

Processo construtivo de barragens – estudo de caso da barragem da hidrelétrica de Balbina / Amazonas

Construction process of dams - case study of the Balbina / Amazonas hydroelectric dam

DOI:10.34117/bjdv8n11-188

Recebimento dos originais: 14/10/2022

Aceitação para publicação: 16/11/2022

José Antônio Araújo Silva Júnior

Discente de Engenharia Civil

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM

E-mail: ja926201@gmail.com

Antônio Estanislau Sanches

Doutor em Aplicações, Planejamento e Estudos Militares

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM

E-mail: novo.sanches@gmail.com

Maria Clara Macedo Pereira

Mestre em Engenharia Civil

Bacharel em Engenharia Civil e de Segurança do Trabalho

Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM

E-mail: cmp_maria@hotmail.com

Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro

Especialista em Didática no Ensino Superior Tutoria

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM

E-mail: erikamarquespinheiro@gmail.com

RESUMO

A construção de barragens para a evolução da humanidade alcança grandes contribuições devido às suas funcionalidades e aplicações. O aproveitamento hidrelétrico, a regularização das vazões do curso de rios para fins de navegação, o abastecimento doméstico e industrial de água, controle de inundações e irrigação são exemplos de atividades impulsionadas com as barragens. Entretanto, a complexidade construtiva desse tipo de obra exige alto conhecimento técnico capacitado, de modo a minimizar os impactos ambientais previstos e imprevistos. Nesse aspecto, esse artigo visa analisar o processo construtivo da barragem da hidrelétrica no município de Balbina/Am, considerando as consequências ambientais e sociais para a população local. Foi verificado que (resultados finais do artigo).

Palavras-chave: barragem, impacto ambiental, hidrelétrica, complexidade construtiva.

ABSTRACT

The construction of dams for the evolution of mankind has made great contributions due to their functionality and applications. The hydroelectric use, the regularization of river flows for navigation purposes, the domestic and industrial water supply, flood control and irrigation are examples of activities boosted by dams. However, the complexity of this type of construction requires a high level of technical knowledge in order to minimize the estimated and unforeseen environmental impacts. In this aspect, this article aims to analyze the construction process of the hydroelectric dam in the municipality of Balbina/Am, considering the environmental and social consequences for the local population.

Keywords: dam, environmental impact, hydroelectricity, constructive complexity.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil acerca de projetos de barragens caminha em progressão exponencial quanto às operações construtivas nesse ramo. Desde as primeiras civilizações, o homem já criava ajustes em pequenas barragens naturais, com o objetivo de armazenar alimentos, utensílios, e até mesmo como proteção contra ataques territoriais.

Ao que consta na Política Nacional de Segurança de Barragens, Lei 12.334/10, trata-se de barragem qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas.

Neste segmento, a construção de barragens artificiais exige considerável conhecimento técnico em seu processo, devida a complexidade deste tipo de obra, bem como os impactos gerados, principalmente em âmbito ambiental, sendo, portanto, indispensável o cumprimento de suas diretrizes técnicas.

Conforme o tipo e finalidade da barragem, a aplicação dos serviços e materiais variam. As barragens de hidrelétricas, por exemplo, apresentam em sua estrutura a combinação de concreto de alta resistência, terra e blocos de rocha compactados.

Contudo, este artigo irá abordar um Estudo de Caso do processo construtivo da barragem da hidrelétrica do município de Balbina, no estado do Amazonas, a fim de evidenciar a complexidade regida pelas diretrizes técnicas da construção desse porte e analisar os impactos provocados pela hidrelétrica.

2 OBJETIVO GERAL

Analisar o processo construtivo da barragem da hidrelétrica do município de Balbina, no estado do Amazonas.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Expor o processo construtivo de barragens;
- Evidenciar a complexidade regida pelas diretrizes técnicas da construção de barragens;
- Analisar os impactos provocados pela hidrelétrica para o município de Balbina/Am;
- Propor medidas que incentivem o controle de riscos em barragens sob a produção de pesquisas.

3 JUSTIFICATIVA

Em cenário geral, a construção de barragens em benefício à sociedade, de acordo com sua finalidade funcional, justifica-se na influência tanto na área em que estão localizadas quanto em seus entornos. Assim, as barragens de reservatórios de água são capazes de auxiliar a geração de energia e aumentar a disponibilidade hídrica local, fazer o amortecimento de cheias, evitando inundações, além de poderem contribuir para o lazer e a navegação (BALBI, 2008).

Entretanto, a barragem construída para a hidrelétrica de Balbina/Amazonas, desde o início de sua construção acarretou impactos, refletidos por interesses políticos à época, sendo considerada como um dos maiores desastres ambientais e sociais, devido à sua localização territorial. Verifica-se, dessa maneira, a importância da análise no processo construtivos desse tipo de obra bem como o controle de riscos mesmo após sua finalização.

