UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

DAYWISON JOSÉ TELES BARBOSA

DIAGNÓSTICO E RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM ARGEMIRO DE FIGUEIREDO (ACAUÃ), ITATUBA, PB.

CAMPINA GRANDE – PB
2014

DAYWISON JOSÉ TELES BARBOSA

Diagnóstico e recuperação da barragem Argemiro de Figueiredo (Acauã), Itatuba, PB.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Profª. Dra. Hélvia Waleska Casullo de Araújo

CAMPINA GRANDE – PB
2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B238d Barbosa, Daywison José Teles.

Diagnóstico e recuperação da Barragem Argemiro de Figueiredo (Acauã), Itatuba, PB [manuscrito] / Daywison José Teles Barbosa. - 2014.

45 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Profa. Dra. Hélvia Waleska Casullo de Araújo, Departamento de Química".

1. Qualidade da água. 2. Infraestrutura física. 3. Inspeção de segurança. I. Título.

21. ed. CDD 628.3

DAYWISON JOSÉ TELES BARBOSA

DIAGNÓSTICO E RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM ARGEMIRO DE FIGUEIREDO (ACAUÃ), ITATUBA, PB

Aprovado em: 02 / 12 / 2014

Nota: 10,0 (Dez. zero)

BANCA EXAMINADORA

Hélvia W. Casullo de Araújo

Profª. Dra. Hélvia Waleska Casullo de Araújo

(Orientadora – DQ/ UEPB)

Weruska Brasileiro Ferreira

Profª. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira

(Examinadora – DESA/ UEPB)

Joab Josemar V. R. do Nascimento

Prof. Msc. Joab Josemar V. R. Nascimento

(Examinador – IFPB)

CAMPINA GRANDE – PB
2014

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado a oportunidade e forças para realizar meu sonho de ser engenheiro.

Aos meus pais, minha mãe Maria e meu pai Geraldo, que fizeram o possível e o impossível para que eu concluísse minha graduação, e me apoiaram em todos os momentos.

À minha noiva, Ana Paula Almeida, por me acompanhar ao longo de todas as etapas da minha formação, sempre me apoiando, independente do momento.

Agradeço a minha orientadora Profª. Dra. Hélvia Waleska Casullo de Araújo, pela confiança depositada em mim, na elaboração deste trabalho.

Em especial a Profª. Dra. Weruska Brasileiro e demais professores do DESA, por todos os ensinamentos, conselhos, e todo o incentivo dado durante o convívio acadêmico.

Aos meus orientadores de estágio, Joab Nascimento e Emanuel Junior, pela oportunidade de vivenciar na prática, parte das atividades que compõem a vida de um engenheiro.

Aos meus colegas de turma, por todos os momentos de aprendizado e pelo companheirismo durante nossa jornada de cinco anos, Matheus Urtiga, Henrique Gama, Kamila Deys, e especialmente a Whelton Brito e Rodrigo Andrade, pelo auxílio na construção do meu trabalho de conclusão de curso, com sugestões e críticas tornaram menos complicado sua elaboração.

A todos vocês, Obrigado!

RESUMO

A construção de uma barragem tem como principal finalidade aumento da disponibilidade de água em uma determinada região. Porém, a falta de manutenção pode fazer com que as estruturas se tornem um risco para as pessoas. O presente trabalho objetiva diagnosticar as avarias presentes na barragem Argemiro de Figueiredo (Acauã), e apresentar as medidas de recuperação estrutural, elétrica e estética da barragem. A Barragem de Acauã foi construída em 2002 e localiza-se no município de Itatuba, PB, tendo capacidade de acumulação máxima de 253 milhões de metros cúbicos. O método utilizado para realizar o diagnóstico das avarias foi o da inspeção visual e registro fotográfico, juntamente com o embasamento teórico. As avarias mais severas foram encontradas nos componentes metálicos, corrimões e postes. O avançado grau de corrosão comprometeu as estruturas metálicas que tiveram de ser substituídas. Nas muretas de proteção, as avarias eram pequenas exposições das ferragens próximas à descarga de fundo e rebentamentos que embora de pequenas extensões, apresentaram-se em grandes quantidades distribuídas ao longo das muretas. Nestes danos, realizou-se aplicação de argamassa para cobertura das ferragens e demais avarias. A falta de manutenção causou o comprometimento da estética da barragem. A areia acumulada, e a vegetação na crista da barragem foram removidas. Realizou-se ainda a pintura das paredes com o selador e a colocação de novos corrimões, que iniciaram renovação estética da construção. A água reservada apresentou sinais de eutrofização, em decorrência de os rios afluentes ao reservatório serem receptores de efluentes não tratados. As matas ciliares do reservatório apresentam-se protegidas, embora haja fragmentos de solo exposto, em decorrência da ocupação de comunidades próximas as margens do açude. As avarias encontradas foram as mais comuns referentes às estruturas das barragens. A ação das intempéries, possivelmente em conjunto com a água liberada no dispositivo de descarga, foram as causadoras de tais avarias. Em sua maioria, requeriam um processo simples de correção, que está restaurando os padrões ideais de segurança e funcionamento. Assegurando também, que o armazenamento de água não seja comprometido. Atualmente, a barragem continua em processo de recuperação da casa de máquinas, rede elétrica e descarga de fundo.

PALAVRAS – CHAVE: Avarias; Estrutura; Mata Ciliar; Qualidade da água.

ABSTRACT

He construction of a dam whose main purpose is increasing the availability of water in a given region. However, the lack of maintenance can have the structures become a risk to people. This paper aims to diagnose the faults present in Argemiro dam Figueiredo (Acauã), and present the measures of structural repair, electrical and dam aesthetics. The Acauã Dam was built in 2002 and is located in the municipality of Itatuba, PB, with maximum storage capacity of 253 million cubic meters. The method used to diagnose the fault was that of visual inspection and photographic record, together with the theoretical basis. The most serious damage was found in the metal components, railings and posts. The advanced degree of corrosion committed the metal structures that had to be replaced. The protection of low walls, malfunctions were small exhibitions of hardware near the bottom outlet and explosions that although small extension, presented in large quantities distributed over the low walls. These damages was held applying mortar to cover the fittings and other malfunctions. The lack of maintenance caused the dam aesthetics of commitment. The accumulated sand, and vegetation in the dam crest were removed. Held still painting the walls with the sealer and the placement of new handrails, who started aesthetic renovation of the building. The reserved water showed signs of eutrophication as a result of the tributaries to the reservoir being of untreated effluents receptors. The riparian forests of the reservoir present are protected, although there is bare soil fragments, due to the occupation around the pond margins communities. Faults found were the most common related to the dam structures. The action of the weather, possibly together with the water released in the discharge device was the cause of such faults. Mostly required a simple correction process, which is restoring the ideal standards of safety and operation. Ensuring also that the water storage is not compromised. Currently, the dam is still in the process of recovery from the engine room, electricity and discharge background.

KEYWORDS - KEYWORDS: Failures; Structure; Riparian Forest; Water quality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
2. OBJETIVOS 11
2.1 OBJETIVO GERAL 11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 11
3.1 HISTÓRICO DAS BARRAGENS NO BRASIL 12
3.2 LEGISLAÇÃO 13
3.3 ASPECTOS GERAIS DAS BARRAGENS 15
***3.3.1 Vantagens* 15**
***3.3.2 Desvantagens* 15**
***3.3.3 Qualidade da Água nas Barragens* 15**
***3.3.4 Mata Ciliar* 18**
3.4 TIPOS DE BARRAGENS 20
***3.4.1 Barragens de Concreto* 21**
3.4.1.1 Barragem de Cocreto à Gravidade **..... 21**
3.4.1.2 Barragem de Concreto em Arco **..... 22**
3.4.1.3 Barragem de Contraforte ***..... 23***
3.5 AVARIAS MAIS COMUNS E INSPEÇÃO DE SEGURANÇA EM BARRAGENS DE CONCRETO 24
4. METODOLOGIA 26
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 29
5.1 ESTRUTURA DE CONCRETO 29
5.2 ESTRUTURAS METÁLICAS 30
5.3 CONDIÇÕES ESTÉTICAS E DE INFRAESTRUTURA ELÉTRICA 33
5.4 MATAS CILIARES 34
5.6 QUALIDADE DA ÁGUA 36
5.7 PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM 37
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 39

REFERÊNCIAS 42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Barragem de Cedros. 12
Figura 2 - Barragem de Apipucos, (Recife - PE). 13
Figura 3 - Mapa Temático com a Classificação da APP. 20
Figura 4 - Corte esquemático de uma Barragem de Gravidade 21
Figura 5 - Barragem em Arco (Usina Hidrelétrica Verzasca - Suíça). 23
Figura 6 - Barragem das Pedras (Bahia). 23
Figura 7 - Localização do Açude Acauã. 28
Figura 8 - Avarias na Estrutura de Concreto. 29
Figura 9 - Paramentos de Jusante (A) e de Montante (B). 30
Figura 10 - Componentes Metálicos da Barragem 31
Figura 11 - Portão da casa de máquinas 32
Figura 12 - Descarregador de Fundo. 32
Figura 13 - Crista da barragem. 33
Figura 14 - Local de passagem dos cabos elétricos. 34
Figura 15 - Comunidade da Melancia, Itatuba – PB. 35
Figura 16 - Vegetação a Jusante (A) e a Montante (B) da barragem. 35
Figura 17 - Floração de biomassa nas águas da barragem. 36
Figura 18 - Muretas lixadas e retocadas. 37
Figura 19 - Muretas após aplicação do selador. 38
Figura 20 - Novos corrimões instalados. 38

1. INTRODUÇÃO

A partir do momento em que o ser humano se fixou em um local, deixando de ser nômade, a necessidade de uma fonte de água se tornou evidente para a sobrevivência da população e seu desenvolvimento. Logo, a inexistência de rios perenes em alguns locais fez com que o homem buscasse outras formas de acesso à água, sendo o barramento das águas uma delas.

