

**MARCELO RUAS E SOUZA MELO**

**BARRAGENS E SEUS IMPACTOS NEGATIVOS NA ICTIOFAUNA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Agrárias – como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientador: **Prof. Edson de Oliveira Vieira**

Montes Claros  
2012

**M528b  
2012**

**Melo, Marcelo Ruas e Souza.**

**Barragens e seus impactos negativos na ictiofauna / Marcelo Ruas e Souza Melo. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2012.**

**51 f: il.**

**Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Recursos Híbridos e Ambientais do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2012.**

**Orientador: Prof. Edson Oliveira Vieira.**

**Banca examinadora: Antonio Cleber da Silva Camargo, Francinete Veloso Duarte, Edson de Oliveira Vieira.**

**Inclui bibliografia: f. 45-51.**

**1. Barragens. 2. Ictiofauna. I. Vieira, Edson de Oliveira. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.**

**CDU: 624.136**

**MARCELO RUAS E SOUZA MELO**

**BARRAGENS E SEUS IMPACTOS NEGATIVOS NA ICTIOFAUNA**

Aprovada em 20 de Agosto de 2012.

---

**Prof. Antonio Cleber da Silva Camargo**  
(ICA/UFMG)

---

**Prof. Francinete Veloso Duarte**  
(ICA/UFMG)

---

**Prof. Edson de Oliveira Vieira**  
Orientador (ICA/UFMG)

**Montes Claros**

**2012**

*DEDICO*  
*A Deus, por ter me proporcionado a feliz oportunidade de realizar e concluir*  
*este trabalho.*  
*Às minha tias Odete e Eunilda que sempre acreditaram em mim e estiveram*  
*ao meu lado em todos os momentos da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

À minha esposa Nicole que sempre me incentivou nos estudos do meio ambiente,

Ao meu orientador Professor Edson e à minha colega Silvana Vanessa pela preciosa ajuda.

## RESUMO

O presente trabalho é uma revisão bibliográfica dos diversos fatores relacionados à ecologia da ictiofauna em reservatórios de barragens de usinas hidrelétricas. Propõem-se medidas mitigadoras destes impactos, relacionando as variáveis limnológicas com as variáveis biológicas da ictiofauna, a fim de oferecer informações para suporte aos estudos de manejo de populações de peixes em ambientes de hidrelétricas.

**Palavras-chave:** Reofílicos. Hidrelétrica. biodiversidade. Monitoramento.

## **ABSTRACT**

The present work is a literature review of different factors related to the ecology of fishes in reservoirs of hydroelectric dams, and they were proposed some practices to mitigate these impacts, relating the limnological with the biological variables of the ichthyofauna, in order to provide information for further insights on the studies of management of fish populations in environments of the hydroelectric dams.

**Keywords:** Rheophilic. Hydropower. Biodiversity. Management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1 -</b>	Barragem de terra.....	<b>23</b>
<b>FIGURA 2 -</b>	Barragem de concreto de gravidade.....	<b>24</b>
<b>FIGURA 3 -</b>	Barragem de concreto em arco.....	<b>24</b>
<b>FIGURA 4 -</b>	Barragem dare contrafortes.....	<b>25</b>
<b>FIGURA 5 -</b>	Esquema de uma usina Hidrelétrica .....	<b>26</b>
<b>FIGURA 6 -</b>	Salvamento da ictiofauna com o fechamento da barragem de Chapecó.....	<b>37</b>
<b>FIGURA 7 -</b>	Ensecadeira na construção da usina de Belo Monte.....	<b>38</b>
<b>FIGURA 8 -</b>	Tubo de sucção da turbina, operação de salvamento de peixes.....	<b>38</b>
<b>FIGURA 9 -</b>	Mecanismo de Transposição de Peixes UHE Eliezer Batista em Aimorés.....	<b>40</b>

## LISTA DE TABELAS

- 1 - Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica..... 20

## ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>DAEE -</b>	Departamento de Água E Energia Elétrica
<b>CBDB -</b>	Comitê Brasileiro de Barragens
<b>CIGB -</b>	Comissão Internacional de Grandes Barragens
<b>DNOCS -</b>	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
<b>ANEEL -</b>	Agencia Nacional de Energia Elétrica do Brasil
<b>CCR -</b>	Compactado com Rolo
<b>UHE -</b>	As Usinas de Produção de Energia Hidrelétrica
<b>PCH -</b>	Pequenas Centrais Hidrelétricas
<b>CONAMA -</b>	Conselho Nacional de Meio Ambiente
<b>EIA -</b>	Estudo de Impactos ambientais
<b>MTP -</b>	Mecanismo de Transposição de Peixes
<b>IQAR -</b>	Índice de Qualidade da Água do Reservatório
<b>UFRJ -</b>	Universidade Federal DO Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
5.1	Histórico das barragens.....	17
5.2	Conceito de barragem.....	19
5.3	Finalidades das barragens.....	19
5.3.1	Barragens de regularização.....	21
5.3.2	Barragens de retenção.....	21
5.3.3	Barragens de desvio.....	22
5.3.4	Outras considerações importantes na definição das finalidades.....	22
5.4	Tipos de barragens quanto a estrutura e materiais.....	22
5.4.1	Barragens de aterro.....	23
5.4.2	Barragens de concreto.....	25
5.4.3	Elementos e funcionamento de barragens hidrelétricas.....	26
5.5	Impactos advindos da implantação de barragens.....	28
5.6	Impactos negativos da implantação de barragens na ictiofauna.....	30
5.6.1	Impactos negativos à ictiofauna à jusante da barragem.....	33
5.6.2	Efeitos negativos na ictiofauna no reservatório da barragem	35
5.6.3	Efeitos negativos na ictiofauna à montante da barragem.....	35
5.7	Medidas mitigadoras de impactos negativos na ictiofauna....	36

5.7.1	A importância do levantamento de informações antes da implantação de uma barragem.....	36
5.7.2	Salvamento da ictiofauna à jusante da barragem.....	37
5.7.3	Mecanismo de transposição de Peixes (MTP) ou Escadas para peixes.....	39
5.7.4	Monitoramento Limnológico e Ictiofaunístico para controle e manejo da ictiofauna.....	40
5.7.4.1	Análise Limnológica.....	40
5.7.4.2	Monitoramento Ictiofaunístico.....	42
5.7.4.3	Análise de metais pesados.....	42
5.7.5	Repovoamento de espécies ícticas nativas.....	43
5.7.6	Proteção e recomposição da flora da bacia de contribuição à montante da barragem.....	43
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Impactos ambientais são temas comuns hoje em dia seja em meio acadêmico, profissional ou mídia e, de um modo geral, esses impactos estão relacionados com atividades antrópicas, mais especificamente o desenvolvimento socioeconômico. Os impactos ambientais afetam, paradoxalmente, os próprios meios de sobrevivência do homem como a água, o ar, o solo, a flora e a fauna. Todos esses elementos estão ligados por uma complexa rede de interações onde a água é o mais importante componente por ser suporte para todas as formas de vida e a promotora da dinâmica transformação dos outros elementos. Tem também uma importância especial porque foi e ainda é a base para quase toda a indústria humana, o que fez com que, por muito tempo, fosse vista, erroneamente, como um recurso inesgotável, mas que hoje sabemos que não é verdade. A Terra possui 3/4 da sua superfície cobertos por água, dos quais 97,3 % são de água salgada, e apenas 2,7 % de água doce dos quais lagos e rios são as principais fontes de abastecimento de água para a população, o que corresponde a 0,01 % desse percentual (DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE, 2012). Esse pequeno volume relativo de água doce vem sendo há séculos explorado de maneira predatória por ação antrópica.

Hodiernamente o crescimento das cidades tem elevado a demanda não só de água de consumo como de energia hidroelétrica a níveis altíssimos. Esses são os impactos diretos causados pelo assentamento das cidades e regiões agrícolas ao redor de lagos e rios, poluindo, desmatando e assoreando os recursos hídricos. Contrariamente, a instalação de barragens objetivando produção de energia elétrica para abastecimento de água ou atividades produtivas têm se tornado cada vez mais importantes para o “desenvolvimento” socioeconômico do país, mesmo sendo obras de grande impacto ambiental as quais exigem extenso planejamento à luz do conhecimento das inumeráveis variáveis ambientais para que sejam implementadas medidas mitigadoras.

Nesse contexto é de suma importância refletir não só sobre o que significa “desenvolvimento” como também sobre o que se conhece dos limites que a natureza impõe quando dela fazemos uso.

O desenvolvimento é o produto das ações humanas as quais são geralmente negativas do ponto de vista da sustentabilidade, porque afetam o equilíbrio natural do meio ambiente modificando a biodiversidade.

A diversidade biológica é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas humanos de produção de alimentos e saúde. Ao se alterar o equilíbrio de um ecossistema interferindo nas complexas relações intra e interespecíficas pode, quase sempre, levar a grandes perdas na diversidade de espécies. Advinda de milhares de anos de evolução, a biodiversidade reserva recursos que são imprescindíveis para a qualidade de vida humana e com isso mantém estreita relação com o potencial econômico. Isso, segundo a (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS – CBDB, 2007), é o melhor motivo para se buscar e manter o apoio do Poder Público para a implementação de medidas que visem à proteção da natureza e da biodiversidade.