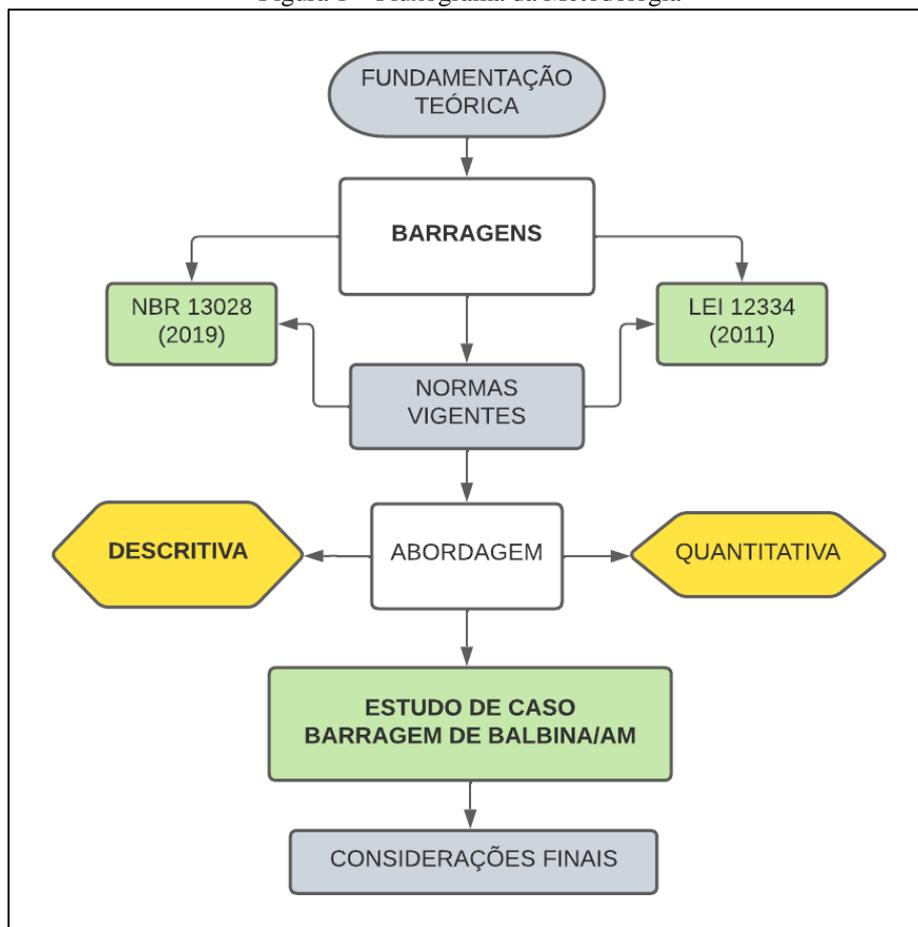
4 METODOLOGIA

Com propósito de descrever e analisar o impacto construtivo no processo de uma barragem, a metodologia deste artigo tem característica descritiva e em parte quantitativa. Considera-se desde a pesquisa de base acerca de barragens, normas técnicas e planejamento.

Diante do levantamento de dados e pesquisa, houve material necessário para a elaboração de um Estudo de Caso, expondo as etapas dos serviços na construção da barragem para a hidrelétrica no município de Balbina, no Amazonas, com os impactos diretos e indiretos para a população local e meio ambiente.

O fluxograma da metodologia foi apresentado na figura abaixo.

Figura 1 – Fluxograma da Metodologia



5 REVISÃO DA LITERATURA

5.1 DEFINIÇÃO DE BARRAGEM

A Lei 12.334/10, da Política Nacional de Segurança de Barragens, descreve que as barragens são qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas.

Figura 2 – Barragem de contenção hídrica



Fonte: CNM (2020)

A Resolução Federal CNRH 37/04 define as barragens como uma estrutura construída transversalmente em um corpo de água, dotada de mecanismos de controle com a finalidade de obter a elevação do seu nível de água ou de criar um reservatório de acumulação de água ou de regularização de vazões.

5.2 CONTEXTO HISTÓRICO DAS BARRAGENS

Viotti (1980) em suas pesquisas, verificou que a barragem de terra mais antiga de que se tem registro é a barragem de Sadd-El-Kafara, construída no Egito em 4800 a.C., constando de uma estrutura com 12 m de altura. Outro caso histórico é uma barragem que existia no Ceilão, construída em 504 a.C. com 18 km de comprimento e 21 m de altura, comportando 13 milhões de m³ de aterro e que, ainda hoje, seria considerada uma obra de porte.

A princípio, as barragens tinham como objetivo combater a falta de água nos períodos mais secos. Depois, com a Revolução Industrial, a necessidade delas aumentou, em razão do crescimento da demanda de água e de energia. Com isso, as técnicas para projetar e construir as barragens foram aprimoradas. Foi assim que apareceram as primeiras barragens modernas, como é o caso das barragens de concreto. Essas construções são estruturas físicas que conseguem represar determinado curso d'água. Podem ser utilizadas para o acúmulo hídrico, para a geração de energia (hidrelétrica) e para depositar rejeitos e resíduos.

Figura 3 – Barragem de Sadd Al-Kafara



Fonte: Hydria Virtual Museum (Acesso 2022)

Nesse sentido, a utilização de grandes blocos de rocha na construção de barragens teve origem entre 1850 e 1860 na Califórnia. Estas barragens de enrocamento primitivas foram construídas por mineiros que utilizavam seus conhecimentos com explosivos para obtenção dos blocos, que eram simplesmente lançados, tendo como única exigência a alta resistência da rocha e a presença de poucos finos. Com o aumento significativo das dimensões das barragens e de outras obras de terra, a partir da segunda década do século passado, tiveram início os estudos científicos propriamente ditos nas fases de projeto e construção de tais empreendimentos.