O desenvolvimento humano fez com que surgissem novas formas e finalidades para o armazenamento de água, porém a construção de barragens e o abastecimento humano continuam sendo as principais delas. Atualmente, as barragens possuem diversas finalidades, entre elas a produção de energia, a regularização do regime hidrológico de um rio, a navegação, a contenção de rejeitos, a contenção de enchentes, entre outras.

Na região nordeste, a armazenagem durante o período de chuva assegura a disponibilidade de recurso para os longos e intensos períodos de secas que caracterizam a região. Com precipitação média anual de 800 milímetros (SUDENE, 2014), a região do semiárido nordestino tem nas barragens uma forma de minimização dos efeitos da estiagem.

O semiárido nordestino estendesse pelos nove estados da região, caracteriza-se pela ocorrência do bioma da caatinga, com clima quente e seco, onde as chuvas são escassas e mal distribuídas. A gestão dos recursos hídricos dessa região influi na melhoria de vida dos habitantes locais uma vez que a agricultura de subsistência é uma importante fonte de alimentos, estando esta, ligada diretamente as chuvas incertas e irregulares.

A manutenção dos níveis hídricos gerada pela acumulação em barragens é importante também para o desenvolvimento econômico do semiárido, pois a água é um fator limitante do desenvolvimento. Os longos períodos de seca impactam diretamente no cultivo da agricultura e na criação do gado bovino e pequenos ruminantes (caprinos e ovinos), atividades características da região (BEZERRA et al., 2009).

Os açudes nordestinos se caracterizam por possuírem longos espelhos d’água e pouca profundidade, possuem águas quentes ocasionadas pelas condições climáticas. Além de sofrer com as características naturais, alta taxa de evaporação e

incidência de raios solares, o crescimento humano desordenado impactou diretamente os reservatórios, o baixo percentual de saneamento básico da região, uso intenso de agrotóxicos na agricultura, intensa atividades industriais, são características de muitas bacias nordestinas e fatores causadores da eutrofização desses mananciais (TUNDISI, 2003).

A principal preocupação em torno das barragens está relacionada ao risco de rompimento da estrutura. Muitas vezes as barragens suportam milhões de metros cúbicos de água, que no caso de sinistro irão provocar desastres para o meio ambiente e para os seres humanos. Vários casos de ruptura já ocorreram no mundo, um exemplo próximo da nossa realidade foi o rompimento da Barragem Camará (PB), no ano de 2004, que atingiu as populações das cidades de Areia, Alagoa Nova, Alagoa Grande e Mulungu.

O agravante de risco para as barragens é a falta de manutenção. Muitas vezes elas estão localizadas em propriedades privadas, sob domínio de pessoas sem conhecimentos técnicos adequados para assegurar a segurança da estrutura ou então se encontram abandonadas pelo poder público. Daí a importância de inspeções técnicas para o diagnóstico e controle das avarias.

A proteção das matas ciliares e da qualidade das águas também são pontos importantes para a proteção tanto da bacia hidráulica, como da estrutura da barragem. A deterioração da vegetação presente nas margens do reservatório acarretam sérios problemas para a bacia, sendo a erosão e consequente assoreamento um dos principais, pois ocasiona a diminuição do volume armazenado e da qualidade da água.

O não lançamento de efluentes *in-natura*, o controle no uso de agrotóxicos nos cultivos próximos e das atividades de piscicultura são ações importantes para assegurar a qualidade da água. Uma vez poluída, a água poderá ocasionar danos ao concreto e outros componentes da estrutura. Medeiros (2010) destaca que entre os agentes de deterioração das estruturas de concreto encontram-se os agentes biológicos, os quais se referem a microrganismos e algas presentes em águas contaminadas. Logo, a qualidade das águas também poderá ter influência sobre as avarias na estrutura.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo diagnosticar as avarias existentes na barragem Argemiro de Figueiredo (Acauã) - PB, e apresentar as medidas de recuperação adotadas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar avarias estruturais na barragem em estudo;
- Determinar a situação da infraestrutura elétrica do local, visando a restruturação da iluminação noturna;
- Avaliar a situação estética da barragem em estudo.
- Apresentar as ações necessárias para controle e recuperação das avarias diagnosticadas na barragem em estudo;
- Avaliar a situação atual da mata ciliar e da água armazenada na barragem em estudo, a partir de inspeções visuais;
- Identificar as fontes antrópicas comprometedoras da qualidade da água e da preservação da mata ciliar.

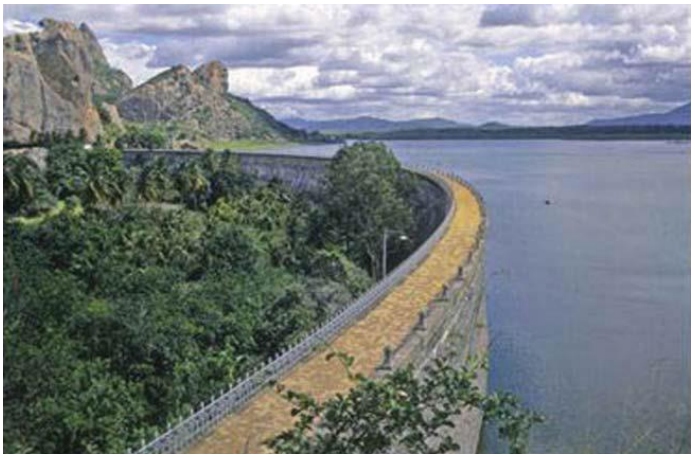
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 HISTÓRICO DAS BARRAGENS NO BRASIL

Um país com dimensões continentais, tendo ao longo de si, características opostas em relação a clima, relevo e hidrografia, teve como gatilho para o planejamento e construção de grandes barragens, a grande seca vivida na região nordeste entre os anos de 1877 e 1879. Uma das maiores tragédias nacionais provocadas por fenômenos naturais, a “Grande Seca” como ficou conhecida, assolou todos os estados nordestinos, sendo o Ceará umas das áreas mais castigadas, estima-se que morreram mais de 500.000 pessoas (MIRANDA, 2012).

Passada a tragédia, o então Imperador D. Pedro II, buscou alternativas para a minimização dos danos gerados, nomeando uma comissão com o dever de propor soluções para os problemas. Logo, as principais soluções sugeridas foram aberturas de estradas em direção ao litoral e a construção de barragens com fins de abastecimento e irrigação no Polígono das Secas que compreende os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e extremo norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (CODEVASF, 2010). A primeira barragem construída como forma de minimização dos danos foi a Barragem do Cedro ilustrada na Figura 1, localizada no Ceará, sendo concluída em 1906 (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2011).

Figura 1 - Barragem de Cedros.



Fonte: Comitê Brasileiro de Barragens (2011).

O CBDB (2011) afirma que a primeira barragem catalogada em solo brasileiro foi construída em Recife-PE, onde atualmente encontra-se a área urbana da cidade,

conhecida como Apipucos. Esta barragem está presente em um mapa holandês datado de 1577, possivelmente foi concluída em meados do século XVI. Porém a barragem original apresentada na Figura 2 foi alargada e reforçada, garantindo a construção de uma importante via de acesso ao centro da cidade.

Figura 2 - Barragem de Apipucos, (Recife - PE).

Fonte: Comitê Brasileiro de Barragens (2011).