Nesse contexto, a ictiofauna, como parte da biodiversidade de uma bacia, tem também importância fundamental, além de constituir fonte de renda das comunidades humanas ribeirinhas. A mudança de diversos habitats num rio ocasionados pelos barramentos privilegiam, segundo Agostinho (1992), espécies de baixo valor de mercado o que pode comprometer a renda daqueles que vivem diretamente da pesca. Esta é mais uma justificativa para a necessidade de se buscar mecanismos mitigadores de impactos na ictiofauna.

O presente trabalho tem como foco os impactos negativos na ictiofauna causados pela implantação de uma barragem o que tem sido tema de grande preocupação, pois essa biodiversidade é a que mais rápido e diretamente afetada, podendo haver perdas irreversíveis.

## **2 OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo principal mostrar os possíveis impactos ambientais negativos na ictiofauna fluvial advindos da implantação de barragens, e sugerir medidas mitigadoras para esses impactos.

### 3 JUSTIFICATIVA

O que justifica esse objetivo é, antes de tudo, a importância da conservação dos recursos naturais para o desenvolvimento sustentável e conseqüentemente a melhoria da qualidade de vida da população atual e futura. Desse modo, é preciso conhecer e mensurar a amplitude e proporção de impactos negativos provocados pelas barragens sobre os recursos naturais, de forma tal que sirva de base para outros projetos de intervenção na natureza.

#### **4 METODOLOGIA**

Para a fundamentação teórica deste trabalho, foi feita a revisão bibliográfica do assunto abordado. Com o fim de validar os argumentos expostos, foram analisadas publicações em livros, artigos, anais de congressos, revistas, teses, legislação pertinente e também pesquisa em sites para atualização de informações.

## 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 Histórico das barragens

Desde o início da civilização, o homem buscou se fixar em áreas onde a água fosse abundante para suas atividades de subsistência, transporte ou força motriz. Contudo, o aumento das populações humanas, incertezas climáticas ou mesmo dificuldades de obtenção levou o homem a construir barramentos artificiais com a finalidade de suprir suas crescentes demandas por água entre outras.

As barragens mais antigas que se tem conhecimento foram construídas no Oriente Médio, China e Índia (COMISSÃO INTERNACIONAL DE GRANDES BARRAGENS – CIGB, 2007). No Oriente Médio e Egito, onde os rios correm em desertos, houve a necessidade de construção de diques, canais e barragens para evitar que as cheias destruíssem as lavouras, e também que levassem água a lugares mais distantes (OLIVEIRA, 2004). Na China foram construídos sistemas de barragens e canais em 2.280 a.C.. Na Índia foram construídas as primeiras barragens de terra há cerca de 2000 a.C as quais possuíam um perfil homogêneo para o controle de cheias dos rios. Na Síria há cerca de 1.300 a.C já se construíam barragens. No Irã do século XIII ao XVI foram construídas várias barragens, das quais muitas ainda estão em uso (CIGB, 2007).

Com a Revolução Industrial, iniciada no séc. XVIII, houve uma crescente demanda por um número maior de barragens o que levou ao progressivo aperfeiçoamento de sua técnica construtiva, surgindo as modernas barragens de terra e de concreto com mais de cinquenta metros de altura (CIGB, 2007).

No século XVIII, em Portugal, foi construída a Barragem Romana a qual objetivava abastecer Lisboa a 10 Km de distância (OLIVEIRA, 2004).

A mais antiga barragem do Brasil que se tem notícia foi construída onde é hoje área urbana de Recife, PE, possivelmente no final do Século XVI, antes mesmo da invasão holandesa (CBDB, 2011). No final do Século XIX começaram a ser implantadas pequenas usinas para suprimento de

cargas modestas e localizadas, todas com barragens de dimensões discretas. A primeira usina da concessionária *Light*, a única até então no Brasil, entrou em operação em 1901, no rio Tietê, para suprimento de energia elétrica à cidade de São Paulo (CBDB, 2011).

No Nordeste do Brasil, a construção de várias pequenas barragens e açudes foi considerada a ação mais eficaz no combate à seca, evitando, assim, a migração em massa de nordestinos para o Sudeste (DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS – DNOCS, 1982).

Em 1958 iniciaram-se as obras da Barragem de Furnas em Minas Gerais, com fins de geração de energia elétrica. Em 1963 entrou em operação com potência nominal de 1.216 MW. Essa usina era uma das maiores da América Latina na década de 60. O reservatório banha 34 municípios de Minas Gerais (CBDB, 2011).

O máximo no desenvolvimento desses empreendimentos teve seu auge nas décadas de 60 a 70 quando muitos dos rios brasileiros foram completamente aproveitados na construção de barramentos em cascata o que é percebido em países com rios extensos e grandes dimensões territoriais (TUNDISI, 1999 citado por RÉGO, 2008).

A partir dos anos 70 começou a preocupação mundial com a degradação ambiental. Com a Conferência de Estocolmo em 1972 começaram a ser realizados os primeiros estudos científicos a respeito da preservação ambiental como esgotamento de recursos, insuficiência de alimentos e aumento do consumo (ONDA AZUL, 2004 citado por OLIVEIRA, 2004).

Em 1971 foi construída a Barragem de Ponte Nova em São Paulo com fins de controle das cheias do Rio Pinheiros (OLIVEIRA, 2004).

Atualmente no Brasil há 371 barragens de médio e grande porte incluindo açudes, conforme o Cadastro Brasileiro de Barragens (CBDB, 2011).

## 5.2 Conceito de barragem

Barragem é o elemento estrutural artificial construído transversalmente à direção do escoamento de um curso d'água, formando um reservatório artificial, com a finalidade de acumular água ou elevar seu nível (CARVALHO, 2006). Este reservatório é denominado açude quando águas pluviais são utilizadas para seu enchimento. Represa é a denominação de reservatórios de águas de regime normal, como rios, riachos ou córregos.

*“Barreiras ou estruturas que cruzam córregos, rios ou canais para confinar e assim controlar o fluxo da água (CIGB, 2007)”* é outro conceito mais direto.

## 5.3 Finalidades das barragens

A implantação de uma barragem traz consigo pontos positivos e negativos. Dentre os aspectos positivos, que ocorrem predominantemente no meio antrópico, estão ligadas a aplicabilidade das barragens, que neste caso pode-se listar, conforme Dias (1999), entre outros:

- a) Geração de energia elétrica;
- b) Controle de enchentes;
- c) Irrigação;
- d) Navegação;
- e) Abastecimento de água;
- f) Regularização de vazões;
- g) Piscicultura;
- h) Geração de empregos;
- i) Alterações no modo de vida devido ao acréscimo da renda direta ou indireta das atividades de lazer e pesca
- j) Entrada de recursos do Poder Público (DIAS, 1999).

Historicamente as barragens eram construídas para a finalidade de fornecimento de água para a irrigação e controle de enchentes, nos fins do século XIX a navegação e a energia hidroelétrica somaram-se a esta

finalidade. Hoje, a energia elétrica, é uma das vantagens que assume especial importância pelo fato de ser essa o principal suprimento energético brasileiro e também uma fonte renovável e mais limpa de energia no mundo. Conforme o Ministério de Minas e Energia do Brasil, no ano de 2007, de 89 % da oferta nacional de energia elétrica renovável, a hidroeletricidade responde por 85 % sendo 4 % correspondente a outras fontes. No mundo, esse percentual é de apenas 18 %. Isso demonstra não só a importância dessa fonte de energia no País como também o seu potencial para construção de barragens. Consoante a Agência Nacional de Energia Elétrica, o potencial hidrelétrico brasileiro (TAB. 1) é estimado em cerca de 260 GW, dos quais 40,5 % estão localizados na Bacia Hidrográfica do Amazonas, o que pode representar uma grande ameaça para esse importante bioma (AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL – ANEEL, 2000). Nesse contexto, a aplicação em produção de energia elétrica é um dos grandes motivos pelos quais os impactos ambientais que envolvem as barragens devem ser mais pesquisados.

**TABELA 1**  
Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica

Bacia Hidrográfica	Código	Inventariado[a]		Remanescente[b]		Total[a+b]	
		MW	( %)	MW	( %)	MW	( %)
Bacia do Rio Amazonas	1	31.899	19,4	73.510	77	105.410	40,5
Bacia do Rio Tocantins	2	24.831	15,1	2.709	2,8	27.540	10,6
Bacia do Norte/Nordeste	3	2.047	1,2	1.355	1,4	3.402	1,3
Bacia do Rio São Francisco	4	23.847	14,5	2.472	2,6	26.319	10,1
Bacia do Atlântico Leste	5	12.037	7,3	2.055	2,2	14.092	5,4
Bacia do Rio Paraná	6	51.708	31,4	8.670	9,1	60.378	23,2
Bacia do Rio Uruguai	7	10.903	6,6	2.434	2,5	13.337	5,1
Bacia do Atlântico Sudeste	8	7.327	4,5	2.290	2,4	9.617	3,7
<b>Brasil</b>	-	164.599	100	95.496	100	260.095	100

Fonte: ANEEL, 2000.