5.3 AS PRIMEIRAS BARRAGENS NO BRASIL

As primeiras barragens de terra construídas no Brasil foram projetadas em bases puramente empíricas, para combate à seca em regiões do Nordeste (VARGAS, 1977). A barragem do açude de Curema, com capacidade de 720 milhões de m³, destinada à irrigação, executada em 1938 na Paraíba, foi a primeira barragem de terra compactada de acordo com os novos princípios da então emergente ciência da Mecânica dos Solos.

Entretanto, foi a Barragem do Vigário (atual Barragem Terzaghi), construída no Rio de Janeiro em 1947, que constituiu o empreendimento pioneiro na aplicação das modernas técnicas de projeto e construção de barragens homogêneas de terra com filtro vertical de areia. Esta barragem, inclusive, contou com o próprio Karl Terzaghi como consultor internacional.

A década de 50, ocorreu um primeiro grande impulso em termos de projetos e construção de barragens de terra no Brasil, intimamente associado aos avanços da Mecânica dos Solos e sob orientação e consultoria internacional.

5.4 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DAS BARRAGENS

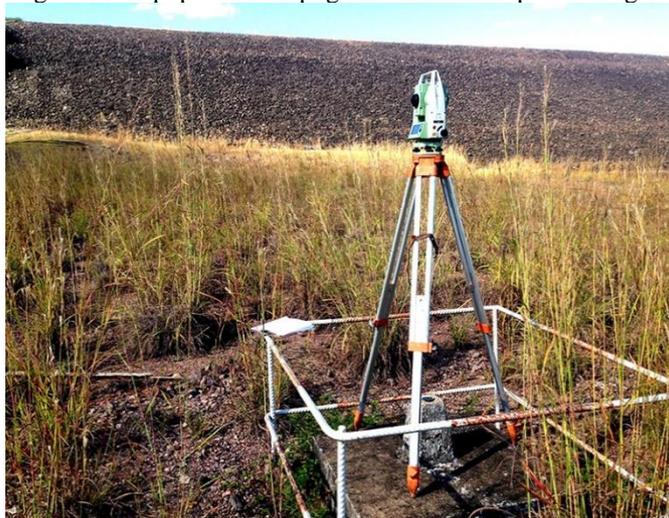
A implantação de uma barragem em determinado curso d'água envolve sempre uma sequência natural de trabalho. Toda obra de importante, como obras de barragens, agrupa diferentes turmas especializadas de técnicos, com a finalidade de seguirem, à medida do possível, as fases que compõe a concepção estrutural (MARAGON, 2018).

A seguir, as principais fases na construção de barragens.

5.4.1 Levantamento topográfico

Analisa as características geográficas e topográficas do curso a ser estudado. A função desse levantamento é a de preparar plantas topográficas que permitam verificar as secções transversais mais favoráveis para uma barragem, calcular a área de inundação das secções escolhidas e obter o perfil longitudinal do curso d'água. O método mais moderno para a obtenção de mapas topográficos é o uso da aerofotogrametria, com o levantamento de mapas por meio de fotografias aéreas e de pontos de controle altimétrico de campo.

Figura 3 – Equipamento topográfico de estudo para barragem



Fonte: Mirante (s/a)

5.4.2 Dados Hidrológicos

Um grupo de técnicos especializados se encarrega de definir as características hidrológicas da bacia hidrográfica do curso d'água estudado. Trata da obtenção direta de

valores de vazão através de leituras diárias, que permitem calcular as vazões médias, diárias, mensais e anuais. Lembrando que a potência de uma barragem é função da vazão do curso na secção da barragem e do seu desnível, pode-se perceber a importância dos cálculos de vazão.

5.4.3 Mapeamento e estudo geológico

Os trabalhos de geologia, realizados numa área onde se pretende implantar uma barragem, se apoiam no desenvolvimento de itens fundamentais: 1) Mapeamento geológico da área 2) Estudo da rocha de fundação 3) Estudo dos materiais de construção.

Nesta fase existe a separação dos trabalhos geológicos em duas etapas distintas, que se resumem nos trabalhos preliminares e nos de detalhamento. No primeiro caso, os trabalhos são de caráter apenas estimativo, uma vez que a geologia da área, o tipo da rocha de fundação e os materiais de construção disponíveis são determinados com a finalidade de reconhecimento apenas. Os dados colhidos nos trabalhos preliminares, e no caso de os mesmos serem favoráveis para a localização de uma barragem, irão servir apenas de base para os trabalhos de detalhe.

5.4.4 Planejamento

As informações obtidas nos itens anteriores pelo levantamento topográfico (perfil longitudinal do rio, secção transversal, área a ser inundada), pela hidrologia (vazão do curso nas alternativas propostas), pelo mapeamento geológico (mapa dos tipos de rochas e solos existentes na área, tipo da rocha de fundação, estudo dos materiais de construção, etc.), irão permitir aos projetistas do setor de planejamento escolherem o tipo de barragem mais adequado e suas dimensões.

5.4.5 Orçamento

Este grupo analisa posteriormente os projetos propostos pelo grupo de planejamento. Estimando a quantidade e respectivo preço dos materiais de construção a serem utilizados na obra, as escavações de terra e rocha a serem utilizadas, as indenizações das propriedades e terras a serem inundadas, etc., é possível calcular-se o preço do kw a ser obtido e em função do seu valor, escolher e aprovar, ou não, os projetos sugeridos.