Fora da região nordeste, destaca-se a implantação de barragens para produção de energia nas regiões sul e sudeste. Com pequenas dimensões e função de suprir as carências modestas e localizadas de energia, as barragens em sua maioria eram de concreto gravidade ou em alvenaria de pedras. A primeira construída para esse fim foi a Parnaíba, instalada no rio Tietê na cidade de São Paulo, que possuía 12,5 m de altura e 2 MW de capacidade quando instalada em 1901. (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 2014)

3.2 LEGISLAÇÃO E AVANÇOS NA TEMÁTICA DAS BARRAGENS

A legislação brasileira referente às barragens ainda não pode ser considerada uma das mais eficazes e completas, porém vem se desenvolvendo desde a publicação do trabalho "*Diretrizes para inspeção e avaliação de segurança de barragens em operação*" publicado em 1983, pelo Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), sendo esse o primeiro trabalho publicado sobre o tema no Brasil (OLIVEIRA, 2008). O último marco importante da legislação brasileira de barragens foi a aprovação da Lei nº 12.334 de 20 setembro de 2010, após sete anos de

tramitação no congresso, que estabelece em seu artigo 1º a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

Um ponto importantíssimo para o desenvolvimento do arcabouço legal foi a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), pela Lei Federal nº 9.984 de 17 de julho de 2000, sendo atualmente a responsável pelo SNISB, organizando, e gerindo o sistema. A ANA tem entre suas atribuições a responsabilidade pela elaboração de relatórios sobre segurança de barragens e o envio anual ao o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de um relatório geral sobre a segurança de barragens.

Destaca-se também a publicação do *Manual de Segurança e Inspeção de Barragens*, lançado em julho de 2002 pelo Ministério da Integração Nacional. Com o objetivo de estabelecer parâmetros e um roteiro básico, para auxiliar a construção de novas barragem e reabilitação das já existentes. O manual serve de apoio para diversos órgãos vinculados ao Ministério da Integração Nacional e proprietários particulares.

Após a criação da Lei nº 12.334, o CNRH publicou duas importantes resoluções em 10 de julho de 2012, a Resolução nº 143 estabelecendo algumas diretrizes para a implementação da PNSB, aplicação de seus instrumentos e atuação do SNISB sobre a segurança de barragens, atendendo o art. 20 da Lei n° 12.334 e a Resolução nº 144, com critérios gerais para classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7° da Lei n° 12.334.

Atualmente as informações em torno dos diversos aspectos que envolvem a construção de barragens se tornou um intercâmbio global de experiências, mediada pela Comissão Internacional de Grandes Barragens (*Internacional Comission on Large Dams* – ICOLD – CIGB), a troca de informações se tornou ferramenta fundamental para o desenvolvimento técnico brasileiro na área de barragens e obras hidráulicas. O Brasil ingressou na ICOLD em 1957, por meio da Comissão Brasileira de Grandes Barragens, que foi sucedida em 1961 pelo atual CBDB (CBDB, 2014). Atualmente o CBDB é o representante da Comissão Internacional de Grandes Barragens no Brasil.

O comitê reúne os profissionais do setor de barragens e obras hidráulicas e relaciona-os com outras equipes semelhantes localizadas em diferentes países, a partir de eventos e reuniões anuais. Logo, essa troca de experiências tem papel

importante na formulação de novas leis e resoluções relacionadas tanto a construção como a segurança de barragens. Em abril de 2014, o CBDB lançou a Revista Brasileira de Engenharia de Barragens, a qual desde então tem o papel de divulgar publicações periódicas de artigos científicos e de relatos técnicos relacionados à engenharia de barragens.

3.3 ASPECTOS GERAIS DAS BARRAGENS

3.3.1 Vantagens

A construção de uma barragem envolve diversos aspectos importantes, desde o financeiro, considerado por muitos o mais importantes, até os socioambientais, afetados pelos impactos positivos e negativos deste empreendimento. Diante do cenário de escassez de recursos hídricos vivido no nordeste, fica evidente a importância da reserva desse recurso em barramentos, os quais são importantes para dar suporte às atividades humanas. A disponibilidade de água gerada pela construção da barragem é sem dúvida a maior vantagem para a sociedade. Podendo

Com o recurso armazenado, é possível uma melhor convivência com a seca, garantindo o abastecimento para consumo humano e a dessedentação dos animais, possibilita ainda o cultivo agrícola durante os períodos de estiagem, fator gerador de renda para as famílias. Além disso, a possibilidade do uso dos recursos hídricos armazenados como fonte de produção de energia elétrica é um importante fator no desenvolvimento humano.

3.3.2 Desvantagens

As barragens apresentam aspectos negativos. No ambiente social, o principal problema é a relocação da população residente na área que será inundada, como nos casos ocorridos nas construções de grandes reservatórios. A retirada das pessoas de seus ambientes trazem grandes transtornos, pois embora haja a remuneração pela relocação, entra em cena o fator sentimental, e em muitos casos os habitantes têm toda a sua vida enraizada naquele local fazendo com que uma mudança sem planejamento afete essas pessoas.

Grandes impactos diretos pela construção de barragens estão relacionados à esfera ambiental, desde os seres vivos até as características de clima da localidade são afetados. As grandes áreas inundadas geram grandes perdas de fauna e flora, principalmente durante o seu processo de enchimento, tendo posteriormente, a alteração de habitat e de todo um ecossistema existente antes da inundação. A elevada quantidade de água reservada pode produzir pequenos sismos, quando localizadas sobre falhas geológicas, além da alteração do microclima local, interferindo na umidade do ar, nas precipitações, além dos sistemas de ventos (NAIME, 2009).

3.3.3 Qualidade da Água nas Barragens

Um importante fator no que se refere às barragens é a conservação da qualidade da água armazenada. A escassez e a falta de distribuição de água tratada tornam as barragens, a principal fonte de água para consumo. A região nordeste não se destaca por ser uma das mais saneadas, logo, esse problema tem ligação direta com a qualidade da água. A bacia hidrográfica do Rio Paraíba é uma das mais importantes do estado da Paraíba, além de seu vasto volume de recurso, a bacia possui um grande potencial hídrico para aproveitamento em diversos usos (AZEVÊDO, 2011). Sendo a maioria de seus reservatórios para abastecimento humano.

Segundo Luna (2008), a eutrofização é o principal problema que acomete os reservatórios espalhados pelo mundo. O estabelecimento das atividades humanas nas bacias de drenagem, com agricultura e atividades industriais, aliadas ao lançamento de efluentes sem tratamento incrementam as descargas de nutrientes nos corpos aquáticos. A eutrofização caracteriza-se pelo excesso de nutrientes nos corpos de água que podem ocasionar o crescimento excessivo de alguns organismos aquáticos.

O crescimento dessa biomassa é acompanhado pelo aumento acelerado e abundante do fictoplâncton em forma de florações, que são massas flutuantes densas e grandes de algas e cianobactérias (BITTENCOURT-OLIVEIRA E MOLICA, 2003). O processo de eutrofização pode ocorrer naturalmente ou artificialmente. A ação antrópica, torna o processo de eutrofização mais rápido e intenso quando comparado à forma natural.

De acordo com Oliveira (2013), a água proveniente da barragem Argemiro de Figueiredo é captada na chegada do Rio Paraibinha e aduzida até a ETA localizada na cidade de Itatuba – PB. Com capacidade de abastecimento de cerca de 40.000 pessoas, a ETA faz uso do tratamento convencional compacto. Em seu estudo referente ao nível de eutrofização das águas do reservatório Acauã, concluiu, a partir de análises das amostras coletadas no ponto de captação, que as águas apresentavam altos níveis de eutrofização. Com maior percentual nas comunidades fitoplanctônicas as Cianobactérias, com 10 táxons, sendo visíveis florações frequentes de cianobactérias.

Por apresentar altos níveis de eutrofização, a água acumulada na barragem de Acauã representa um risco à população que faz uso desse recurso. Vários gêneros e espécies de cianobactérias produzem toxinas, classificadas a partir do modo de ação sobre os organismos em hepatoxinas e neurotoxinas. Além dos riscos do o contato com a água, as toxinas não são removidas no sistema de tratamento convencional, sendo inclusive resistente a fervura (CETESB, 2013).

A presença de algas e substâncias húmicas, geradas pela decomposição da matéria orgânica trazem problemas ao processo de tratamento. Quando o cloro é adicionado à agua bruta, reage com as substancias húmicas podendo formar os subprodutos clorados, a exemplo dos trihalometanos. Estes subprodutos podem ser tóxicos, cancerígenos, mutagênicos ou teratogênicos. Da mesma forma que as substâncias húmicas, os organismos fitoplânctônicos constituem-se também em compostos precursores dos subprodutos clorados (QUEIROZ, 2010).

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), em condições extremas onde as algas e seus subprodutos provocam alterações no odor, sabor e toxicidade das águas, a adsorção em carvão ativado tem sido a alternativa mais utilizada. As algas também trazem problemas operacionais às estações de tratamento. Além de problemas na oxidação, a presença das algas implica em maior estabilidade das partículas suspensas, logo afetará o processo de coagulação. Durante a floculação, o peso específico menor das algas, pode levar à flotação dos flocos causando problemas nos filtros, entre outros.

