temporária. Representam oportunidades para recrutamento de espécies de plantas riparianas, em regiões onde ocorrem as inundações anuais.
	Períodos Altos	Período de alimentação e crescimento dos peixes e de acúmulo de reservas de gordura, que servirá para que os peixes resistam ao período de estiagem.
Duração	Permitem que espécies de plantas, invertebrados aquáticos e peixes podem persistir em locais onde poderiam de outra forma ser, desalojados por espécies dominantes, mas menos tolerantes, entre outros efeitos.	
Frequência	Processos de conectividade e desconectividade entre os diversos habitats e os canais fluviais. Desencadeia uma série de processos geomorfológicos (sedimentação) e ecológicos (acessibilidade de espécies diferentes aos ambientes aquáticos, mortalidade de árvores, perda de habitats rasos para espécies aquáticas).	
Periodicidade	Alterações nestes índices levam rupturas no processo de desova, na migração de peixes, modificação na estrutura da cadeia alimentar aquática, invasão de espécies riparianas exóticas.	
Taxa de Alteração de Fluxo	Importantes no entendimento da ocupação e adaptabilidade de espécies nos corpos aquáticos da planície fluvial. Acelerada recessão da água pode causar falha na sementeira e estabelecimento de plantas).	

Fonte: adaptado de POFF *et al*, 1997.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo classificar o grau das alterações hidrológicas, que interferem no funcionamento do ecossistema fluvial a jusante das Barragens de Bandeira de Melo e Pedras Altas, localizada no nordeste do brasileiro, onde predomina o clima semiárido.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A barragem de Bandeira de Melo está localizada no rio Paraguaçu, município de Itaetê, Bahia. Possui capacidade para armazenar 111,59 milhões de metros cúbicos de água, beneficiando cerca de 95 mil habitantes dos municípios de Itaetê, Boa Vista do Tupim, Marcionílio Souza, Iaçú, Itaberaba, Ruy Barbosa e Ipirá. (SEAGRI, 2006). A obra dessa barragem foi finalizada em 2006 e é caracterizada como “a fio d’água”, ou seja, não possui função de armazenamento.

Já a barragem de Pedras Altas, foi implantada em 2002, localiza-se no município de Capim Grosso-BA, no manancial Itapicucu-Mirím, na bacia Itapicuru, possui área de inundação de 759,64 ha, tendo objetivos de abastecimento humano e animal, irrigação e regularização. Seu reservatório abastece em torno de 22 municípios e 173 localidades baianas (CERB, 2004). As características das barragens avaliadas estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Características técnicas das Barragens de Pedras Altas e Bandeira de Melo

Características	Pedras Altas	Bandeira de Melo
Altura	24,18	19,1 metros
Comprimento da crista	1.090,00	863 metros
Volume armazenado	38,45 Hm ³	121,7 Hm ³
Área de Drenagem	2.195 Km ²	17.074 Km ²
Vazão média afluente*	2,24 m ³ /s	35,73 m ³ /s
Usos da água	Irrigação, Abastecimento e regularização	Irrigação e Abastecimento
Vazão regularizada com 90% de garantia	1,40m ³ /s	18,18m ³ /s
Vazão mínima remanescente	0,28 m ³ /s	3,6 m ³ /s

Fonte: CERB, 2013 e Hidroweb (*cálculo próprio autor)

Avaliação da alteração hidrológica

A avaliação da alteração hidrológica foi desenvolvida aplicando a metodologia dos “Indicators of Hydrologic Alteration” (IHA) proposto por Richter *et al* (1996), que define 33 parâmetros, divididos em 5 grupos relevantes para o meio aquático e que caracterizam estatisticamente a variação do regime hidrológico (Figura 1).

Figura 1 – Sumário dos parâmetros hidrológicos usados pelo IHA.