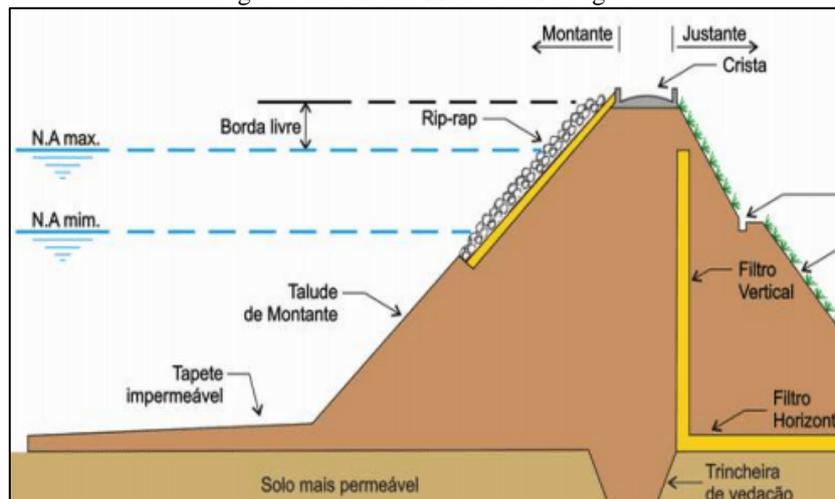
5.5 ELEMENTOS DE UMA BARRAGEM

As barragens são basicamente estruturas com seção transversal trapezoidal, constituídas de solo compactado. Desse modo, podem ser caracterizadas como uma estrutura localizada de forma a permitir a retenção da água, denominada de corpo, maciço ou taipa; uma área à montante na qual é armazenada a água de forma a permitir o seu uso na época desejada, denominada de reservatório ou açude, lago (MEDEIROS, 2020).

Conforme verificado na figura 4 abaixo, os componentes principais de uma barragem são:

- **Barramento:** barramento é a estrutura principal de retenção, podendo ser composto por diversas técnicas construtivas;
- **Crista:** a crista é a parte superior da barragem. Sua largura é determinada pelo nível de tráfego sobre ela, mas, nunca deve ser inferior a 3 metros. A altura da barragem deve ser no mínimo igual ao nível máximo da água somado a borda livre definida em projeto para aquela barragem;
- **Borda livre:** é a distância vertical entre a crista e o nível máximo do reservatório, ela faz parte da segurança contra o transbordamento;
- **Taludes de montante e jusante:** Talude de montante é a parte da barragem que ficará diretamente em contato com a água, desse modo necessita de cuidados especiais na sua manutenção. O talude de jusante é o lado oposto ao de montante;
- **Ombreiras ou encontros:** são pontos de contato entre a barragem e o terreno natural, esses pontos costumam ser mais sensíveis em termos de resistência a ações erosivas;
- **Vertedouros:** são estruturas hidráulicas que servem para controlar o nível o do reservatório, permitindo o fluxo de água da montante para jusante;
- **Fundação:** é a base na qual a barragem se apoiará e para qual devem ser estudados os efeitos das forças aplicadas sobre a barragem

Figura 4 – Elementos de uma barragem



Fonte: Adaptado de Medeiros (2020)

5.6 CONTROLE DE RISCO DE BARRAGENS

A construção de barragens torna-se segura e efetiva quando os serviços são adotados com base a um correto projeto, o que determina a sua vida útil, medidas de prevenção e controle.

As condições de segurança das barragens devem ser periodicamente revisadas, levando em consideração eventuais alterações pelo envelhecimento e deterioração das estruturas ou de outros fatores, como o aumento da ocupação nos vales a jusante ou a montante da barragem (BRASIL, 2021).

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), criada pela Lei nº 12.334/2010, tem por objetivo garantir padrões de segurança de barragens na perspectiva de prevenir ou reduzir a possibilidade de acidentes ou desastres e suas consequências. Essa lei atribui ao responsável pela barragem o dever de cuidar e manter a barragem segura, e ao poder público o dever de fiscalizá-las. Há instrumentos que auxiliam no processo de implementação da PNSB, conforme os exemplos do Quadro 1.

Quadro 1 – Implementação da PNSB

Instrumentos para o PNSB
A classificação das barragens.
O Plano de Segurança da Barragem, incluído o Plano de Ação de Emergência (PAE).
O Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).
O Relatório de Segurança de Barragens (RSB).

Quadro 2 – Critérios para aplicação do PNSB

Critérios para o PNSB
Altura da barragem maior ou igual a quinze metros.
Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m ³ (três milhões de metros cúbicos), que corresponde a 20 campos de futebol com profundidade média de 15 metros.
Reservatório deve conter resíduos perigosos.
Categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.
Categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador.

Com o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) é possível verificar dados das barragens cadastradas, identificar o empreendedor, responsável pela barragem; quem fiscaliza; a classificação quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) e Categoria de Risco (CRI); se a barragem está submetida à PNSB; se possui um Plano de Segurança; quando foi realizada a última inspeção na barragem, pelo empreendedor; entre outras informações básicas (BRASIL, 2021).

O PNSB se aplica considerando os seguintes critérios listados do Quadro 2 acima. Para as barragens que não atendem nenhuma das características contidas no quadro 2, não há aplicação da Lei nº 12.334/2010. Entretanto, seus responsáveis devem manter suas estruturas seguras e bem conservadas, cumprindo as outras normas vigentes.