Essa deterioração da qualidade da água também implica em problemas para a estrutura e dispositivos componentes da barragem. A presença de cloretos, sulfetos, sulfitos, presença de algas ou plantas alteram as características das águas, tornando-as agressivas a diversos materiais como concreto e ferragens. Podendo

ocasionar a corrosão química ou eletroquímica (OLIVEIRA, 2008). A água está presente no processo de degradação por meio dos agentes degradantes do concreto, sejam eles agentes físicos, químicos ou biológicos. Segundo Metha e Monteiro (2008, apoud KULISCH, 2011, p. 32):

> “Nos sólidos porosos, sabe-se que água é a causa de muitos tipos de processos físicos de deterioração. Como veículo para transporte de íons agressivos, a água pode ser também a fonte de processos químicos de degradação”.

3.3.4 Mata Ciliar

As matas ciliares são parte importante no conjunto que envolve as barragens, de acordo com Ricardo (2008, p.11):

> “Mata ciliar são as formações vegetais, localizada nas margens dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes. Também é conhecida como mata de galeria, mata de várzea, vegetação ou floresta ripária. Considerada pelo Código Florestal Federal como "área de preservação permanente", com diversas funções ambientais, devendo respeitar uma extensão específica de acordo com a largura do rio, lago, represa ou nascente”.

Tendo importância em vários fatores do ambiente, a sua degradação irá ocasionar diversos problemas como diminuição da fauna terrestre, assoreamento do corpo aquático, diminuição da qualidade da água, que influenciará a capacidade de fornecimento de água em boas condições. Normalmente, as matas ciliares apresentam uma flora heterogênea, pois se localizam em diferentes partes ao longo das margens. Logo, as espécies variam de acordo com sua capacidade de sobrevivência em locais inundados temporariamente ou permanentemente até as adaptadas em áreas de solos secos (GOMES; SANTOS, 2004).

Tão importante é o papel da mata ciliar que existem leis e resoluções em torno de si, para garantir sua proteção, destacando-se como importantes marcos a Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965 do Código Florestal, que definiu as matas ciliares como Áreas de Preservação Permanente (APP) e a Resolução CONAMA nº 302 de 20 de março de 2002, definindo a extensão da APP a partir da localização corpo aquático.

A Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 instituiu o Novo Código Florestal Brasileiro, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Uma das novidades trazida pela nova lei é tratar de maneira distinta os pequenos, médios e grandes produtores.

Agora os critérios são outros, principalmente no que diz respeito à recomposição de reserva legal e áreas de preservação permanente. Outros pontos importantes foram a liberação de determinadas atividades econômicas em APP, isenção de multas e penalidades aos agricultores que desmataram e diminuição da conservação da flora em margens de rios.

Em 17 de outubro de 2012, a Lei nº 12.727 complementou o Novo Código Florestal. Algumas das modificações geradas pela nova lei foram a exclusão das nascentes e olhos d'água intermitentes das áreas de preservação permanente. Os rios efêmeros também foram excluídos da obrigação de terem APP. Destaca-se também a impossibilidade de recomposição das APP's apenas com frutíferas (exóticas ou nativas).

O relatório do Tribunal de Contas do Estado (2013), referente à situação do em torno dos principais reservatórios da Paraíba, avaliou a situação da vegetação presente nas margens da barragem de Acauã. Fazendo a análise com base no uso e ocupação do solo, o estudo analisou as classes especificadas no Quadro 1, a seguir:

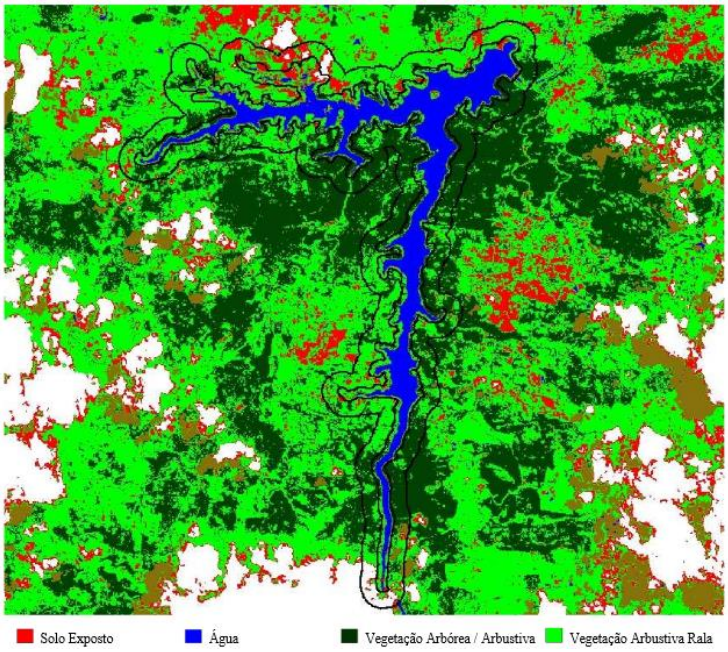
Quadro 1 - Classes de uso e ocupação do solo.

CLASSES	CARACTERÍSTICAS
Vegetação arbórea arbustiva	Áreas ocupadas por vegetação semi-densa a densa;
Vegetação arbustiva rala	Vegetação do tipo Capoeira. Áreas utilizadas pela exploração da agricultura e pecuária;
Solo exposto/Urbanização	Áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, ocupadas por agricultura, pecuária ou urbanização;
Água	Áreas ocupadas por reservatórios;

Fonte: Adaptado de Tribunal de contas do Estado (2013)

Com a classificação foi possível analisar a situação da vegetação, a partir de imagens de satélite exibida na Figura 3, e obter uma visão concreta da realidade local.

Figura 3 - Mapa Temático com a Classificação da APP.



Fonte: Adaptado de Tribunal de contas do Estado (2013)

A Figura 3 apresenta todo o entorno do reservatório de Acauã, ficando evidente que em sua maior parte existe vegetação, mais ou menos densa. A fração de solo exposto se mostra mínima quando comparada com a mata existente. Em comparação a outros reservatórios, Acauã apresenta a vegetação bem protegida, mesmo nos pontos mais distantes das margens.

3.4 TIPOS DE BARRAGENS

A escolha do tipo de barragem a ser construída depende de vários aspectos, destacando a segurança da obra, ligada as condições geológicas, configuração do vale e dimensão da obra. Custo da obra, fundamentado no preço e disponibilidade dos materiais, como disponibilidade de rochas resistentes e adequadas para serem usadas como agregado para o concreto, ou que sirvam para o rip-rap. O clima também é um fator analisado, uma vez que pode interferir no prazo (cronograma da obra) e técnicas construtivas (SOUZA, 2013).

Há dois tipos principais de barragens caracterizadas pelo material que as constituem, as de terra e/ou enroncamento e as de concreto, as barragens de terra e/ou enroncamento têm em suas composições matérias naturais como areia, silte ou argila, e materiais artificiais como britas ou enroncamento (maciço composto por rochas compactadas) (AZEVEDO *et al.,* 2011).

Outro tipo principal são as barragens de concreto, normalmente construídas em vales estreitos e com disponibilidade de rocha sã ou pouco fraturada. Possuem em sua estrutura um rebaixamento para permitir o vertimento da água excedente (OLIVEIRA, 2008). A barragem estudada neste trabalho é deste tipo.

3.4.1 Barragens de Concreto

Os tipos mais comuns de barragens de concreto são:

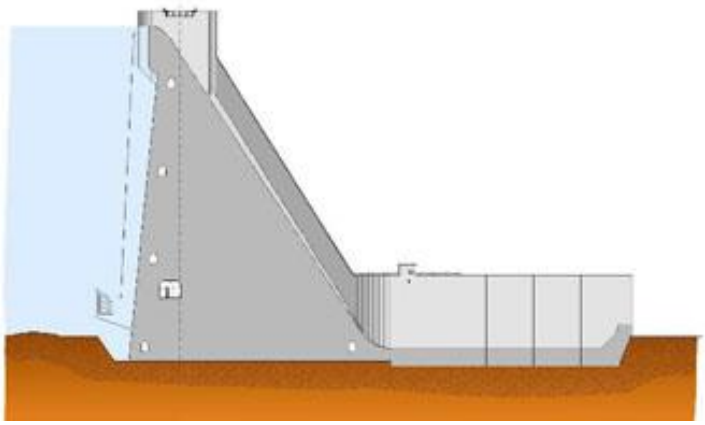
- Barragem de concreto à gravidade;
- Barragem de concreto em arco;
- Barragem de contrafortes.

Todas podem ser construídas a partir do concreto armado ou do concreto compactado a rolo (CCR). A tecnologia de concreto armado faz uso de formas, armações e injeção de concreto similar às construções civis como prédios e pontes. O concreto compactado a rolo utiliza uma composição ou traço diferente de concreto, em relação ao concreto armado, chamado de traço seco. O concreto é lançado e compactado com os mesmos equipamentos de construção das barragens de terra.