IAH – grupo de índices	Característica do Regime	Parâmetro Hidrológico	TAV Média +/- DP e % (anos)
Magnitude das Condições Mensais	Magnitude mensal	12 índices: Valor médio mensal	
Duração e Magnitude dos Extremos Anuais	Duração e Magnitude	10 índices, 5 para Mínimas e 5 para Máximas: 1 dia, 3 dias, 7 dias, 30 dias e 90 dias	
Periodicidade de Eventos Extremos Anuais	Periodicidade	2 índices: Data Juliana de ocorrência do valor mínimo e máximo anual	
Frequência e Duração de Pulsos Positivos e Negativos	Frequência e Duração	4 índices: número de pulsos e duração de pulsos positivos e negativos	
Taxa/Frequência de Alteração do Fluxo	Taxa de Mudança e Frequência	4 índices: média em dias das diferenças em pulsos positivos e negativos e número de ocorrências	

Fonte: ROCHA, 2010

Na aplicação do método, escolheu-se uma comparação entre dois períodos com a análise não paramétrica e utilizou-se dados diários após as implantações das barragens, de séries históricas de vazão da Agência Nacional de Águas-ANA, das estações fluviométricas a montante e jusante das barragens estudadas. Para Barragem de Pedras Altas utilizou-se dados das estações Jacobina (montante), com área de drenagem de 1290 km² e Pedras Altas (jusante) com área de drenagem de 2200 km². Para barragem de Bandeira de Melo utilizou-se dados das estações Itaetê (montante) com área de drenagem de 16500 km², e Iaçú (jusante), área de drenagem de 22800 km².

Diante de uma diferença de área de drenagem das estações fluviométricas a jusante e montante da Barragem de Pedras Altas, houve uma correção dos dados de vazão com o parâmetro de mudança de área. Esta correção foi realizada calculando a diferença entre as áreas jusante e montante e incrementou-se na vazão montante.

A partir das avaliações do IHA, Richer *et al* (1997) propuseram uma sistemática de análise que considera um regime de variação admissível RVA – Range of Variability Approach, que possibilita representar o grau de alteração hidrológica de um curso d’água. Esta metodologia foi escolhida para o presente trabalho, pois tem sido amplamente utilizada em pesquisas científicas.

Uma vez que é escolhido o regime de referência, neste caso o regime hidrológico que ocorre a montante dos barramentos, a alteração hidrológica tem que ser avaliada tendo em conta as alterações deste fluxo descrito, das condições de pré e pós-impacto. As variáveis na condição de pré-impacto foram calculadas usando dados hidrológicos diários. A condição do pós-impacto foi calculada usando dados da jusante da Barragem.

No RVA, a alteração é avaliada pela comparação nas variações de frequências observadas no período de pré-impacto (montante) e período de pós-impacto (jusante), com valores gerados com a aplicação do IHA. Estas frequências caem dentro de 3 intervalos (categorias), que tem como limites padrões os percentis de 33% e 67%.

A alteração hidrológica é assumida se o número de valores pós-impacto dentro do intervalo central 33-67% difere dos esperados, isto é, o número encontrado no estudo da série histórica diária de vazões do pré-impacto. Para auxiliar na avaliação disto, um fator de alteração hidrológica (Hydrologic Alteration Factor, HAF) é calculado para cada variável, conforme mostra a equação 1.

$$HAF = \frac{F - F_0}{F_0} \quad \text{equação (1)}$$

Onde,

F é a frequência observada (pós impacto);

F_0 é a frequência esperada (pré impacto).

A fim de avaliar a alteração hidrológica de forma quantitativa em todas as faixas de vazão, foi calculado o HAF para as três categorias (de 0 a 33%, de 33-67% e de 67-100%) e os 3 valores do HAF avaliados conforme indicado por The Nature Conservancy (2009). Importante salientar que o grau de alteração hidrológica varia entre -1 a $+\infty$, em que valores maiores que zero representam um acréscimo do parâmetro e valores menores que zero representam uma redução do parâmetro para a situação de influência da barragem.

Para classificação do grau das alterações hidrológicas proveniente da presença das barragens avaliadas foi proposta uma classificação que utiliza o valor médio do HAF de acordo com os valores encontrados para esse índice e resultados da caracterização comparativa das alterações hidrológicas decorrente de Bandeira de Melo e Pedras Altas. A classificação proposta está apresentada no Quadro 3.