Existem documentos de avaliação para as barragens que devem serem emitidos por seus responsáveis, tais como as Inspeções de Segurança, Revisão Periódica e procedimentos rotineiros estabelecidos no Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação da barragem.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021), as inspeções servem para avaliar as condições físicas das partes que integram a barragem e busca identificar e monitorar as falhas que afetem potencialmente sua segurança. É fundamental para a prevenção de ameaças de acidentes. Já a Revisão Periódica serve para reavaliar as condições de segurança da barragem e recomendar medidas para assegurá-las. Além disso as inspeções servem para atualizar os dados hidrológicos, as alterações das condições a montante e a jusante e atualizar os critérios de projeto. O Plano de Operação auxilia a realização das atividades de operação, manutenção, monitoramento e instrumentação, na intenção de assegurar as condições de segurança e operacionalidade das barragens ao longo da sua vida útil e até mesmo após esta ser desativada.

Para atender à legislação, quando a barragem se submete à PNSB, o órgão fiscalizador a classificará quanto à classificação do dano potencial da barragem (DPA) e ao risco da barragem (CRI). O empreendedor deve providenciar os seguintes documentos.

Quadro 3 – Documentação para segurança de barragens

Documentação para segurança de barragens
Plano de Segurança da Barragem (PSB);
Inspeções de Segurança de Barragem (ISR);
Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB);
Plano de Ação de Emergência (PAE)

Com as informações do PAE, as Prefeituras e Defesas Civil municipais elaboraram seus Planos de Contingência, com foco em ações de emergência caso ocorra um acidente. Há manuais e guias com orientações para os empreendedores no portal do SNISB (BRASIL, 2021).

5.7 PRINCIPAIS BARRAGENS EXISTENTES NO BRASIL

As principais barragens do Brasil marcam o avanço da engenharia e, portanto, a história do país, seja pela exuberância construtiva ou pelo impacto funcional de cada barragem.

Essas barragens foram expostas nos tópicos a seguir, conforme as pesquisas de Silva (2018).

5.7.1 Barragem de Itaipu

A barragem de Itaipu foi inaugurada em 5 de maio de 1984, e é a maior usina geradora de energia do mundo. Ela faz parte da lista das sete maravilhas do mundo do século XXI. Possui 196 metros, o que faz dela a mais alta do Brasil.

Figura 5 – Barragem de Itaipu

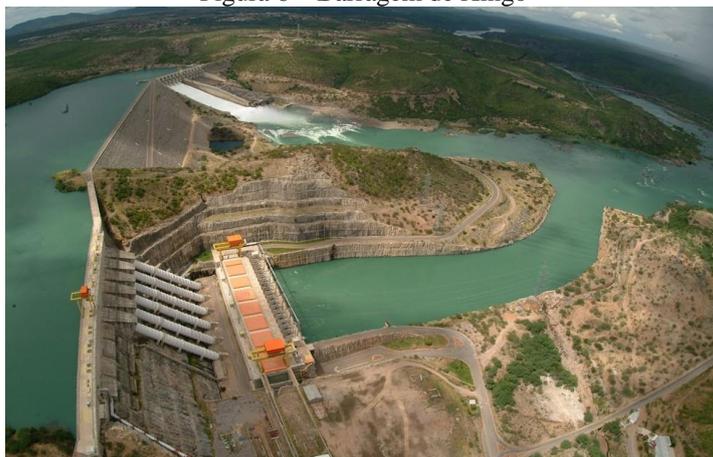


Fonte: Martins (2009)

5.7.2 Barragem de Xingó

A barragem do Xingó é instalada no Rio São Francisco, o principal da região nordestina, e foi sua usina foi inaugurada em 1994. Assim, fica atrás somente de Itaipu e tem barragem de enrocamento com face de concreto a montante com cerca de 140 metros de altura máxima.

Figura 6 – Barragem de Xingó



Fonte: Companhia Hidrelétrica do São Francisco – Chesf (2022)

5.7.3 Barragem de Foz do Areia

Esta barragem é situada no estado do Pará e foi a primeira usina instalada em Iguaçu. Assim como a barragem do Xingó, o projeto desta barragem também envolve enrocamento compactado e impermeabilização por face de concreto. Possui 160 metros de altura.

Figura 7 – Barragem de Foz do Areia

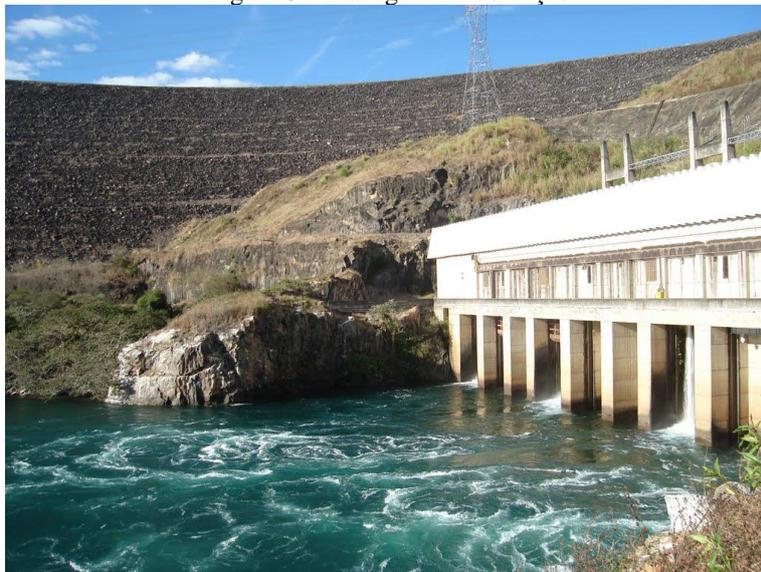


Fonte: Neto (2010)

5.7.4 Barragem Emborcação

A usina da barragem Emborcação foi inaugurada em 1983 e recebeu o nome oficial de Usina Hidrelétrica Theodomiro Santiago, em homenagem ao fundador da Universidade Federal de Itajubá. Ela possui uma altura de 158 metros.