3.4.1.1 Barragem de Concreto à Gravidade

As barragens à gravidade caracterizam-se pelo seu perfil triangular conforme pode ser visto na Figura 4, o que proporciona estabilidade e capacidade de suporte, pela estrutura, das forças geradas pelos grandes volumes armazenados.

Figura 4 - Corte esquemático de uma Barragem de Gravidade



Fonte: Aqualogus (2010).

Segundo (BARROS et al., 2011), a estabilidade da estrutura se dá principalmente pelos esforços da gravidade, ou seja, seu peso próprio. Com isso é possível resistir aos forças atuantes na estrutura, entre elas, o peso próprio, pressões hidrostáticas e subpressão.

O peso próprio é o principal esforço resistente da barragem, definido pela relação do volume da barragem pelo peso especifico do concreto. Segundo a Eletrobras (2003), o peso específico do CCR varia entre 21 e 26 kN/m³ em função do agregado aplicado. A resultante desse esforço é vertical e atuante no sentido da gravidade, e no centro da seção (MARQUE; CARVALHO, 2013).

As forças exercidas pelas águas, ou pressões hidrostáticas, atuam de forma perpendicular à superfície da barragem, em forma de cargas distribuídas e variam com a profundidade. Atuantes no paramento montante e jusante, os empuxos podem ser representadas por diagramas triangulares (SOUZA, 2009). Essas forças podem gerar desestabilidade a estrutura, com os processos de tombamento e de escorregamento.

A subpressão é uma pressão ascensional que atua na fundação da barragem, em função da pressão decorrente da percolação de água através dos maciços de concreto, rochoso ou de terra. Esse processo impões alguns riscos para a estrutura, como a flutuação, onde a pressão da água tende a aliviar o peso de concreto. Outro risco é a influência da subpressão sobre as tensões, pois parte das tensões são atenuadas por ela, diminuindo a resistência ao deslizamento existente ente a fundação e a estrutura (OLIVEIRA, 2008).

3.4.1.2 Barragem de Concreto em Arco

Caracterizada por sua forma curva, esse tipo de barragem têm sua estabilidade gerada pelas ombreiras (encontro das laterais da estrutura com o vale) e fundações fixadas em rochas sólidas e compactas. A forma curva faz com que os esforços sejam transmitidos para as ombreiras. Normalmente são construídas em vales estreitos, o que lhes confere altura maior que a largura como ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Barragem em Arco (Usina Hidrelétrica Verzasca - Suíça).

Fonte: Mega Engenharia (2014).

3.4.1.3 Barragem de Contraforte

São barragens com estrutura bastante semelhantes às de gravidade, porém, possui em sua estrutura a presença de escoras feitas em concreto (contrafortes) apresentado na Figura 6, que servem como auxílio para resistência as tensões.
Sendo necessário um maior tratamento em relação as suas fundações, pois os contrafortes geram um aumento de compressão na fundação, uma vez que a área da base é menor se comparada à por gravidade. Esse tipo de estrutura economiza em torno de 25 a 40% de concreto, dependendo da altura, em relação a concreto-gravidade (ARAUJO; DOMINGOS, 2011).

Figura 6 - Barragem das Pedras (Bahia).

Fonte: Ieda Sampaio (2007).

3.5 AVARIAS MAIS COMUNS E INSPEÇÃO DE SEGURANÇA EM BARRAGENS DE CONCRETO

Assim como qualquer outro tipo de construção, as barragens também estão sujeitas ao aparecimento de avarias resultantes muitas vezes de intempéries, baixa resistência estrutural e problemas decorrentes de uma má fundação. As avarias podem surgir em todas as partes constituintes da barragem, desde os paramentos de jusante e montante, passando pela fundação e estrutura até os mecanismos hidráulicos componentes.

Na parte estrutural, as principais avarias são o surgimento de fissuras no concreto, que muitas vezes indicam o deslocamento da estrutura, sendo esse um fator de risco à segurança da barragem. O desgaste superficial assim como o rebentamento (depressões cônicas deixadas quando partes do concreto se desprendem da superfície) e cavitação, são ocasionadas muitas vezes por reações químicas e eletroquímicas decorrentes do contato entre a água poluída e o concreto (OLIVEIRA, 2008).

A cavitação é um processo de desgaste do concreto, gerado pela dinâmica das águas, atingindo as superfícies hidráulicas das barragens. O processo ocorre com a formação de bolhas de vapor geradas por uma queda de pressão, originada pelo escoamento da água. Nas barragens o processo ocorre mais comumente nos vertedouros, devido à aceleração no escoamento do fluido. As bolhas formadas pela baixa pressão irão ser transportadas e caso cheguem a um ponto onde a pressão aumente ocorrerá o seu rompimento. O rompimento sucessivo das bolhas irá gerar ondas de choque, que provocarão trincas microscópicas na superfície do concreto. Com um tempo irão crescer e ocasionar o descolamento do material (KORMANN; PORTELLA; PEREIRA, 2001).

Grandes rachaduras de formato aleatório com o aparecimento das armações de metal são avarias que podem comprometer toda a estrutura, sendo geradas a partir da reação álcali-agregados, que ocorre entre os hidróxidos alcalinos do cimento e componentes minerais do agregado, podem ser encontradas em qualquer parte da estrutura de concreto, desde a crista até os vertedouros (ECIVIL, 2011). Segundo Andrade (2005), o mecanismo causador da reação não é perfeitamente entendido. Sabe-se que alguns agregados como a sílica, pode reagir com o potássio, sódio e o hidróxido de sódio do cimento, formando um gel em volta dos

agregados que reagiram. Quando exposto a umidade o gel expande-se, gerando tensões internas que causam fissuras no concreto.

Além de agentes físicos e químicos, os agentes biológicos também podem degradar a estrutura de concreto. Condições de rugosidade e porosidade do concreto combinadas com características ambientais, como umidade e temperatura, tornam o concreto um material bioreceptivo ao ataque microbiológico. A biodeterioração pode ocorrer de diversas maneiras. O material pode ser rompido devido à pressão exercida pelos organismos durante seu crescimento e locomoção, a presença dos microrganismos pode interferir na estética do concreto, mudando sua cor. Os principais microrganismos envolvidos são as algas, fungos, bactérias, liquens e protozoários (SILVA et al, 2005).

Nas galerias de inspeção do interior da barragem, normalmente infiltrações, deterioração do concreto, fissuras e drenos obstruídos são os problemas mais encontrados. Nos componentes metálicos a corrosão, fragmentação e desgaste, perda de revestimento de proteção são as principais avarias.

A segurança da barragem está totalmente ligada ao controle e correção das avarias detectadas. Logo, o processo de inspeção é fundamental para assegurar uma eficiente manutenção da estrutura. O Manual de Segurança e Inspeção de Barragens lançado em 2002, visa orientar ações de construção, operação e manutenção das barragens de concreto e de terra. No caso das barragens de concreto o manual descreve procedimentos de manutenção para a estrutura, como a implantação de programas anuais de manutenção, abrangendo limpeza regular dos sistemas de drenagem, manutenção dos equipamentos de bombeamento e instrumentação de monitoramento. Para as estruturas metálicas, a verificação do alinhamento, conexões soldadas, revestimentos de proteção são os principais parâmetros a serem observados.

Segundo o manual, as inspeções de segurança deverão ocorrer em diferentes níveis, podendo ser informal, cuja frequência dessas inspeções deve ser semanal ou mensal, servindo para comunicação de eventuais anomalias. Inspeções formais realizadas semestralmente ou anualmente, para elaboração de relatório com todas as observações de campo. Inspeções especiais com frequência entre cinco a dez anos, devendo ser realizada por uma equipe multidisciplinar para a realização de uma avaliação sistemática de segurança.

3.6 BARRAGEM ARGEMIRO DE FIGUEIREDO

Concluída em 2002 com a finalidade de reservar água para abastecimento da população, a Barragem Argemiro de Figueiredo é responsável pelo abastecimento de 17 cidades do planalto da Borborema, dentre elas Itatuba e Salgado de São Félix (LUNA, 2008). Classificada como barragem de concreto por gravidade, foi construída com concreto rolado (ou compactado a rolo), possuindo dezesseis vertedouros, casa de máquina controlando a abertura e fechamento da comporta de liberação de água para o descarregador de fundo, além da tomada d'água com a captação para o uso.

A crista da barragem, acima da lâmina vertente, é composta em suas laterais por vários blocos de concreto formando as muretas que juntamente com os corrimões servem de proteção para todos que utilizam a barragem como caminho entre as comunidades da Melancia e Taboca, assim como para os visitantes. A iluminação noturna do local se dá pelo arranjo de dezenove postes distribuídos ao longo da barragem. A sua face externa (à jusante) é constituída por degraus que tem a função de dissipar parte da energia existente no escoamento da lâmina vertente, juntamente com o tanque de dissipação. Assim, o fluxo vertente não causa danos à estrutura durante seu escoamento.