Quadro 3. Classificação das categorias do RVA para os 5 grupos analisados

Representação do impacto	Faixa do HAF	Grau de Alteração
Redução da frequência dos parâmetros do grupo do IHA	$-1 \leq \text{HAF} < -0,6$	Alto
	$-0,6 \leq \text{HAF} < -0,3$	Moderado
	$-0,3 \leq \text{HAF} \leq 0,0$	Baixo
Acréscimo da frequência dos parâmetros do grupo do IHA	$0,0 < \text{HAF} \leq 0,3$	Baixo
	$0,3 < \text{HAF} \leq 1,2$	Moderado
	$\text{HAF} > 1,2$	Alto

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise feita detalhadamente para os componentes de escoamento hidrológico no presente trabalho pode ser observada pelas Figuras 1 e 2, que apresentam o HAF (hydrologic alteration factor) para todos os parâmetros analisados. As duas barragens estudadas tem suas alterações representadas para as três categorias de magnitude (alta, média e baixa) dos valores encontrados na série histórica, ou seja, a categoria alta está representando os maiores valores de cada parâmetro encontrados na série histórica. Os limites definidos para cada categoria foram baseados nos percentis 33 e 67%, que representam valores calibrados para a Barragem de Bandeira de Melo. Esses valores foram tomados como padrão para o presente estudo de forma a possibilitar comparação entre as duas barragens.

Figura 2: Alteração Hidrológica Causada pela Barragem de Pedras Altas

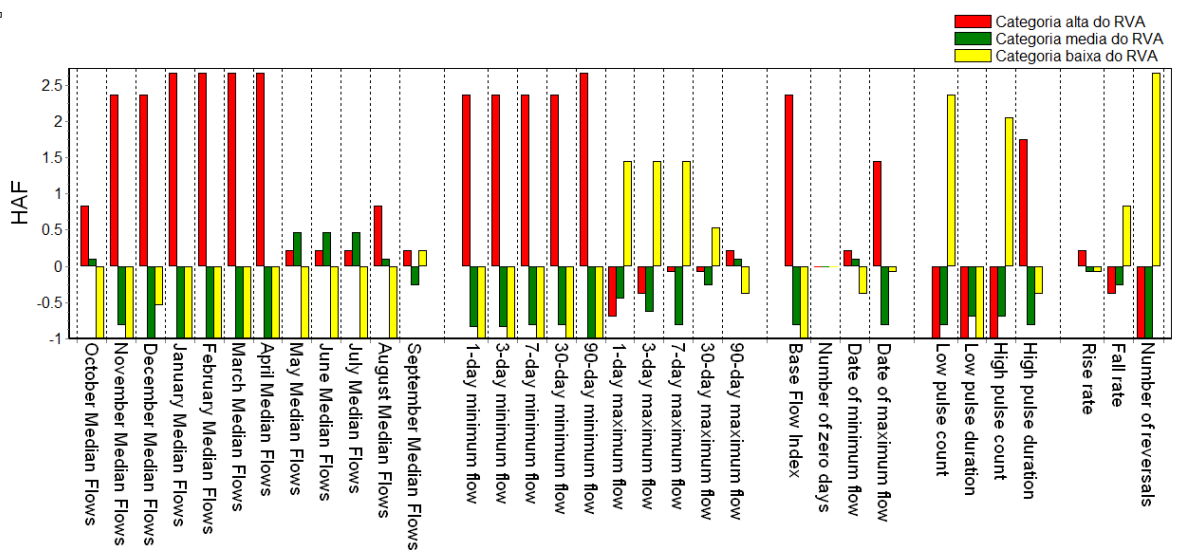
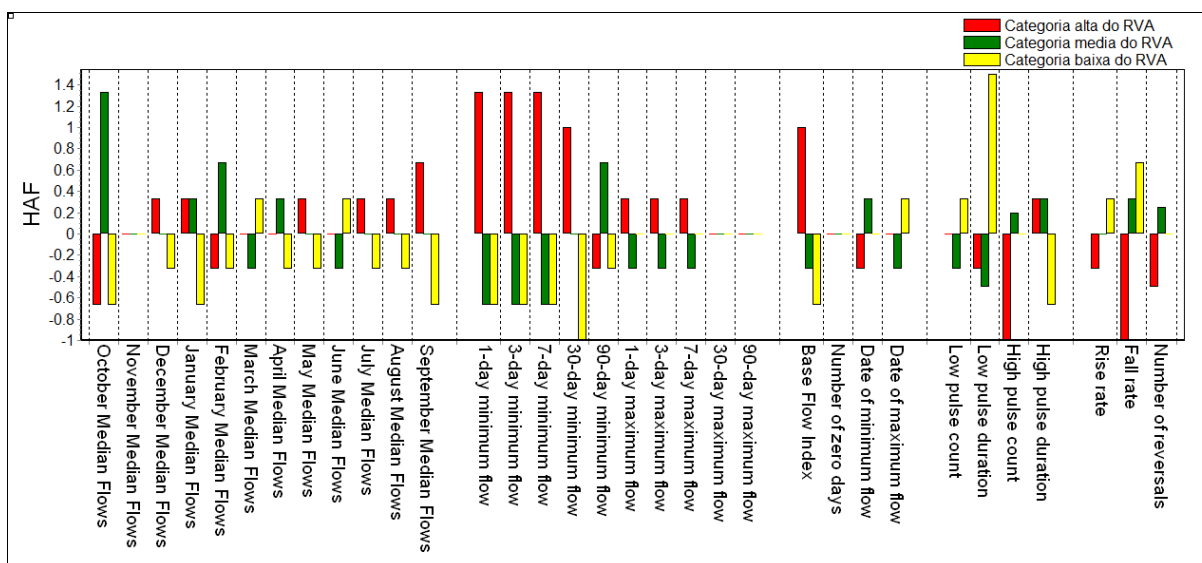