As barragens podem se classificar de acordo com suas finalidades e a definição dessas finalidades é o ponto primordial para o início de seu projeto.

### 5.3.1 Barragens de regularização

Visam à regularização do regime hidrológico, reduzindo a vazão natural dos rios com o armazenamento da água nos períodos de cheia e regularizando vazões em períodos de seca ou estiagem de forma que o nível da água à jusante seja mais constante. Tais barragens possuem diversas aplicações como o aproveitamento hidrelétrico, irrigação, abastecimento regular de água, navegação, turismo e lazer (RAMOS 2009).

### 5.3.2 Barragens de retenção

Visam a controlar Inundações. Nessas barragens ocorre a retenção temporária da carga hidráulica e sua liberação posterior por mecanismo de escoamento de forma que uma vazão excessiva não danifique ou ultrapasse o limite do canal à jusante. Essas barragens podem ser usadas para proteger de possíveis danos por cheia e inundação, danificando estruturas a sua jusante e retenção de sedimentos ou resíduos industriais (RAMOS, 2009), podendo também ser usadas para aumentar a carga d'água a ser infiltrada para o subsolo de forma a recompor o regime de águas subterrâneo (PIRROLI; BORA, 2009).

### 5.3.3 Barragens de desvio

Usadas apenas para desviar a água dos rios para canais ou adutoras. Quando esse desvio é feito para viabilizar obra de construção de barragem hidrelétrica, essas barragens são chamadas de ensecadeiras. Assim, são utilizadas para abastecimento público e de sistemas de irrigação (PIRROLI; BORA, 2009).

### 5.3.4 Outras considerações importantes na definição das finalidades

Lembrando que, além da finalidade, o custo é outro aspecto que deve ser considerado, especialmente quando obras governamentais de grande vulto como no caso da hidroelétrica de Tucuruí, a qual o montante de recursos financeiros envolvido poderia ir para outros setores como saúde, educação e atividades produtivas. Podem ainda ser considerados os custos de oportunidade como o aproveitamento da madeira, produtos florestais e minerais da área submersa, solo fértil cultivável e biodiversidade (FEARNSIDE, 2001).

### 5.4 Tipos de barragens quanto a estrutura e materiais

Existem alguns tipos de barragens que podem ser classificadas conforme os diferentes materiais utilizados para construí-las.

A escolha do tipo de estrutura ou material a ser adotado em cada empreendimento leva em conta inúmeras variáveis ligadas aos recursos e ao local de construção, dentre as quais estão a topografia, conformação do vale, geologia da região para a fundação no terreno e existência de materiais adequados para a sua construção. Outras importantes variáveis são definidas no projeto de concepção da obra por meio de estudos hidrológicos, entre elas estão o comprimento e a altura do corpo da barragem, processos construtivos, disponibilidade de equipamentos, planejamento do canteiro de obras. Além disso, deve-se considerar os aspectos econômicos do empreendimento (ELETROBRÁS, 2000 citado por CARVALHO, 2011).

#### 5.4.1 Barragens de aterro

As barragens de aterro (FIG. 1) são formadas de terra e/ou fragmentos de rocha. A sua construção depende do peso da estrutura e da impermeabilidade das camadas dos materiais utilizados na construção, de modo a evitar a passagem de água. Elas se dividem em subtipos como: barragens de terra, barragens de enrocamento e barragens de terra-

enrocamento. As barragens de terra, apesar de existirem em grande escala, são geralmente de tamanho reduzido e muito utilizadas para irrigação ou abastecimento em fazendas. As barragens de aterro compreendem 75 % de todas as barragens no mundo (CGIB, 2007). As barragens de enrocamento possuem coeficiente de permeabilidade muito alto, por isso são construídas sobre um núcleo de argila compactada ou sob uma placa de concreto na sua face à montante (OLIVEIRA, 2011).



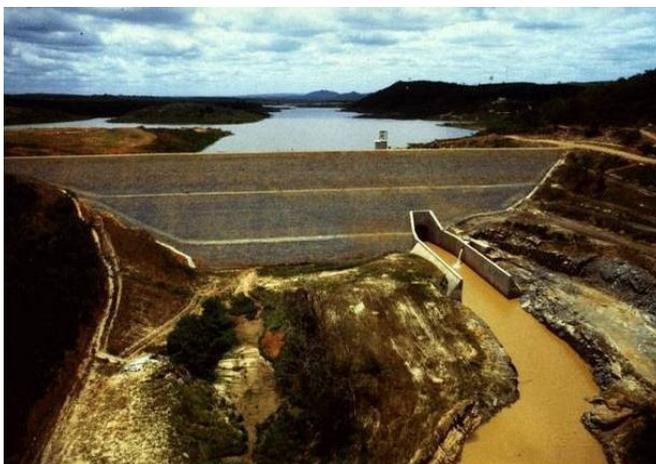
**FIGURA 1** – Barragem de terra  
Fonte: CIGB, 2007.

#### 5.4.2 Barragens de concreto

As barragens de concreto são construídas em estreitos vales onde as encostas rochosas favorecem boas condições de fundação para os encontros, ou seja, as laterais da barragem. Apesar de ser uma barragem muito resistente, há o risco de ocorrência de rachaduras se não for bem projetada; mas caso isso ocorra, não há arrastamento de materiais na sua ruptura. Há dois subtipos: barragens de gravidade, em arco e em contrafortes (CGIB, 2007).

Das barragens de concreto existentes no Brasil, as mais comuns são as do tipo gravidade (FIG. 2), também chamadas de barragens de peso (CARVALHO, 2011). As barragens de gravidade utilizam seu próprio peso para resistir à força da água armazenada, além de resistir à pressão de infiltração de água nas suas estruturas. Elas são construídas em blocos de alvenaria e concreto convencional ou compactado com rolo - CCR (CGIB,

2007, CARVALHO, 2011). São barragens cuja construção é recomendada para vales estreitos e rochosos (RAMOS, 2009).



**FIGURA 2** - Barragem de concreto de gravidade  
Fonte: SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ, 2012.

As barragens em arco (FIG. 3) são construídas com concreto e são em forma de arco cuja curva é à montante do fluxo das águas direcionando o peso da água represada para as paredes do vale. Nelas se utiliza menos concreto, porém precisam se ancorar em rochas laterais sólidas e compactas do vale estreito (COSTA; LANÇA, 2001 citado por OLIVEIRA, 2009).



**FIGURA 3** - Barragem de concreto em arco  
Fonte: HOOVER DAM, web site 2012

As barragens de contrafortes (FIG. 4) são construídas em concreto armado e dependem de suportes verticais (contrafortes) que funcionam como escoras no lado à jusante da barragem os quais fazem uma inclinação de 45° transferindo o peso da água represada para as fundações da barragem (CGIB, 2007). Podem ser construídas em largos vales rochosos de pouca profundidade (OLIVEIRA, 2011).



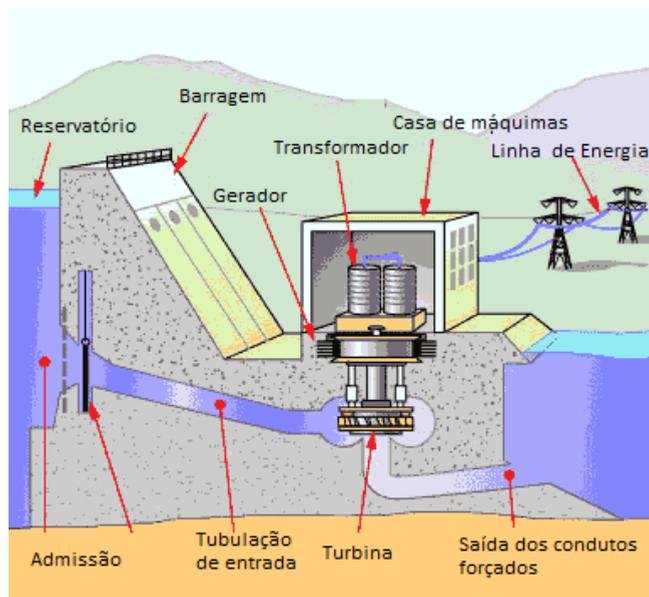
**FIGURA 4** - Barragem dare contrafortes  
Fonte: CIGB, 2007

#### 5.4.3 Elementos e funcionamento de barragens hidrelétricas

As Usinas de Produção de Energia Hidrelétrica - UHE ou pequenas centrais hidrelétricas - PCH transformam a energia potencial contida numa represa em energia cinética durante a descida na tubulação de entrada na turbina que transmite a rotação a um gerador a ela conectado, produzindo eletricidade.

Existem inúmeros elementos que compõem uma UHE ou PCH dos quais muitos causam grande impacto ambiental durante as suas operações normais. O conhecimento de alguns desses elementos e seu funcionamento ajuda a compreender melhor esses impactos. Esquemáticamente pode-se citar o corpo da barragem, reservatório ou espelho d'água, tomada d'água ou tubulação de entrada, turbina, casa de máquinas onde fica o gerador,

condutos forçados (penstocks) ou tubulação de saída os quais são submetidos a altas pressões (OLIVEIRA, 2009).