Figura 8 – Barragem Emborcação

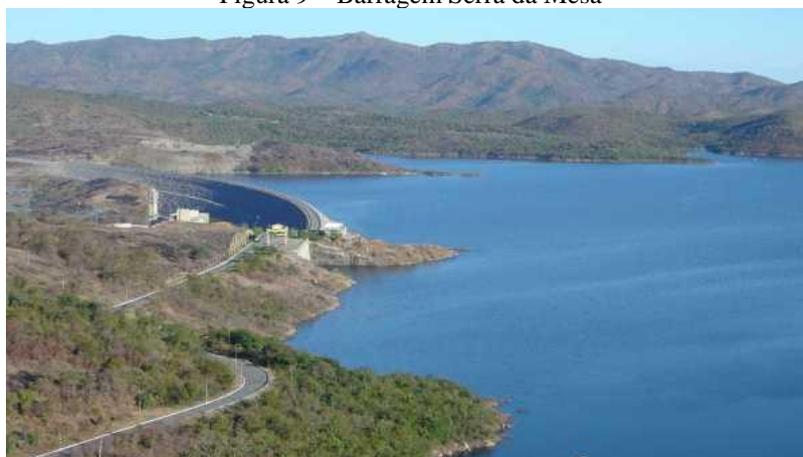


Fonte: Mapio (s/a)

5.7.5 Barragem Serra da Mesa

A barragem da usina Serra da Mesa está situada no curso principal do rio Tocantins, em Goiás. Seu projeto foi elaborado usando enrocamento com núcleo de argila e ela possui uma altura de 154 metros.

Figura 9 – Barragem Serra da Mesa



Fonte: Adaptado de Medeiros (2020)

5.7.6 Principais Usinas Hidrelétricas

Considerado a capacidade de cada barragem ou usina em gerar eletricidade mediante o número de megawatt (MW) por hora, a Usina Hidrelétrica Binacional de Itaipu é a maior usina hidrelétrica do Brasil, com capacidade para gerar 14000 Megawatts por hora. A Usina Hidrelétrica de Belo Monte e a Usina Hidrelétrica de Tucuruí fecham esse pódio (FREITAS, 2019).

Portanto, as principais usinas hidrelétricas forma disposta na tabela abaixo.

Tabela 2 – Maiores usinas hidrelétricas do Brasil

NOME DA USINA (BARRAGEM)	CAPACIDADE (MW)
Usina Hidrelétrica de Itaipu	14.000
Usina Hidrelétrica de Belo Monte	11.233
Usina Hidrelétrica de Tucuruí	8.370
Usina Hidrelétrica de Jirau	3.750
Usina Hidrelétrica Santo Antônio	3.568
Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira	3.444
Usina Hidrelétrica de Xingó	3.162
Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso IV	2.462
Usina Hidrelétrica de Itumbiara	2.082
Usina Hidrelétrica Teles Pires	1.820

Fonte: Adaptado de Freitas (2019)

6 ESTUDO DE CASO

Este Estudo de Caso desenvolveu-se acerca de pesquisas da literatura que refere a hidrelétrica de Balbina, no Amazonas, a fim de caracterizar a barragem onde a mesma está localizada.

6.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Usina Hidrelétrica de Balbina está localizada no rio Uatumã, afluente da margem esquerda do rio Amazonas, na Vila de Balbina, município de Presidente Figueiredo, estado do Amazonas e distante aproximadamente, 146 km da cidade de Manaus.

O município de Presidente Figueiredo possui limites definidos ao Norte com o estado de Roraima, ao Sul com o município de Manaus, a Leste com São Sebastião do Uatumã e a Oeste com Novo Airão. O município está inserido na 7ª sub-região (rio Negro/Solimões) e é cortado pela rodovia federal BR-174, que liga Manaus a cidade de Boa Vista. Possui um território de aproximadamente 25.542 km², representando 1, 58% do estado do Amazonas (BRANDÃO, 2010).

Foto 10 – Localização da Hidrelétrica de Balbina



Fonte: Google Maps (2022)

No subitem 6.2 será verificada a caracterização da hidrelétrica de Balbina.

6.2 CARACTERIZAÇÃO

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2020), a barragem da usina hidrelétrica de Balbina tem capacidade instalada de 250 megawatts e inunda uma área de 2.360 quilômetros quadrados. Possui cinco unidades geradoras de energia é responsável pela produção de 50MW de potência.

Ainda conforme a ANEEL (2020), a barragem foi criada para fornecer eletricidade renovável à cidade de Manaus, contudo, foi considerada um projeto controverso pelos moradores locais desde o início, devido à perda da floresta e ao deslocamento do território das casas das famílias tradicionais. Cerca de 2.928,5 quilômetros quadrados de terras anteriormente ocupadas pelos índios Waimiri-Atroari foram removidos e inundados.

Os ecossistemas lacustres e insulares formados pela barragem são protegidos pela Reserva Biológica do Uatumã de 938.720 hectares, uma unidade de conservação

estritamente protegida criada em 2002. O litoral oeste é protegido pela Área de Proteção Ambiental Caverna do Maroaga de 374.700 hectares, criada em 1990.