Figura 3: Alteração Hidrológica Causada pela Barragem Bandeira de Melo



As alterações mais expressivas ocorridas na Barragem de Pedras Altas, apresentadas na figura 2, aconteceram na categoria alta do RVA, que corresponde aos maiores valores de vazão. No período dos meses de novembro, janeiro, fevereiro, março e abril e também nas vazões mínimas de 1, 3, 7, 30 e 90 dias, verificou-se um acréscimo nos valores da categoria alta do RVA com o HAF aproximando-se até 2,5 representativo de um aumento das vazões de cada parâmetro, ou seja, as frequências observadas para as vazões de baixo e médio pulso decresceram e praticamente se tornaram inexistentes, indicando alterações principalmente nas vazões mínimas. As maiores alterações da categoria média do RVA ocorreram com o decréscimo de seus valores, principalmente nos meses de dezembro, janeiro, março e abril. As alterações do RVA baixo aconteceram com um acréscimo de seus valores, principalmente nas vazões máximas de 1, 3 e 7 dias, nos baixos pulsos de vazão e no número de reversões.

As principais alterações da barragem de Bandeira de Melo apresentadas na figura 3, aconteceram também em um aumento categoria alta do RVA nas vazões mínimas de 1, 3 e 7 dias. Para a categoria média do RVA não houve grandes dispersões nos valores do HAF, ou seja, com valores sempre próximos de 0. Como pode-se observar, a única alteração expressiva aconteceu no mês de outubro. As alterações do RVA baixo aconteceram mais em um decréscimo de valores, principalmente na mínima de 30 dias. A Tabela 1 apresenta classificação do grau de alteração hidrológica com base no valor médio dos HAF para cada grupo.

Tabela 1. Classificação do grau de alteração hidrológica com base no valor médio dos HAF para cada grupo

Grupos IHA	Barragem de Pedras Altas			Barragem de Bandeira de Melo		
	Categoria RVA					
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
Grupo 1 – Magnitude das vazões mensais.	Alto (-0,86)	Moderado (-0,37)	Alto (1,49)	Baixo (-0,28)	Baixo (0,17)	Baixo (0,11)
Grupo 2 – Duração e magnitude dos extremos anuais.	Baixo (-0,14)	Moderado (-0,60)	Alto (1,22)	Moderado (-0,36)	Baixo (-0,22)	Moderado (0,61)
Grupo 3 – Periodicidade de eventos de extremos anuais.	Baixo (-0,24)	Moderado (-0,36)	Moderado (0,83)	Baixo (0,17)	Baixo (0)	Baixo (-0,17)
Grupo 4 – Frequência e duração de pulsos.	Moderado (0,75)	Alto (-0,76)	Moderado (-0,31)	Baixo (0,29)	Baixo (-0,075)	Baixo (-0,25)
Grupo 5 – Taxa de alteração de fluxo.	Moderado (1,14)	Moderado (-0,45)	Moderado (-0,39)	Moderado (0,33)	Baixo (0,19)	Alto (-0,61)