**FIGURA 5** - Esquema de uma usina Hidrelétrica  
Fonte: Adaptado da SEEPR, 2012

### 5.5 Impactos advindos da implantação de barragens

Do ponto de vista ambiental, as barragens afetam diretamente a biota e a qualidade física dos recursos. Qualquer construção ou operação humana em um ambiente naturalmente formado é potencial causador de impacto, seja positivo ou negativo.

O conceito de impacto ambiental de acordo com a Resolução nº. 01 do CONAMA (BRASIL, 1986) no seu artigo 1º é:

*“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:*

*I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*

*II - as atividades sociais e econômicas;*

*III - a biota;*

*IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;*

*V - a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL, 1986).*

As barragens e os reservatórios são impactantes ao meio ambiente porque provocam uma mudança em um grande número de fatores de caráter biológico e físico seja na sua implantação, operação ou desativação (OLIVEIRA, 2009).

Como toda obra de infraestrutura voltada para o desenvolvimento traz benefícios, há também o lado indesejável como: alterações na riqueza da fauna e flora ou biodiversidade, erosão, alteração na qualidade da água e problemas sociais em relação às populações locais envolvidas, que deve ser considerado por ocasião do projeto de construção de uma barragem.

As barragens, especificamente as geradoras de eletricidade, por serem de grande porte, produzem grandes impactos negativos sobre o meio ambiente. Esses impactos são verificados nas suas instalações, durante e além do tempo de operação alterando uma vasta área na região onde foram implantadas (OLIVEIRA, 2009).

A magnitude dos impactos depende da fase em que se apresenta a barragem. Geralmente, esses são mais significativos na implantação dependendo do tipo e complexidade da barragem. Apesar de movimentar grande quantidade de materiais, promover o acúmulo de gases tóxicos, condições anóxicas, eutrofização, alterações físicas e químicas da água, alterações nas características do curso d'água e no habitat de diversas espécies causando o desaparecimento destas (AGOSTINHO *et al.*, 2007), as barragens hidrelétricas, do ponto de vista de produção de energia, ainda causam menores impactos ambientais sendo soluções técnica e economicamente viáveis se comparadas às usinas termoeletricas a combustíveis fósseis e às produtoras de energia termonuclear que produzem grandes quantidades de resíduos poluentes.

O projeto de barragens deve objetivar ofertar melhoria do nível de vida da população e ao mesmo tempo a conservação do precioso recurso natural que é a água, que para tal deve ser promovido o seu uso racional e sustentável.

Embora a construção de uma barragem para fins de desenvolvimento social ou econômico seja sustentável, alguns dos impactos causados podem ter consequências insustentáveis, como a diminuição da biodiversidade.

Os impactos negativos oriundos da alteração na dinâmica das águas ocasionados pela implantação de uma barragem causam profundas modificações nas comunidades bióticas da sua área de influência (AGOSTINHO, 1992), mudando as relações tróficas e reprodutivas das espécies.

#### 5.6 Impactos negativos da implantação de barragens na Ictiofauna

A ictiofauna é estritamente dependente das características de seu habitat para a manutenção de suas funções biológicas como nutrição, locomoção, reprodução. Peixes com características migratórias são ainda mais dependentes dessas características por necessitarem de diferentes habitats para as mais importantes fases do seu ciclo reprodutivo como desova, desenvolvimento de alevinos e maturação sexual (GODOY, 1995).

Segundo Vono (2002), os barramentos sobre as comunidades de peixes implicam alterações dos hábitos alimentares e reprodutivos das espécies influenciando na sua composição, abundância e diversidade biológica, variáveis que devem ser analisadas no espaço e no tempo antes e depois da instalação do empreendimento para que se possa fazer um manejo adequado dessas populações.

O primeiro e imediato grande impacto sentido na comunidade de peixes pelos barramentos é o declínio de espécies migratórias reofílicas, ou seja, espécies que nadam contra a correnteza para a reprodução. A interrupção do seu movimento ascendente geralmente se relaciona com aspectos reprodutivos; no entanto, conforme Agostinho *et al.* (1987) podem haver outras motivações como as migrações tróficas.

A construção de barragens em série ou não, combinada à alta densidade de população humana, é responsável pela redução e desaparecimento de grandes espécies migradoras (LOWE-MCCONELL, 1987 citado por AGOSTINHO *et al.* 1994; VONO, 2002), o que contrariamente ocorre com espécies de comportamento oportunistas que rapidamente proliferam (VONO, 2002). Estas espécies são capazes de desenvolver mecanismos de adaptação ao novo ambiente e, por isso, são

favorecidas frente às demais caracterizando-se como oportunistas, uma vez que utilizam de recursos alternativos após o distúrbio ambiental (KUBECKA, 1993 citado por VONO, 2002). Essas espécies oportunistas, consoante Agostinho (1992) se caracterizam pelo pequeno porte, alto potencial reprodutivo e baixa longevidade, características que, geralmente, estão associadas a baixo valor comercial.

No Brasil há grande diversidade de peixes e uma enorme gama de espécies migratórias reofílicas como o surubi, o jaú e o dourado; entretanto poucas foram estudadas (VONO, 2002). O conhecimento das características reprodutivas dessas espécies é também essencial para o desenvolvimento de mecanismos de mitigação de impactos na ictiofauna.

Assim, a instalação de um represamento representa também a destruição de ecossistemas ribeirinhos de forma que comunidades de peixes sofrem uma inevitável perda na diversidade de espécies com a eliminação de vários componentes da sua cadeia alimentar e dos sítios reprodutivos (AGOSTINHO *et al.*, 1992; VONO, 2002).

Outro aspecto que pode ser considerado, no caso de desaparecimento ou redução drástica de espécies de peixes nativas é a introdução de espécies exóticas (predadoras) como as tilápias (*Oreochromis tilapia*) de modo intencional ou acidental resultando em depleção da biodiversidade e alterações na rede trófica na região do reservatório (CARVALHO, 2006). Conforme Silve; Pompeu (2008 citando COURTENAY; WILLIAMS, 1992; MACK *et al.*, 2000), a introdução de espécies exóticas é atualmente considerada como a segunda maior causadora da perda da biodiversidade.

Os aspectos biológicos das espécies estão diretamente ligados às variáveis físicas do ambiente que são alteradas pela implantação de um barramento. Essas alterações físicas são decorrentes da variação no fluxo e características físicas e químicas da água no perímetro alagado bem como os efeitos à jusante. Especificamente, são alterações na profundidade, fluxo e teor de sedimentos, as quais influenciam diretamente as variáveis limnológicas do curso d'água como pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido, causando estratificação na coluna d'água e alterações na dinâmica do reservatório ao longo do dia (PACHECO, 2004) atingindo toda a

fauna aquática. Essas mudanças nas variáveis físicas aliadas ao confinamento seletivo de algumas espécies tanto à montante como à jusante da barragem (AGOSTINHO, 1992) devem ser avaliadas a fim de se buscar uma efetiva mitigação desses impactos.

Dessa forma, com a instalação de barramentos, espécies que naturalmente estão em baixa densidade podem encontrar formas de aumentar sua população, enquanto outras podem ser reduzidas ou até eliminadas (AGOSTINHO, 1992).

As barragens condicionam três ambientes distintos, ou seja, jusante, montante e reservatório ou espelho d'água. A extensão da influência de um barramento pode abranger muitos quilômetros dependendo da sua quantidade num mesmo rio, do volume do rio, da sua dimensão, da declividade do terreno bem como das condições gerais da bacia hidrográfica.

O grau dos impactos negativos que envolvem a ictiofauna fluvial se relaciona diretamente com o processo de planejamento do empreendimento que por sua vez deve contemplar amplos conhecimentos dos diversos elementos físicos e biológicos a serem alterados na formação dos três ambientes.

#### 5.6.1 Impactos negativos à ictiofauna à jusante da barragem

A migração maioria dos peixes reofílicos do Brasil é ascendente, ou seja, da jusante para a montante do rio. O peixe nada contra o fluxo da água até se cansar chegando a certo local, geralmente cabeceiras, onde ocorre a desova. A esse fenômeno é chamado de piracema e ocorre uma vez por ano (GODOY, 1985).

A época específica para a desova no Brasil é no verão, após chuva torrencial a qual torna as águas mais oxigenadas e turvas proporcionando respectivamente suprimento e proteção nas fases iniciais de desenvolvimento dos alevinos (COLETTI, 2005). Primeiro ocorre a desova dos peixes de escamas depois dos peixes de couro, assim as larvas dos peixes de escamas ficam protegidas das larvas do peixe de couro que são predadoras daquelas (MARTINS, 2000 citado por COLETTI, 2005).

Outro aspecto importante é que a desova dos peixes reofílicos só ocorre quando aumenta o nível das águas do rio e nunca quando este está estável ou em nível mais baixo. Isso é devido ao fato de que na cheia o rio extravasa e forma lagoas marginais onde são depositados milhares de ovos pela correnteza (COLETTI, 2005), o ambiente lótico em seguida formado propicia condições estáticas ideais para a incubação dos ovos (GODOY, 1985). Nessa lógica, qualquer alteração no fluxo da água influirá na cronologia reprodutiva das espécies atrasando ou adiando a desova com consequências negativas para o ambiente.