6.3 PROCESSO EXECUTIVO DA CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM PARA A HIDRELÉTRICA DE BALBINA

A barragem de Balbina foi construída de 1985 a 1989 e atualmente é administrada pela concessionária de energia do Amazonas. O primeiro de cinco geradores entrou em operação em fevereiro de 1989.

De acordo com Valente (2017) os empreendimentos minerários, a rodovia BR-174 e a UHE Balbina, em particular, foram operacionalizados na região nordeste do Amazonas. A rodovia de 640 quilômetros ligou a cidade de Manaus a Boa Vista, em Roraima, e começou a ser viabilizada na década de 1960. Essas ações iniciais foram voltadas tanto para estudos de viabilidade técnica quanto para a pacificação do povo Waimiri-Atroari, que ocupa desde tempos imemoriais a bacia do Uatumã.

Foto 11 – Hidrelétrica de Balbina



Fonte: Ascom (2022)

A partir de 1972, com o andamento das obras da estrada, a empresa responsável pela obra deu continuidade aos estudos de viabilidade técnica da UHE Balbina, através do consórcio das empresas privadas MONASA/ENGE-RIO, que, por sua vez, executaram os projetos básico e executivo do empreendimento (BRASIL,1984). Apesar de ter sido inaugurada em 1977, a BR-174 ficou incompleta em sua pavimentação, o que foi apontado, anos mais tarde, como condição técnica para garantir os prazos da construção da UHE Balbina (BRASIL, 1982). A demora na pavimentação da rodovia afetava as

atividades econômicas que haviam justificado sua construção, especialmente nos períodos chuvosos amazônicos, quando a estrada ficava intrafegável.

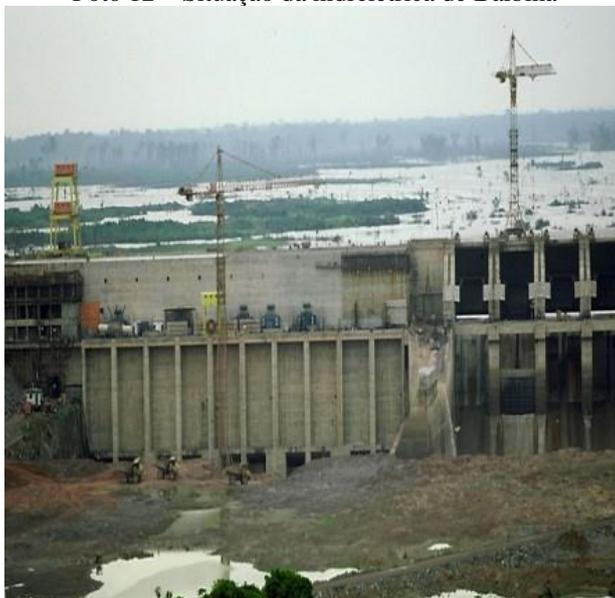
A barragem foi criada para fornecer eletricidade renovável à cidade de Manaus, mas foi considerada um projeto controverso pelos moradores locais desde o início, devido à perda da floresta e ao deslocamento do território das casas das famílias tradicionais. Cerca de 2.928,5 quilômetros quadrados de terras anteriormente ocupadas pelos índios Waimiri-Atroari foram removidos e inundados.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Hidrelétrica de Balbina tinha como principal objetivo fornecer metade da energia elétrica consumida na cidade de Manaus, onde se localizam os importantes Polo Industrial e a Zona Franca, algo que não foi alcançado (ANEEL, 2020).

O empreendimento de Balbina foi concebido durante o período dos Governos Militares (1964-1985), uma época em que não se tinha quase nenhum espaço para contestar decisões governamentais das autoridades e não havia ainda a previsão legal de estudos sobre os impactos ao meio ambiente, que só surgiu em 1986 com a publicação da Resolução CONAMA 001.

Foto 12 – Situação da hidrelétrica de Balbina



Fonte: Couto (2022)

De acordo com o Ministério da Ciência e da Tecnologia (2006), Balbina é uma das três usinas hidrelétricas brasileiras com emissões maiores que termelétricas de mesmo potencial.