Com comprimento de 452 m e altura de 47 m na face de montante, a barragem de Acauã possui uma bacia hidráulica com área de 2.300 ha e 253.000.000 m^3 de capacidade de acumulação, com profundidade média de 25 m e máxima de 50 m no porão (OAS ENGENHARIA, 2014). Segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) (2014), atualmente (26/11/2014), o açude possui um volume de 59.390.259 m^3, correspondendo a cerca de 23,5% de sua capacidade. Nos últimos dez anos o reservatório vem passando por diversas variações em seu volume, desde 2011, ano do último vertimento da barragem, o seu volume armazenado vem diminuindo com o passar dos anos.

Além de servir de base para o abastecimento de várias cidades, o reservatório de Acauã é a fonte de recursos hídricos para outras atividades. O Quadro 2 apresenta outras formas de utilização da água armazenada na barragem de Acauã. Ambas as atividades possuem a outorga de direito de uso do recurso hídrico, ou seja, possuem a permissão do poder público de utilizar a água.

Quadro 2 - Uso das águas do reservatório Acauã.

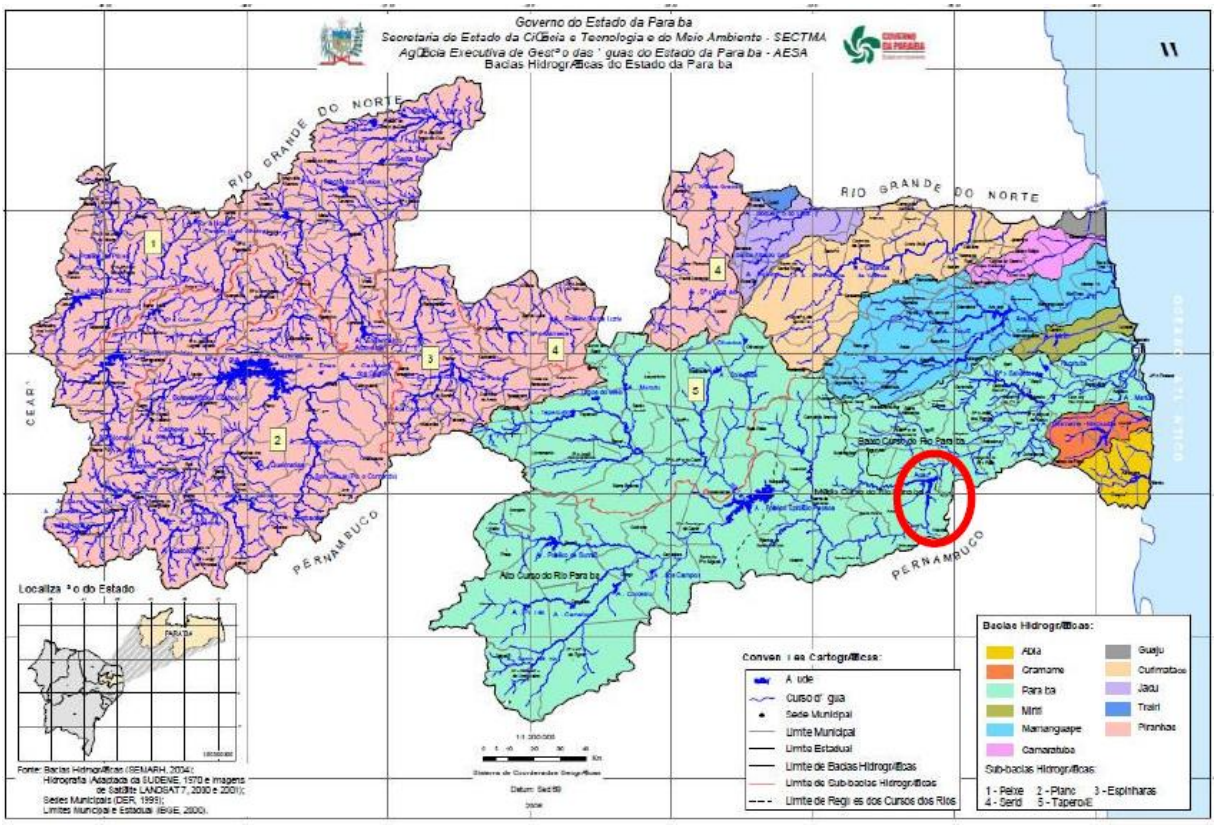
Nome do Usuário	Município	Tipo de Uso	Vazão Horária (m^3/h)	Volume Anual (m^3)	Data de Expiração
Consórcio Acauã	Itatuba	Industrial	90	112.320,00	06/11/2015
SERHMACT	João Pessoa	Irrigação	850	10.000.000,00	30/01/2015

Fonte: Adaptado de AESA (2014).

4. METODOLOGIA

O local de estudo foi a Barragem Argemiro de Figueiredo, popularmente conhecida como Acauã, localizada na bacia hidrográfica do rio Paraíba, a qual possui uma área de 20.071,83 km^2, compreendida entre as latitudes 6º51’31’’ e 8º26’21’’ Sul e as longitudes 34º48’35’’ e 37º2’15” Oeste de Greenwich. A localização do açude está representada na Figura 7.

Figura 7 - Localização do Açude Acauã.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2013).

O método utilizado para identificação das avarias foi o da inspeção visual e registro fotográfico, a partir de diversas visitas ao local de estudo. Através de revisão bibliográfica em livros, dados eletrônicos, legislações e artigos, foi possível conhecer as principais avarias relacionadas à estrutura de barragens de concreto, problemas comuns relacionados à parte elétrica e estética deste tipo de construção. Pode-se ainda avaliar a situação da mata ciliar e da água armazenada, propondo medidas mais eficazes para o controle da situação encontrada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ESTRUTURA DE CONCRETO

Na estrutura de proteção lateral da crista da barragem foram detectadas algumas avarias superficiais, como deterioração do concreto com o aparecimento das ferragens componentes das muretas de proteção, como apresenta a Figura 8.

Figura 8 - Avarias na Estrutura de Concreto.

Fonte: Própria (2014).

A exposição das ferragens pode ser atribuída à deterioração do concreto pelo contato com o vapor da água liberada pelo descarregador de fundo, uma vez que esse tipo de avaria só foi encontrada nas muretas próximas ao dispositivo. A presença de algas e bactérias, como destacam Oliveira (2008) e Silva (2005) tornam as águas agressivas a esse tipo de composto. Verifica-se também, danos nas extremidades e rebentamentos em outras partes dos blocos de concreto das muretas, gerados pela ação do tempo em conjunto com a falta de manutenção.

A correção das avarias encontradas é simples, a partir da recomposição com cimento. O recobrimento das ferragens é importante para garantir a segurança estrutural das muretas, uma vez que a deterioração da armação irá comprometer todo o bloco. O reparo das pequenas avarias superficiais segue o mesmo processo de recomposição, garantindo que não haja um aumento na magnitude dos danos.

No paramento de jusante da barragem não foram detectadas avarias comprometedoras à estrutura, apenas o desgaste superficial natural do concreto. O mesmo cenário foi identificado no paramento de montante, conforme se apresenta na Figura 9.

Figura 9 - Paramentos de Jusante (A) e de Montante (B).

Fonte: Própria (2014).

5.2 ESTRUTURAS METÁLICAS

Alguns componentes metálicos da Barragem Argemiro de Figueiredo encontram-se em um severo estado de degradação, como ilustra a Figura 10. Corrimões e postes de iluminação presentes próximos ao descarregador de fundo estão totalmente comprometidos, sendo inviável a recuperação.

A intensa degradação pode está ligada a dois fatores principais, o primeiro, assim como nas muretas de proteção, o contato constante dos metais com o vapor da água, devido à liberação contínua do descarregador de fundo. O segundo fator é o tipo de material utilizado, os corrimões instalados possuem uma de chapa metálica de pouca espessura.

Figura 10 - Componentes Metálicos da Barragem

Fonte: Própria (2014).

Para uma maior resistência dos postes e corrimões que serão instalados, os mesmos deverão ser produzidos em aço galvanizado e antes do acabamento com a pintura final, deverão receber a aplicação de uma pintura de proteção anticorrosiva. A cobertura final deve ser feita com tinta epóxi, pois apresenta alta resistência à umidade, água e a abrasão, propiciando uma maior proteção ao metal.

Outros componentes metálicos presentes na barragem são os portões das galerias e casa de máquinas, e os equipamentos responsáveis pela abertura e fechamento da comporta, além dos corrimões instalados no descarregador de fundo. No caso dos portões, é possível a recuperação, pois se encontram em estados não tão avançados de degradação como se apresenta na Figura 11.

A avaliação dos equipamentos responsáveis pela a abertura e fechamento da comporta deverá ser realizada por um técnico especializado, assim como as condições apresentadas pela mesma. Os corrimões instalados no dispositivo de descarga de fundo deverão ser substituídos. Em várias partes apresentam avançado grau de corrosão, que desafixaram os corrimões das bases.