A regulação artificial do nível da barragem causa a variação de áreas alagáveis já mencionadas o que pode prejudicar espécies que dependem dessas áreas às margens do rio para sua reprodução e desenvolvimento de formas jovens, podendo ser agravado pela força das águas ao provocar alterações nas formas do canal e suas características granulométricas (AGOSTINHO, 1992). A título de exemplo, a regulação artificial causou um fenômeno observado na Barragem de Três Marias no Rio São Francisco onde esse controle impediu a inundação das lagoas marginais à jusante comprometendo a dinâmica reprodutiva das espécies (VONO, 2002).

Assim, as variações bruscas no nível fluviométrico são responsáveis pelo empobrecimento das comunidades aquáticas dos ambientes lóticos à jusante dos barramentos (AGOSTINHO *et al.*, 1999 citado por SILVE; POMPEU, 2008). De acordo com Gore (1977 citado por SILVE; POMPEU, 2008), as alterações nas condições do habitat hidráulico se associam ao arraste de organismos que não conseguem se fixar para completar a fase reprodutiva, às mudanças na taxa de recrutamento (número de sobreviventes de certa espécie com determinada idade ou estágio de vida escolhida arbitrariamente) e à condição nutricional de certas espécies.

Outro impacto negativo à jusante dos barramentos é a retenção de sólidos em suspensão e sedimentos pela barragem deixando a “água limpa”. Essa água tem a capacidade de capturar sedimentos por meio de erosão e de transportá-los recompondo, dessa maneira, sua carga ao longo do curso fluvial (MANYARI, 2007). Por conseguinte, as extensões mais próximas à jusante das barragens estão mais sujeitas às consequências negativas da

transparência da água que lançada após a barragem favorece a mortandade de indivíduos jovens por predação (AGOSTINHO, 1992) o que é intensificado quando se trata de espécies de pequeno porte (VONO, 2002). A retenção de sedimentos também causa mudanças no habitat relacionadas ao abrigo, desova e à disponibilidade de alimento bentônico (AGOSTINHO, 1992), visto que a retenção do material orgânico e mineral leva ao declínio do desenvolvimento da flora e fauna alimentar dos peixes, não favorecendo a formação de ambientes lacustres marginais essenciais para o desenvolvimento das formas jovens que outrora eram formados.

Injúrias na transposição de vertedouros e turbinas de UHE bem como a falta de abrigos causam, pela facilidade de captura, o aumento na incidência de predadores e pescadores ilegais nas proximidades das barragens. Vono (2002) observou elevado número de indivíduos de espécie migratória à jusante da barragem o que leva a crer que isso, associado à pressão de pesca e/ou predação, aumenta o impacto negativo na abundância e diversidade de peixes à jusante. Nesse caso, a presença de dispositivos de transposição de peixes de espécies migratórias reofílicas é imprescindível ao acesso às áreas de reprodução e/ou alimentação à montante da barragem (Agostinho *et al.*, 1992).

Dependendo da altura do vertedouro, tipo de turbina e forma de operação desta, pode ocorrer grande mortalidade de peixes na barragem. A grande turbulência hidráulica cria áreas cuja pressão negativa se aproxima do ponto de vaporização resultando em elevada mortalidade de peixes. Os peixes que sobrevivem, injuriados caem à jusante e são presas fáceis para predadores. A mortalidade também é aumentada nas operações de manutenção das turbinas da UHE onde ocorre asfixia dos peixes que entram nas tubulações (AGOSTINHO, 1992).

A supersaturação gasosa nas áreas adjacentes à barragem é outra possível causadora de impacto à jusante, por consequência do fluxo da barragem. Isso pode causar grande mortandade de peixes por embolia gasosa dependendo do tempo de exposição a essa condição, da temperatura da água bem como da espécie em questão que, consoante Agostinho (1992), esse efeito está limitado ao espaço mais próximo à barragem, sendo um

fenômeno mais raro, mas que pode ser relevante no período de desova dos peixes migradores.

Durante o enchimento do reservatório há a interrupção abrupta do fluxo de água à jusante sendo a causa mortalidade dos peixes principalmente formas jovens que ficam retidas em pequenos lagos às margens e no novo leito do rio (AGOSTINHO, 1992). A alteração da profundidade e o fluxo alteram radicalmente o habitat de algumas espécies, podendo levar ao seu desaparecimento. Assim também o controle do nível da barragem, especialmente durante a época chuvosa, pode interferir na cheia natural do rio o que retardará a migração reprodutiva dos adultos de espécies migratórias reofílicas como já mencionado, implicando uma menor taxa de sobrevivência de jovens por desova em época imprópria (AGOSTINHO, 1992).

#### 5.6.2 Efeitos negativos na ictiofauna no reservatório da barragem

O primeiro impacto no reservatório ocorre com a mudança na dinâmica das águas do rio que passa de lótico para lêntico ou semilêntico impondo um drástico efeito negativo na sobrevivência de espécies, especialmente as migratórias reofílicas, sendo mais favoráveis às espécies mais versáteis ou aquelas que sobrevivem em lagoas sazonais ao lado do leito dos rios (AGOSTINHO, 1992).

Em alguns rios, na estação de maior pluviosidade, especialmente naqueles de planície, ocorre alagamento das margens propiciando condições necessárias à desova de algumas espécies e desenvolvimento inicial da maioria das espécies ícticas (AGOSTINHO, 1992). Dessa forma, com a instalação do barramento há também a formação de novos habitats dos quais se destacam bancos de areia, galhadas submersas, bancos de macrófitas (plantas aquáticas). Todavia, há também a perda de muitos habitats como as lagoas marginais, canais e remansos, porções e corredeiras. Finalmente, um conjunto de modificações tão profundas ocorre e acaba por criar um novo ecossistema (BAXTER, 1997 citado por SILVE; POMPEU, 2008) favorecendo espécies mais adaptadas a inundações, substituindo espécies de áreas não

inundáveis (JUNK; MELLO, 1990). Também condições físicas e químicas próprias de certos tipos de habitats interferem na disponibilidade de alimentos e abrigos, conseqüentemente prejudicando o crescimento populacional de inúmeras espécies de peixes cujos habitats dependem das cheias naturais dos rios (AGOSTINHO, 1992).

A mudança de um ambiente lótico para lêntico gera também a formação de estratos onde se observa uma evidente heterogeneidade nas condições físicas. O principal fator responsável pela grande heterogeneidade vertical em um reservatório é o fenômeno da estratificação térmica seguida pela estratificação química e biológica (PADIAL *et al.* 2009). A amplitude térmica presente na coluna d'água, juntamente com a liberação de gases da decomposição da matéria orgânica submersa como gás carbônico e metano, conduz à eliminação quase total do oxigênio nos estratos mais profundos do reservatório ou hipolímnio propiciando a eliminação da ictiofauna bentônica (AGOSTINHO, 1992).

Na camada superficial do reservatório concentra-se a maior parte do oxigênio dissolvido total. Muitos peixes são capazes de subir e captar o oxigênio dessa camada mostrando que são muitas adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e/ou estratégias comportamentais como a migração horizontal e o deslocamento vertical para sobrevivência a baixas concentrações de oxigênio (ESPÍRITO-SANTO; MAURENZA, 2002).

Embora existam diversas estratégias biológicas de sobrevivência das espécies ícticas, as variações espaciais e temporais na deposição de sedimentos na represa e no nível do reservatório podem impedir, conforme a magnitude, a estabilidade de comunidades bentônicas, por afetar a disponibilidade de alimentos para os peixes (AGOSTINHO, 1992). Outro detalhe relevante no tocante à disponibilidade de alimentos é a redução na relação entre área terrestre em oposição à área aquática que, conforme esse autor possui algum efeito negativo provavelmente relacionado à abundância e à diversidade das espécies de peixes que se alimentam de frutos.

Entre outros impactos possíveis no reservatório de uma barragem está presente o fenômeno da eutrofização que ocorre durante a sua formação ou enchimento e que é o produto da lixiviação de nutrientes dos solos inundados

que juntamente com a biomassa submersa contribui com carga poluente rica em nitrogênio e fósforo. Isso normalmente aumenta, de forma considerável, o teor de nutrientes ocasionando a proliferação excessiva de macrófitas aquáticas flutuantes, podendo eliminar a ictiofauna (AGOSTINHO, 1992; JUNK; MELLO, 1990). Além disso, esse fator também é agravado pelas atividades antrópicas, como a agropecuária e industriais presentes na bacia de contribuição do rio represado.

#### 5.6.3 Efeitos negativos na ictiofauna à montante da barragem

Esses efeitos se relacionam à possibilidade de, dependendo da topografia da bacia, propiciar o aumento da população de algumas espécies e mesmo a introdução destas em trechos à montante causando desequilíbrio. Dessa forma, o reservatório estendendo o ambiente lântico à montante possibilita o acesso de populações de espécies lacustres a outros rios tributários impactando negativamente a ictiofauna nestes (AGOSTINHO, 1992).