Aplicando as faixas de HAF propostas no Quadro 3 aos valores médios dos fatores de alteração hidrológica, verificou-se que a Barragem de Pedras Altas possui baixo grau de alterações hidrológicas na categoria baixa do RVA, alto e moderado grau de alterações para a categoria alta e média do RVA, destacando-se um alto grau de alteração para o grupo 1 que reflete a sazonalidade do regime hidrológico. Na média geral (tabela 2) para essa barragem indica-se uma classificação de Moderado Grau de Alteração Hidrológica decorrente da presença desse barramento.

A Barragem de Bandeira de Melo possui baixo grau de alterações hidrológicas para as três categoria do RVA (baixa, média e alta), resultando em Baixo Grau de Alteração decorrente da presença desse barramento na classificação geral (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação do grau de alteração hidrológica com base no valor médio dos HAF dos grupos para cada categoria do RVA.

Barragens/Categoria RVA	Baixa	Média	Alta	Classificação Final
Pedras Altas	-0,18	-0,51	0,96	Moderado Grau de Alteração Hidrológica
Bandeira de Melo	-0,15	-0,01	0,15	Baixo Grau de Alteração Hidrológica

CONCLUSÃO

A metodologia utilizada no presente trabalho possibilitou a classificação das alterações hidrológicas causadas pelas barragens estudadas. De acordos com os resultados obtidos, principalmente da tabela 1, permitiu concluir que a Barragem de Pedras Altas apresenta um moderado grau de alteração hidrológica na categoria alta e média do RVA respectivamente, representativo de uma tendência de regularização da vazão no rio Itapicuru-Mirim. Porém, a Barragem de Bandeira de Melo não apresenta alterações hidrológicas relevantes no Rio Paraguaçu, tendo as categorias baixa, média e alta do RVA com alterações pequenas ou irrelevantes, podendo classifica-la como uma Barragem de pequeno grau de alteração hidrológica, o que é essencial para a manutenção das funções do ecossistema fluvial e na qualidade do rio Paraguaçu.

Para prosseguimento desse estudo recomenda-se a calibração dos limites do RVA para a barragem de Pedras Altas e comparação com os resultados já encontrados. Assim como comparação das alterações encontradas com a importância ecológica de cada grupo e o estado ambiental do trecho do rio a jusante dos barramentos estudados.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB pelo apoio financeiro a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 - CERB. Ficha Técnica da Barragem de Pedras Altas, 2004.
- 2 - POFF, N.L.; ALLAN, J.D.; BAIN, M.B.; KARR, J. R.; PRESTEGAARD, K.L.; RICHTER, B.D.; SPARKS, R.E.; STROMBERG, J.C. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*. v. 47, n. 11, p. 769–784, 1997.
- 3 - RICHER, B.D.; BAUMGARTNER, J.V.; POWELL, J.; BRAUN, D.P. *A Method for Assessing Hyrdlogic Alteration Within Ecosystems*. Conservation Biology, 10,n. 4, 1163-1174, 1996.
- 4 - RICHER, B.D.; BAUMGARTNER, J.V.; WIGIONGTON, R.; BRAUN, D.P. How much water does a river need? *Freshwater Biology*, 37, 231-249, 1997.
- 5 - SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, IRRIGAÇÃO, REFORMA AGRÁRIA, PESCA E AGRICULTURA DO ESTADO DA BAHIA (Seagri - BA). *Estado inaugura a maior barragem construída na Bahia nos últimos 18 anos*. Publicado em: 01 Dez. 2006. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/noticias.asp?qact=view¬id=8327>>. Acesso em: 13 Set. 2013.
- 6 - THE NATURE CONSERVANCY. *Indicators of Hydrologic Alteration*, Version 7.1 User's Manual, 2009.