Figura 11 - Portão da casa de máquinas

Fonte: Própria (2014).

Parte importante da barragem, a comporta tem a função de regular o nível de água armazenada, regulando o fluxo entre os parâmetros montante e jusante. Atualmente o processo de abertura e fechamento da comporta ocorre a partir de instrumentos manuais. Com falta de fornecimento de energia elétrica, os dispositivos eletrônicos de controle da comporta estão desativados. Na barragem de Acauã, a comporta permanece com uma pequena abertura, que visa à manutenção dos níveis hídricos a jusante do reservatório, a partir da liberação pelo descarregador de fundo, como exibe a Figura 12.

Figura 12 - Descarregador de Fundo.

Fonte: Própria (2014).

5.3 CONDIÇÕES ESTÉTICAS E DE INFRAESTRUTURA ELÉTRICA

A falta de manutenção da estrutura acabou afetando a estética da construção. O crescimento de vegetação e acumulo de areia na crista da barragem é um exemplo da falta de manutenção, juntamente com degradação da pintura das muretas. Ambos os problemas são apresentados na Figura 13.

Para recuperação estética é necessária à remoção da vegetação e do material acumulado. As paredes deverão receber uma camada de selador que irá facilitar a pintura das paredes, proporcionando um bom acabamento e economia na aplicação da tinta. Para a cobertura final das paredes é indicado o uso de tinta acrílica, por possuir em sua composição resinas acrílicas. A tinta irá proporcionar uma maior impermeabilização uma vez aplicada, ponto importante, pois há um contato contínuo entre as paredes e o vapor da água liberada pela descarga de fundo. Uma maior impermeabilização irá aumentar a proteção contra a ação da água e das intempéries.

Figura 13 - Crista da barragem.

Fonte: Própria (2014).

A infraestrutura elétrica formada pelos postes, fiação e transformadores encontra-se desativada. A falta de iluminação noturna é um problema para a barragem, com as avarias nos postes de iluminação, a energia elétrica foi desligada por motivo de segurança. Sem a iluminação noturna, um dos transformadores responsáveis pelo abastecimento elétrico foi furtado. Os cabos elétricos não foram

furtados, pois são embutidos nas muretas de proteção, o local de passagem dos cabos nas muretas é ilustrado na Figura 14.

A recuperação elétrica ocorrerá com a substituição dos postes, além da colocação de um novo transformador para o fornecimento de energia em tensão adequada. As fiações não precisam ser substituídas desde que, os novos postes tenham a mesma estrutura para colocação dos cabos que os antigos.

Figura 14 - Local de passagem dos cabos elétricos.

Fonte: Própria (2014).

5.4 MATAS CILIARES

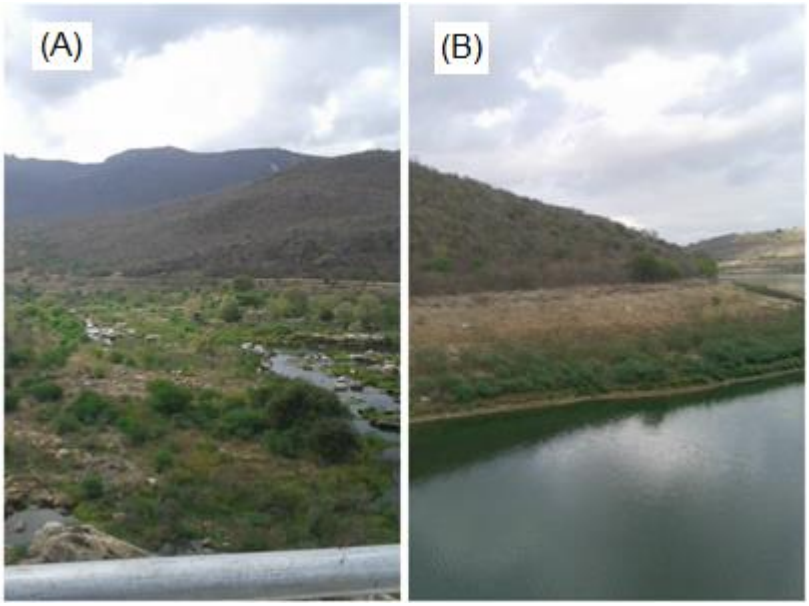
O entorno da Barragem Argemiro de Figueiredo encontra-se com sua mata ciliar em um bom grau de preservação. O relevo acentuado e o difícil acesso devido ao isolamento são fatores que diminuem a ação antrópica sobre as matas ciliares deste reservatório. Frações de solo exposto são encontradas mais próximas às margens do reservatório, devido à existência de algumas comunidades, dentre elas a da Melancia, apresentada na Figura 15. Construção de moradias e áreas de cultivo são as principais causas do desmatamento.

Figura 15 - Comunidade da Melancia, Itatuba – PB.

Fonte: Própria (2014).

A vegetação a jusante da barragem, apresenta uma formação heterogênea e bem distribuída ao longo do curso d'água. Nela a ação antrópica foi mínima, a principal alteração foi a construção de uma estrada. A montante, a vegetação encontra-se distribuída nos morros que cercam o reservatório, variando de vegetação rala à densa, a partir da margem até as cotas mais elevadas, ambas são apresentadas na Figura 16.

Figura 16 - Vegetação à Jusante (A) e à Montante (B) da barragem.



Fonte: Própria (2014).

As alterações geradas pela ação antrópica, como a construção da estrada, foram necessárias para o desenvolvimento das comunidades próximas ao reservatório. Logo, não é possível reverter o cenário encontrado.

5.6 QUALIDADE DA ÁGUA

As águas do açude apresentam sinais de eutrofização. Durante o processo de inspeção foi possível observar a floração de algas na superfície do corpo aquático como apresento na Figura 17. Comprovando as conclusões de estudos anteriores, a exemplo de Oliveira (2013), cujo estudo sobre a qualidade da água do reservatório Argemiro de Figueiredo, concluiu que o reservatório encontrava-se eutrofizado.

Figura 17 - Floração de biomassa nas águas da barragem.

Fonte: Própria (2014).

O enriquecimento de nutrientes se dá pelo fato do reservatório receber as águas dos rios Paraíba e Paraibinha, que por sua vez, recebem as altas cargas orgânicas oriundas do lançamento de efluentes sem tratamento de várias cidades, entre elas Campina Grande. As comunidades localizadas as margens ou próximas ao açude, não possuem sistema de tratamento para seu efluente, logo, o lançamento direto nas águas da barragem também favorece a manutenção da eutrofização corpo hídrico.

Para o controle e remediação do processo de eutrofização das águas da barragem é necessário o controle das cargas orgânicas lançadas nos rios contribuintes do açude Acauã. A adequação da carga com os parâmetros vigentes de lançamentos de efluentes é indispensável para que o cenário de eutrofização possa ser revertido.

5.7 PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM

A recuperação da barragem iniciou-se com o lixamento das paredes, para a remoção da pintura deteriorada, e a correção das avarias encontradas, como se exibe na Figura 18. Essas primeiras ações tiveram a intenção de preparar as muretas para receber a cobertura com o selador. Nesse meio tempo foram removidas a vegetação e os material acumulado na crista da barragem, assim como os corrimões deteriorados.

Figura 18 - Muretas lixadas e retocadas.

Fonte: Própria (2014).

Concluído o processo de lixamento e retoque, as muretas foram pintadas com o selador. Embora simples, a aplicação foi demorada, pois somada todas as partes que receberiam a pintura tem-se em torno de 1.800 m² de faces de muretas. Na Figura 18 apresenta-se o resultado final, após aplicação do selador.

Figura 19 - Muretas após aplicação do selador.

Fonte: Própria (2014).

Após a aplicação do selador, iniciou-se o processo de colocação dos novos corrimões, sendo esses confeccionados em aço galvanizado. Os corrimões ilustrados na Figura 20, ainda necessitam de aplicação da tintura anticorrosiva e posterior cobertura final. Os novos corrimões reestabelecem a segurança para as pessoas que transitam no local, pois as muretas possuem pouca altura.

Figura 20 - Novos corrimões instalados.

Fonte: Própria (2014).

Atualmente a recuperação ainda encontra-se na fase de colocação dos novos corrimões, restando ainda à recuperação dos portões e colocação dos novos postes para reestabelecer a iluminação noturna, substituição dos corrimões situados no descarregador de fundo. Sendo importante após o processo de recuperação, a implantação de inspeções rotineiras na barragem, como forma de assegurar a manutenção da estrutura. Para as inspeções pode-se tomar como base a Lei nº 12.334 ou o *Manual de Segurança e Inspeção de Barragens* do Ministério da Integração Nacional. Ambos documentos norteiam essa prática.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A barragem Argemiro de Figueiredo apresentou em sua estrutura, avarias de simples correções, na maioria dos casos. As quais embora não proporcionassem risco imediato de rompimento ao maciço, deveriam ser corrigidas para a manutenção da estrutura, garantindo a segurança e o não comprometimento da armazenagem de água. O aparecimento de pequenas parcelas das ferragens e rebentamentos em várias partes das muretas foram as avarias mais comuns no diagnóstico. A causa dessas avarias está ligada a ação das intempéries, possivelmente potencializada pelo contato dos blocos de proteção com o vapor da água, liberada pela descarga de fundo.