#### 5.7 Medidas mitigadoras de impactos negativos na ictiofauna

As medidas de prevenção ou mitigação dos efeitos negativos nas intervenções humanas têm ganhado enfoque nas últimas décadas desde que se reconheceu a necessidade de se reabilitar ecossistemas devido aos prejuízos econômicos incorridos. Por essa razão, atualmente, há uma forte demanda por meios ou ferramentas capazes de prever melhor como os sistemas fluviais serão atingidos pelas mudanças ambientais de natureza humana ou mesmo naturais, como vem ocorrendo no caso das mudanças climáticas globais.

Uma dessas atuais ferramentas é o EIA (Estudo de Impactos ambientais). O EIA é, por força de Lei Federal, obrigatório em obras de grande impacto devendo ser específico para estas, sendo realizada previamente por servir de instrumento de planejamento e subsídio à tomada de decisões na implantação da obra; deve contemplar amplos estudos em

diversas áreas do conhecimento, sendo, por isso, interdisciplinar, considerando os aspectos físicos, químicos, biológicos e sociais do empreendimento, seguindo etapas pré-determinadas de levantamento, avaliação, medidas mitigadoras e monitoramento (FORNASARI FILHO; BITAR, 1995).

#### 5.7.1 A importância do levantamento de informações antes da implantação de uma barragem

O levantamento da ictiofauna por amostragem, contemplado no EIA, é procedimento obrigatório segundo Resolução CONAMA n.º. 237 / Instrução normativa IBAMA n.º. 146 Art. 5 § III, podendo até ser complementado por entrevistas à população para levantamento de informações sobre espécies já há muito tempo extintas na região. A ausência desses instrumentos prejudicar a aquisição de informações úteis na mitigação dos impactos negativos (POMPEU, SILVE, 2008).

A título de exemplo, há um trabalho de Silve, Pompeu (2008) de levantamento das informações contidas em relatórios de EIA de 40 PCH em estudo ou em fase de implantação em Minas Gerais os quais mostraram presença de 80 % de espécies migradoras. Isso aponta para o fato de que em bacias hidrográficas sul-americanas as espécies mais comuns da ictiofauna são as migradoras e dentro destas estão as espécies de maior porte (AGOSTINHO; JÚLIO JUNIOR, 1999). Assim se torna mais importante ainda a criação de mecanismos que assegurem a sobrevivência dessas espécies como construção, manutenção de canais de desova ou escada de transposição, para a reprodução de espécies com migração reprodutiva (AGOSTINHO, 1992).

*Esses impactos* podem ocorrer em toda a área de influência da barragem podendo se estender por vários quilômetros, tanto à montante quanto à jusante ou mesmo no reservatório. Medidas mitigatórias de impactos precisam ser pensadas no planejamento, execução e manutenção da barragem devendo levar em conta as características dos diversos ambientes formados e as interações físicas e biológicas de seus elementos.

### 5.7.2 Salvamento da ictiofauna à jusante da barragem

O resgate ocorre nas enseadeiras (FIG. 7) e durante as operações da fase de enchimento dos reservatórios as quais causam interrupção abrupta do fluxo especialmente em trechos de vazão reduzida sendo muitas vezes necessária a interferência de engenharia. Nas operações de parada das máquinas quando há entrada de cardumes no tubo de sucção da turbina (FIG.8), há também a necessidade de salvamento, o que não se observou em nenhum momento nos levantamentos de EIA de PCH de Minas Gerais.

No trabalho de Silve; Pompeu (2008), o programa de resgate da ictiofauna (FIG. 6) em PCH em Minas Gerais foi a segunda medida mitigadora de maior relevância.



**FIGURA 6** - Salvamento da ictiofauna com o fechamento da barragem de Chapecó

Fonte: UNOCHAPECÓ, 2010



**FIGURA 7** - Ensecadeira na construção da Usina de Belo Monte  
Fonte: ORM, 2012

Uma outra forma de diminuir a mortalidade de peixes à jusante é o controle da vazão para a regulação do nível do rio de onde se tem instalada a barragem, beneficiando a ictiofauna bentônica e marginal que certamente será prejudicada pela diminuição da carga sedimentar e mudança natural das cheias do rio. Para o procedimento de controle de vazão é imprescindível o monitoramento das variáveis limnológicas do rio e conhecimentos específicos da ictiofauna envolvida.



**FIGURA 8** – Tubo de sucção da turbina, operação de salvamento de peixes  
Fonte: ITAIPU, 2012.

Por haver acúmulo de peixes migratórios próximo ao barramento, foi sugerido por Agostinho (1992) o controle da pesca nos primeiros quilômetros à jusante da barragem.

### 5.7.3 - Mecanismo de transposição de Peixes (MTP) ou Escadas para peixes

A construção de Mecanismos de Transposição de Peixes - MTPs (FIG. 9) está entre as muitas estratégias usadas para a mitigação dos impactos causados pelo bloqueio exercido pelas barragens na migração dos peixes reofílicos. Tais escadas, durante muito tempo, não obtiveram a devida importância no Brasil, sendo poucas construídas e sem atender aos padrões biológicos e de engenharia (MARTINS, 2000).

Consoante Kusma; Ferreira (2008), os MTPs são estruturas hidráulicas cujo principal objetivo é permitir a subida e/ou descida dos peixes ao longo do curso do rio transpondo a barragem.

Uma das maiores dificuldades é a locação do mecanismo de escada de transposição. A identificação do melhor local para se instalar uma escada de peixes não é uma tarefa fácil, pois demanda complexas análises multidisciplinares e que, geralmente, só podem ser desenvolvidas após a instalação da UHE (MARTINEZ, 2008). Algumas vezes, as escadas, ao invés de ajudar, se tornam um obstáculo à subida dos peixes, visto que se os peixes não reconhecem prontamente a entrada da escada, passam a ficar em suas imediações por um tempo prolongado demais podendo atrasar ou não haver a migração, comprometendo a desova (KUSMA; FERREIRA, 2008).

O caminho mais seguro para garantir que a entrada atrairá os peixes é conhecer a temperatura na área do canal adjacente e o comportamento dos peixes em relação às características hidráulicas da passagem na entrada do mecanismo de transposição de forma que a força do escoamento nessa entrada propicie a quantidade de movimento adequada para os peixes superarem a vazão da saída de água. Grandes vazões são requeridas para se obter um escoamento suficiente para atração dos peixes. Essas podem

ser supridas por bombas de grande capacidade (MARTINEZ, 2008; KUSMA; FERREIRA, 2008).



**FIGURA 9** - Mecanismo de Transposição de Peixes  
UHE Eliezer Batista em Aimorés  
Fonte: UHE AIMORES, 2009.

#### 5.7.4 Monitoramento Limnológico e Ictiofaunístico para controle e manejo da ictiofauna

Uma das formas de mitigação de impactos negativos por barramentos à ictiofauna é o monitoramento de comunidades de peixes e das variáveis limnológicas. Esses métodos aliados à proteção das áreas de desova, controle de locais, períodos e aparelhos de pesca (AGOSTINHO, 1992), juntamente com o controle sistemático nas operações de funcionamento e manutenção de UHEs e PCHs, compreendem o conjunto de procedimentos fundamentais para proteção da fauna íctica .

As análises para monitoramento podem ser divididas em três modalidades conforme procedimento realizado por Hahn *et al.*(2000) em UHE de Passo Fundo, RS – análise limnológica, monitoramento ictiofaunístico e análise de metais pesados – em que são escolhidos pontos georreferenciados nos quais serão obtidas amostras em ocasiões pré-determinadas.

##### 5.7.4.1 Análise Limnológica

A análise limnológica consiste na obtenção de informações através de dados físicos e químicos para análises de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, pH e temperatura que podem ser feitas no local através de sonda multiparâmetro. Outras análises como nitrogênio total, fósforo total, clorofila A e diversidade fitoplanctônica também são de ordem limnológica e são feitas em laboratório. Todas essas informações remetem propriamente à obtenção do IQAR (Índice de Qualidade da Água do Reservatório) que dessa mostra a qualidade da água dos ecossistemas aquáticos continentais (WETZEL, 2001 citado por MAROTTA *et al.*, 2008), suporte para o seu efetivo gerenciamento. Os períodos de coleta de amostras são escolhidos de acordo com as principais estações do ano (HAHN *et al.*, 2000).

A temperatura aquática é influenciada diretamente pela radiação solar, com exceção de influência antrópica como despejos de atividades industriais e urbanas, de termelétricas e de usinas atômicas que operam nas margens de um reservatório. A temperatura tem influência em todos os aspectos da biologia das espécies aquáticas estabelecendo os diversos tipos de organismos que podem viver em determinado ecossistema, uma vez que todas as formas de vida aquática têm uma faixa de temperatura para seu desenvolvimento e se essa for ultrapassada haverá consequências no número de indivíduos da espécie ou mesmo extinção desta. Essa variável influencia também nas características químicas como oxigênio dissolvido (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ, 2012).