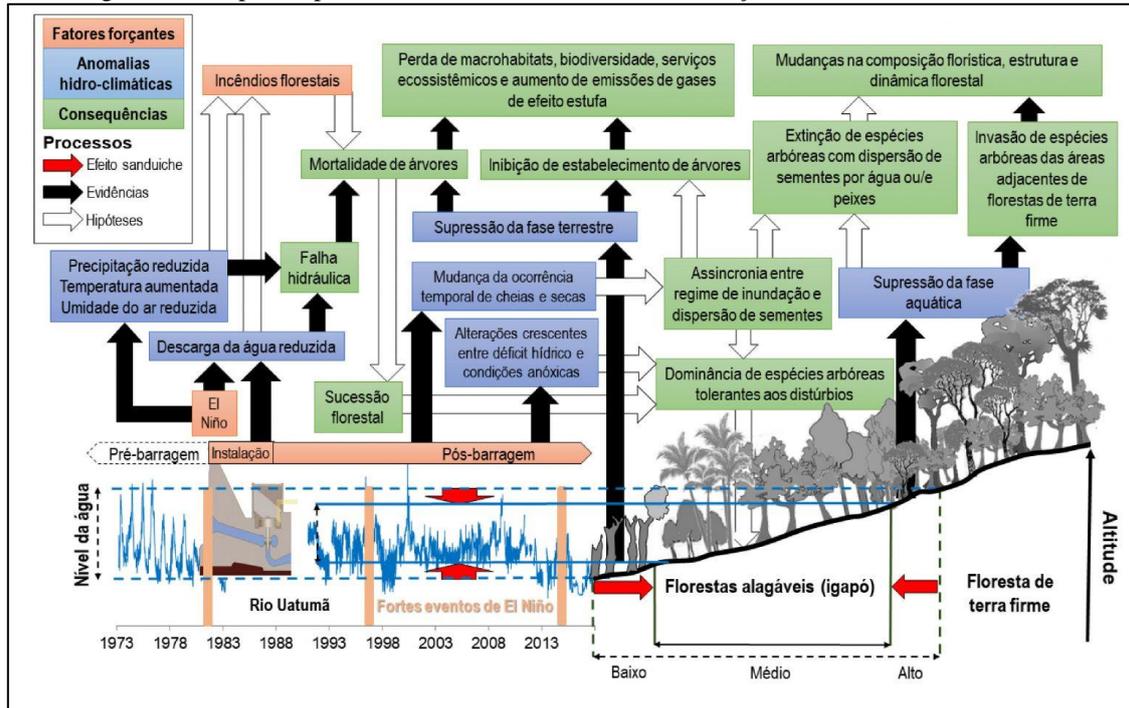
A barragem também foi criticada por seus caros custos de construção e manutenção, além da quantidade de energia gerada em relação ao tamanho da enchente. A barragem é uma das menos eficientes do Brasil em termos de área inundada para cada megawatt gerado.

Um estudo foi publicado pela revista científica *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, onde traz os detalhes das perturbações encontradas no espaço e no tempo na floresta de igapó, desde o início da construção da barragem em 1983, e um alerta para o que pode acontecer em outros pontos dos rios amazônicos, onde há mais de 400 barragens, operando, planejadas ou em construção (OLIVEIRA, 2021).

No estudo foi observado o que os pesquisadores chamaram de “efeito sanduíche”, para explicar a sucessão de impactos provocados com a obra da hidrelétrica de Balbina. A pressão sofrida pelas florestas nas porções mais elevadas e mais baixas resulta na perda de habitats e na diversidade de árvores, com severos impactos nas cadeias tróficas, incluindo a alimentação de peixes, além da perda de importantes serviços ecossistêmicos. A pressão das porções baixas resulta dos elevados níveis mínimos de água durante o período de operação da barragem.

A figura 13 aponta os distúrbios espaço-temporais nas florestas alagáveis de igapó a jusante da barragem de Balbina ao longo de um período de 35 anos, resultando em perda de macrohabitats, mortalidade maciça de árvores e perda da diversidade de espécies arbóreas, afetando o funcionamento do ecossistema e o fornecimento de serviços ambientais.

Figura 13 – Impactos provocados em 35 anos desde a construção da Hidrelétrica de Balbina



Fonte: Inpa/MCTI (2021)

Como é possível observar, nas topografias mais altas, as florestas de igapós foram afetadas pela invasão de espécies da terra firme que possivelmente são mais competitivas que as espécies de igapó. Nas topografias médias, houve um forte declínio da diversidade e, com isso, a dominância de algumas espécies arbóreas. Segundo o pesquisador, os distúrbios que causaram o impacto foram gerados durante o enchimento do reservatório (1983-1989) que resultou em condições de extrema seca nos igapós a jusante da barragem (OLIVEIRA, 20021).

Portanto, é possível concluir que desde o início do projeto da construção da hidrelétrica na barragem de Balbina, estudos técnicos oriundo de profissionais da construção civil apontavam as problemáticas da obra, mas não houve o devido atendimento. Apenas quando a usina entrou em funcionamento parcial, em 1988, houve o reconhecimento do desastre ambiental provocado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13028:2019. **Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água — Requisitos**

_____. NBR 8681:2003. **Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.**

BALBI, Diogo A. Fonseca. **Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações induzidas por barragens. Estudo de Caso: Barragem de Peti.** Minas Gerais, 2008.

BRANDÃO, Isabel L. S. **A Usina Hidrelétrica e Balbina e as populações locais: Um retrato da Comunidade Carlos Augusto Nobre Ribeiro.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará. Belém, 2010.

BRASIL, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Entenda o relatório de segurança de barragens: versão síntese.** ANA. Brasília, 2021.

ELETOBRAS. **Centrais Elétricas do Brasil. Diretrizes para projetos de PCHs,** 2000.

MARANGON, M, **Unidade 05 -BARRAGENS DE TERRA E ENROCAMENTO INTRODUÇÃO 5.1-Definição e objetivos.** Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF. Juiz de Fora/MG, 2018.

MARINHO, Fernando A. M. **Tipos de barragens, diques e ensecadeiras.** Disciplinas. Universidade de São Paulo, USP. São Paulo/SP, 2019.

MEIRELES, Fernando S. Cruz. **Barragens: aspectos legais, técnicos e socioambientais.** Curso de Segurança e Barragens. s/a.

SILVA, Amado Gabriel. **As maiores barragens do Brasil.** EngWhere, 2018. Disponível em: < <https://www.engwhere.com.br/as-maiores-barragens-do-brasil/#comments>>. Acesso em: 01 out. 2022.

Política Nacional de Segurança de Barragens, Lei 12.334/10.