A degradação dos componentes metálicos ocasionava risco às pessoas que trafegavam pela estrutura. Os corrimões não asseguravam a proteção necessária, uma vez que as paredes possuem uma baixa altura. A falta de iluminação ocasionada pelas avarias nos postes acarretava na falta de segurança durante o período noturno. O avançado grau de desgaste em ambos componentes impediu a recuperação dos mesmos, sendo necessária a substituição.

Os novos componentes metálicos serão de materiais mais resistente, pois as intempéries e a água agressiva potencializam a degradação desses metais. A recuperação das muretas com a reposição do material perdido, em conjunto com os componentes metálicos começaram a renovar a estética da barragem, embora falte a pintura final das paredes e corrimões. As retiradas do material acumulado e da vegetação alteraram o cenário de abandono observado antes do processo de recuperação. Todas as ações de recuperação envolveram metodologias simples, com recomposição de material no caso dos blocos de concreto e a montagem dos novos corrimões.

A água armazenada no reservatório de Acauã apresenta florações de algas, evidenciando seu elevado grau de eutrofização. A elevada carga de nutrientes recebidos pelos seus contribuintes é uma das causas desse fenômeno. O lançamento dos efluentes sem tratamento, das comunidades próximas, embora em pequenas proporções, somam-se aos dos tributários e comprometem o processo de autodepuração do corpo hídrico. A remediação do processo é complicada, pois a bacia em que se encontra a barragem é uma das mais antropizadas do estado, e em termos de coleta e tratamento de efluentes não apresenta níveis adequados.

A mata ciliar às margens do reservatório apresenta algumas áreas de degradação pela ação antrópica, a construção de estradas e moradias é uma das principais causas do desmatamento. As áreas mais afastadas das margens são as mais protegidas, esse fato deve-se ao seu isolamento e o relevo acentuado que dificulta o acesso a essas áreas.

REFERÊNCIAS

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. **Usuários Outorgados na bacia do Região do Médio Curso do Rio Paraíba.** Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/consultas/listaUsuarios.php?pg=3&tipo=outorgado&baci a=Regi%E3o+do+M%E9dio+Curso+do+Rio+Para%EDba> Acesso em: 03 Dez 2014.

Agência Nacional das Águas- ANA. **Cadastro de barragens**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cadastros/Barragens/Visualiza.aspx> Acesso em: 30 Ago 2014.

AQUALOGUS. **Barragem de Padroselos.** Disponível em: <http://www.aqualogus.pt/project_detail.php?lang=pt&id=58&cat=3> Acesso em: 18 Nov 2014.

ANDRADE, T. **Tópicos sobre Durabilidade do Concreto.** São Paulo: IBRACON, 2005.

ARAÚJO, C. F. de; DOMINGOS, S. S. **Construção de barragens de Enrocamento para contenção de Resíduos de Mineração.** São Paulo, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, [2013].

AZEVÊDO, E. et al. **Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água em quatro reservatórios da bacia do rio paraíba, trópico semiáriodo paraibano.** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, 2011.

AZEVEDO, D. et al. **Geologia de Barragens.** Universidade de Pernambuco. 2011. 45 p.

BEZERRA, M. A. A. et al. **Gestão das águas de barragens do nordeste a partir de uma perspectiva social e econômica**. Porto Alegre: Sober, 2009. 13 p.

CETESB. **Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais**. São Paulo: 2013. 47 p.

CODEVASF. **Polígono das Secas.** Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/DeSaTiVaDo_osvales/vale-do-sao-francisco/poligono-das-secas/> Acesso em: 24 Nov 2014.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS - CBDB. **Sistema Informatizado do Cadastro Nacional de Barragens Brasil.** Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/569/Cadastro%20Nacional%20de%20Barragens> Acesso em: 13 Set 2014.

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: 2011. 524 p.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS - CBDB. **Revista brasileira de Barragens.** 1. ed. Rio de Janeiro, 2014. 60 p.

COSTA, W. D. **Geologia de Barragens.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 350 p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B**. Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2 ed. São Carlos: Rima, 2005.

ECIVIL. **Reações Álcalis-Agregado em estruturas de concreto**. Disponível em: <http://www.ecivilnet.com/artigos/reacoes_alcalis_agregado.htm> Acesso em: 20 Out 2014.

ELETROBRÁS. **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas.** 2003.

ESTADO DA PARAÍBA. **Relatório de Auditoria Operacional da Situação Ambiental do Entorno dos Principais Reservatórios Artificiais do Estado da Paraíba.** Tribunal de Contas do Estado. 2011. 72p.

GOMES, J. V.; SANTOS, J.M. **Análise da degradação das matas ciliares às margens do espelho d'água da barragem de Brumado, no período de 1977 a 2004.** UNEB, 2004. 9p.

IEDA SAMPAIO. **Boatos sobre a Barragem de Pedra.** Disponível em: <http://iedasampaio.blogspot.com.br/2007/03/boatos-sobre-barragem-de-pedra.html> Acesso em: 23 Out 2014

KORMANN, A. C. M.; PORTELLA, K. F.; PEREIRA, P. N. **Processos Erosivos em Superfícies de Concreto de Barragens – Mecanismos de Recuperação.** XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens. Fortaleza, 2001

LUNA, B. J. C. **Características espaço-temporais do sistema do Açude Acauã-PB, e seu atual Índice de Estado Trófico.** Campina Grande: PRODEMA, 2008. 120 p.

MEDEIROS, H. **Doenças concretas**. Revista téchne, São Paulo, n. 160. 2010. p. 62 - 68,

MARQUES, J. L. S.; CARVALHO, R. S. de. **Critérios de projeto de barragens de concreto à gravidade: Uma visão de sustentabilidade.** Curitiba, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, [2013].

MEGA ENGENHARIA. **Usina Hidrelétrica Verzasca – Suiça.** Disponível em: <http://megaengenharia.blogspot.com.br/2014/07/usina-hidreletrica-verzasca-suica.html> Acesso em: 23 Out 2014.

MEMORIAL DA ELETRICIDADE. **Centro da Memória da Eletricidade no Brasil**. Disponível em: <http://www.memoriadaeletricidade.com.br/default.asp?pag=22&codTit1=44338&pag

ina=destaques/linha/1898-1929&menu=376&iEmpresa=Menu#44338> Acesso em: 25 Out 2014.

Ministério da Integração Nacional. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: 2002. 148p.

MIRANDA, L. **A seca na Bahia.** Superintendência de Desenvolvimento Agropecuário – SDA. Bahia. 2012. 12 p.

NAIME, R. **Análise de Impactos Socioambientais de Barragens.** Revista Visão Socioambiental: 2009. Disponível em: <http://www.visaosocioambiental.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=557&Itemid=84> Acesso em: 25 Out 2014.

OAS ENGENHARIA. **Barragem Acauã.** Disponível em: <http://www.oas.com/oas-com/oas-engenharia/realizacoes/especiais/irrigacao-barragens/semarh-barragem-acaua/> Acesso em: 27 Out 2014.

OLIVEIRA, J. R. C. **Contribuição para a Verificação e Controle da Segurança de Pequenas Barragens de Terra**. Ouro Preto, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Universidade Federal de Ouro Preto, [2008].

OLIVEIRA, M. C. N. **Níveis de eutrofização do açude Argemiro de Figueiredo (Acauã/PB) e condições de tratamento de sua água para remoção de cianobactérias por coagulação, floculação e sedimentação.** 2013. 65p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, [2013].

QUEIROZ, S. C. B. **Utilização da Dupla Filtração, Oxidação e Adsorção com Carvão Ativado Pulverizado no Tratamento de Água Eutrofizada.** Porto Alegre, 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [2010].

RICARDO, P. R. **Projeto de recuperação das Matas Ciliares.** 2008. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Faculdade Centro Paulista de Ibitinga, [2008].

SILVA, M. R. et al. **Biodeterioração do Concreto.** São Paulo: IBRACON, 2005.

SOUZA, A. J. M. de. **Avaliação Preliminar da Segurança sísmica de um Perfil Típico em barragem de concreto gravidade, Estudo de caso barragem de Tucuruí.** Belém, 2009. 79 p.

SOUZA, M. M. de. **Estudo para o projeto geotécnico da barragem de Alto Irani, SC.** Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013. 129 p.

SUDENE. **Semiárido.** Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/area-de-atuacao-da-sudene/semiarido> Acesso em: 22 Nov 2014.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez.** São Carlos: Rima, IIE, 2003.