O oxigênio dissolvido tem relação direta com o aumento da temperatura, sendo sua maior concentração no verão (HAHN *et al.*, 2000), mas que por outro lado é inversamente proporcional aos níveis hidrométricos. (VAZZOLER *et al.*, 1997 citado por HAHN *et al.*, 2000). As alterações nessa variável podem influenciar diretamente e negativamente a ictiofauna bentônica.

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva à mesma (UFRJ, 2012). É uma importante variável no que diz respeito a fatores reprodutivos da ictiofauna, pois, já anteriormente mencionado, a desova dos peixes ocorre

em períodos de maior turbidez da água, geralmente no início das chuvas o que proporciona maior proteção à predação de ovos e alevinos.

O pH da água é a medida da concentração de íons de Hidrogênio. O pH da água determina a solubilidade e a disponibilidade dos nutrientes tais como o fósforo o nitrogênio, o carbono e os metais pesados para a biota aquática consequentemente influenciando a ictiofauna (UFRJ, 2012).

O nitrogênio e o fósforo, sendo provenientes da matéria orgânica em decomposição e contribuições de despejos das atividades antrópicas na bacia, são variáveis que dependem do pH e são os promotores da eutrofização com a proliferação de algas e macrófitas, influenciando assim, indiretamente, na quantidade de oxigênio dissolvido afetando a ictiofauna.

#### 5.7.4.2 Monitoramento Ictiofaunístico

O monitoramento ictiofaunístico tem como objetivo avaliar os aspectos tróficos e reprodutivos das espécies presentes na área de influência de uma barragem.

São colocadas redes que permanecem cerca de 24 horas na água com revisões a cada 12 horas nos pontos de amostragem do reservatório. Os exemplares das espécies coletadas são submetidas à análise de conteúdo estomacal, estrutura de população e aspectos reprodutivos como período de reprodução, locais de desova e fase juvenil. Os períodos de coleta podem ser feito bimestralmente (HANH *et al.*, 2000).

#### 5.7.4.3 Análise de metais pesados

A análise de metais pesados objetiva obter informações sobre a concentração de metais como chumbo, cobre, níquel, mercúrio, cádmio e cromo, elementos presentes em quantidades muito pequenas e, embora muitos sejam essenciais, em quantidades excessivas são tóxicas para a ictiofauna e consequentemente também para humanos que se alimentam desses peixes. É feita através de coleta de peixes de diferentes níveis tróficos dos quais são extraídas amostras de fígado e de músculos e submetidas à espectrofotometria de absorvância atômica (HAHN *et al.*, 2000).

### 5.7.5 Repovoamento de espécies ícticas nativas

O repovoamento é uma ação na estratégia multidisciplinar de conservação da biodiversidade aquática que consiste em restabelecer populações naturais a partir da liberação de alevinos obtidos de estações de piscicultura (LOPERA-BARRERO *et al.*, 2007). A técnica se baseia nos estudos da taxa de fertilização, mortalidade de reprodutores durante o manejo reprodutivo e a variabilidade genética dos parietais e da progênie, conforme trabalho de (RIBEIRO *et al.*, 2007) com espécie nativa migradora no Rio Grande do Sul.

Dentre essas ações vale ressaltar os problemas relacionados à introdução de espécies exóticas em ambientes de reservatórios de barragens, o que consiste numa barreira à biodiversidade e precisam ser melhor desenvolvidas tecnologias de criação em tanque dessas espécies para evitar sua introdução livre ou escape nesses ambientes (AGOSTINHO, 1992).

### 5.7.6 Proteção e recomposição da flora da bacia de contribuição à montante da barragem

A proteção da vegetação ciliar e das encostas, principalmente à montante com o objetivo de reduzir o processo erosivo controlando a carga sedimentar e conseqüentemente o assoreamento do reservatório, contribui para a manutenção de comunidades ícticas em toda a área de abrangência dos reservatórios, estabilizando as comunidades litorâneas e bentônicas, fornecendo abrigo, alimentos alóctones para espécies frugívoras e insetívoras como também tornando as áreas marginais adequadas à desova de peixes (AGOSTINHO, 1992).

Para que seja efetiva a recomposição da flora marginal, a educação ambiental é uma opção complementar com ações de orientações sobre desmatamentos ilegais, distribuição de mudas, incentivo à piscicultura em tanques, que podem ser desenvolvidas com esse intuito (AGOSTINHO, 1992).

## 6 CONCLUSÃO

A instalação de barragens conduz ao desequilíbrio na abundância e diversidade das espécies ícticas impactando na biodiversidade local, favorecendo espécies de menor valor econômico já presentes nesses ambientes. A extensão desses impactos vai além do local do reservatório formado se estendendo por um longo período. A previsão desses impactos é importante na sua mitigação, mas os conhecimentos necessários para isso devem ser obtidos através do estudo prévio das condições ambientais locais e monitoramento posterior ao projeto da barragem. A ausência desses conhecimentos e a inobservância dos princípios que regem os ecossistemas aquáticos têm ocasionado muitos fracassos na implementação de medidas mitigadoras desses impactos.

## REFERENCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL – ANEEL. 2000. Disponível em: <[http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas\\_1edicao/atlas/energia\\_hidraulica/3\\_3\\_potencial.html](http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas_1edicao/atlas/energia_hidraulica/3_3_potencial.html)>. Acesso em: 27 jul. 2012.

AGOSTINHO, A. A. Pesquisas, monitoramento e manejo da fauna aquática em empreendimentos hidrelétricos. In: COMASE. **Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro**: caderno I: fundamentos. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS, 1994. p. 38-59 *apud* VONO, V. **Efeitos da implantação de duas barragens sobre a estrutura da comunidade de peixes do rio Araguari (Bacia do Alto Paraná, MG)**. 2002. 132 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUEM, 2007. 501 p.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR., H. F. Peixes da bacia do alto rio Para-ná. In: LOWE-MCCONNEL. R.H. **Estudos Ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: EDUSP, 1999. Cap.16, p.374 – 400 *apud* SILVE E. M.; POMPEU, P. S. Análise crítica dos estudos de ictiofauna para o licenciamento ambiental de 40 PCH no Estado de Minas Gerais. **Revista PCH Notícias & SHP News**, v. 9, n. 37, abr./maio/Jun. 2008.

AGOSTINHO, A. A.; JULIO JUNIOR, H. F.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos na ictiofauna e medidas para a sua atenuação: um estudo de caso: reservatório de Itaipú. **Revista UNIMAR**, Maringá, n. 14, p. 89-107, out. 1992. Suplemento.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JUNIOR, H. F.; GOMES, L. C.; BINI, L. M.; AGOSTINHO, C. S. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. **A planície de inundação do alto rio Paraná**: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: EDUEM, 1997. p. 229-248.

BAXTER, R. M. Environmental effects of dams and impoundments. **Annual Review in Ecology and Systematics**, n. 8, p. 255-283, 1977 *apud* SILVE. E. M.; POMPEU, P. S. Análise crítica dos estudos de ictiofauna para o licenciamento ambiental de 40 PCH no Estado de Minas Gerais. **Revista PCH Notícias & SHP News**, v. 9, n. 37, abr./maio/Jun. 2008.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa IBAMA n 146, de 10 de janeiro de 2007. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 8, 11 jan. 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia do Brasil. **Energia em 2007: resultados finais.** Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432&pageld=15043](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageld=15043)>. Acesso em: 18 jun. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n. 237 de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 247, 22 dez. 1997. Seção 1. p. 30841-30843.

CARVALHO, G. A. **Estudo temporal da estratificação no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu e suas influências nos drenos de fundação da barragem de concreto.** 2011. 152 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade Federal do ABC. São Paulo: UFABC, 2011.

CARVALHO, O. A. 2006. **Água sobre a terra: lugar e territorialidade na implantação de grandes hidrelétricas.** 2006. 185 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre: UFRGS/PPGEA, 2006.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS - ELETROBRAS. **Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas.** 2000. Disponível em [http://www.eletrobras.gov.br/EM\\_Programas\\_PCH-COM/capitulos.asp](http://www.eletrobras.gov.br/EM_Programas_PCH-COM/capitulos.asp)>. Acesso em: 17 jul. 2010 *apud* CARVALHO, G. A. **Estudo temporal da estratificação no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu e suas influências nos drenos de fundação da barragem de concreto.** 2011. 152 f. Dissertação (Mestrado de Energia) - Universidade Federal do ABC, São Paulo: UFABC, 2011.

COLETTI, J. Z. **Características do escoamento ao longo de uma escada de peixes do tipo Ranhura Vertical.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Recursos Híbridos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2005.

COMISSÃO INTERNACIONAL DE GRANDES BARRAGENS – CIGB. **As Barragens e a Água do Mundo.** Rio de Janeiro: CBDB, 2007.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS – CBDB. **A história das barragens no Brasil, séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens.** Rio de Janeiro: CBDB, 2011. 524 p.

COSTA, M. V.; CHAVES, P. S. V.; OLIVEIRA, F. C. Uso das técnicas de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005 *apud* OLIVEIRA, M. L. **Sistematização da Análise de Impactos Ambientais em UHE**. 2009. 99 f. Monografia (Graduação em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre, 2009.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Consultas**. 2004. Disponível em: <[www.dae.gov.br](http://www.dae.gov.br)>. Acesso em: 3 de jul. 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS – DNOCS. **Barragens no Nordeste do Brasil**: experiência do DNOCS em barragens na região semi-árida. Fortaleza: DNOCS, 1982.

DIAS, M. C. O. (Coord.); PEREIRA, M. C. B.; DIAS, P. L. F.; VIRGÍLIO, J. F. **Manual de impactos ambientais**: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1999. 297 p.

ESPÍRITO-SANTO, H. M. V.; MAURENZA, D. Distribuição da ictiofauna bentônica segundo a disponibilidade de oxigênio dissolvido no complexo do Catalão na época da cheia, Amazônia Central. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA NO BRASIL, 7., 2005. Caxambu. **Anais...** Caxambu, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. **Environmental Management**, v. 27, n. 3, p. 377-396, Mar. 2001.

FORNASARI FILHO, N.; BITAR, O. Y. O meio físico em estudos de impacto ambiental-EIAs. In: BITAR, O. Y. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1995. Cap. 4.1, p.151-163.

GODOY, M. P. **Elementos de biologia de peixes e de qualidade de água**. Brasília, DF: ELETROSUL, 1985.

GORE, J. A. **Reservoir manipulations and benthic macroinvertebrates in a prairie river**. **hydrobiologia**, v. 55, p. 113-123, 1977 *apud* SILVE, E. M.; POMPEU, P. S. Análise crítica dos estudos de ictiofauna para o licenciamento ambiental de 40 PCH no Estado de Minas Gerais. **Revista PCH Notícias & SHP News**, v. 9, n. 37, abr./maio/Jun. 2008.

HAHN, L.; CAMARA, L. F.; REIS, R.; VOTTO, A. G. **Monitoramento ictiofaunístico e limnológico no reservatório da usina hidrelétrica de Passo Fundo, Gerasul, RS**. Rio Grande do Sul: PUCRS, 2000. Disponível em: <[cite-nel.aneel.gov.br/historico%5Clicitenel%5Ctrabalhos%5C53.pdf](http://cite-nel.aneel.gov.br/historico%5Clicitenel%5Ctrabalhos%5C53.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2012.

HOOVER Dam. 2012. Website. Disponível em: <<http://www.usbr.gov/lc/hooverdam/gallery/damviews.html>>. Acesso em: 27 jul. 2012.

JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira, Manaus. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 4, n. 8, jan./abr. 1990.

KUBECKA, J. Succession of fish communities in reservoirs of Central and Eastern Europe. In: STRASKRABA, S., TUNDISI, J. G.; DUNCAN, A. (Eds.). **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 153-168 *apud* VONO, V. **Efeitos da implantação de duas barragens sobre a estrutura da comunidade de peixes do rio Araguari (Bacia do Alto Paraná, MG)**. 2002. 132 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

KUSMA, C. M.; FERREIRA, F. W. Mecanismo de transposição de peixes de pequena central hidrelétrica. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 89-94, fev. 2010.

LOPERA-BARRERO, N. M.; RIBEIRO, R. P.; POVH, J. A. O repovoamento de peixes: uma estratégia multidisciplinar? **Aquicultura e Pesca**, v. 30, n. 1, p. 71-74, 2007.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Ecological studies in tropical fish communities**. Cambridge University Press, 1987 *apud* VONO, V. Efeitos da implantação de duas barragens sobre a estrutura da comunidade de peixes do rio Araguari (Bacia do Alto Paraná, MG). 2002. 132 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002.

MANYARI, W. V. **Impactos ambientais a jusante de hidrelétricas, o caso da usina de Tucuruí, PA**. 2007. 211 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético e Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento Limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Revista Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 11, n.1, p. 67-79, jan./jun. 2008.

MARTINEZ, C. B; VIANA, E. M. F.; TORQUATO, V. C. O uso de modelos reduzidos como suporte para decisão na locação de mecanismos de transposição de peixes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 6., 2008, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2008.

MARTINS, S. L.; TAMADA K. **Sistemas para a transposição de peixes**. São Paulo: EPUSP, 2000. 30 p.

MARTINS, S. L. **Sistemas para transposição de peixes**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da USP, 2000 *apud* COLETTI, J. Z. **Características do escoamento ao longo de uma escada de peixes do tipo Ranhura Vertical**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Recursos Híbridos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

OLIVEIRA, C. R. O. **Impactos Ambientais em Barragens**. 2004. 85 f. Monografia. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, M. L. **Sistematização da Análise de Impactos Ambientais em UHE**. 2009. 99 f. Monografia (Graduação em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre, 2009.

ONDA Azul. Disponível em: [www.ondazul.org.br/downloads/arquivos/11.pdf](http://www.ondazul.org.br/downloads/arquivos/11.pdf). Acesso em: 4 jun. 2004 *apud* OLIVEIRA, C. R. O. **Impactos Ambientais em Barragens**. 2004. 85 f. Monografia. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

PACHECO, F. S.; CESAR, D. E.; ROLAND, F. Variação Nictameral de Fatores Abióticos no Reservatório da UHE de Serra da Mesa/GO. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2004, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 2004.

PADIAL, P. R.; POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água no reservatório do Rio das Pedras (Complexo Billings São Paulo, 2004). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 35-53, 2009.

PIROLI, C.; BORA, C. F. **Recuperação de leituras e mapeamento geoestatístico do nível de água subterrâneo de uma barragem de terra do estado do Paraná**. 2009. 102 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

PORTAL ORM. **Ocupação de canteiro de obras de Belo Monte por indígenas continua**. 2012. Notícia. Disponível em: <http://noticias.orm.com.br/noticia.asp?id=596752&ocupação+de+canteiro+de+obras+de+belo+monte+por+indígenas+continua>. Acesso em: 18 ago. 2012.

RAMOS, P. P. M. **Análise de deformações transientes em misturas asfálticas aplicadas como elemento impermeabilizante em barragens de enrocamento**. 2009. 182 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

RÊGO, A. C. L. **Composição, abundância e dinâmica reprodutiva e alimentar de população de peixes em reservatório recém formado (UHE – Capim Branco I – Minas Gerais)**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

RIBEIRO, R. P.; STREIT JUNIOR, D. P.; POVH, J. A.; SIROL, R. N.; URIBE, L.; VARGAS, L. D. M.; LOPEIRA, N. M.; GOMES, B. P.; DIGMAYER, M. Modelo de manejo e monitoramento para programas de repovoamento de espécies de peixes nativas migradoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DE PRODUÇÃO DE PEIXES NATIVOS DE AGUA DOCE, 1.; ENCONTRO DE PSICULTORES DE MATO GROSSO DO SUL, 1.; 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2007.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ. **Dia a dia educação:** usina hidrelétrica. 2012. Disponível em: <<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/mylinks/viewcat.php?cid=11&min=1300&orderby=titleA&show=10>>. Acesso em: 31 jul. 2012.

SILVE, E. M.; POMPEU, P. S. Análise crítica dos estudos de ictiofauna para o licenciamento ambiental de 40 PCH no Estado de Minas Gerais. **Revista PCH Notícias & SHP News**, v. 9, n. 37, abr./maio/Jun. 2008.

TUNDISI, J. G. Reservatórios como sistemas complexos: Teoria, aplicações e perspectivas para uso múltiplo. In.: HENRY, R. (Ed.) **Ecologia de reservatórios:** estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FUNDIBIO, FAPESP, 1999. 799 p. *apud* RÊGO, A. C.L. **Composição, abundância e dinâmica reprodutiva e alimentar de população de peixes em reservatório recém formado (UHE – Capim Branco I – Minas Gerais)**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ. **Turbidez**. 2012. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/turb.htm>>. Acesso e: 19 ago. 2012.

UNOCHAPECÓ. **Instituto Goio-En realiza resgate e salvamento de peixes na Usina Foz do Chapecó**. 2012. Notícia. Disponível em: <<http://www.unochapeco.edu.br/slo/noticias/instituto-goio-en-realiza-resgate-e-salvamento-de-peixes-na-usina-foz-do-chapeco/>>. Acesso em: 18 ago. 2012.

USINA DE AIMORÉS. **Hidrelétrica Eliezer Batista**. 2012. Disponível em: <<http://www.uheaimores.com.br/?x=estrutura>>. Acesso em: 18 ago. 2012.

VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, 1997 *apud* HAHN, L.; CAMARA, L. F.; REIS, R.; VOTTO, A. G. **Monitoramento ictiofaunístico e limnológico no reservatório da usina hidrelétrica de Passo Fundo, Gerasul, RS**. Rio Grande do Sul: PUCRS, 2000. Disponível em: <citel.aneel.gov.br/historico%5Ccitel%5Ctrabalhos%5C53.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2012.

VONO, V. **Efeitos da implantação de duas barragens sobre a estrutura da comunidade de peixes do rio Araguari (Bacia do Alto Paraná, MG)**. 2002. 132 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. California: Academic Press, 2001 *apud* MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Revista Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 11, n.1, p. 67-79, jan./jun. 2008.