

UNIVERSIDADE TIRADENTES

LUCAS CARVALHO MARQUES

**ANÁLISE DE RISCOS AMBIENTAIS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: OBRAS HIDRÁULICAS**

ARACAJU – SE
2018

LUCAS CARVALHO MARQUES

**ANÁLISE DE RISCOS AMBIENTAIS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: OBRAS HIDRÁULICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Tiradentes como um dos pré-requisitos
para a obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia civil.

Profª Drª. NAYÁRA BEZERRA CARVALHO

ARACAJU – SE
2018

LUCAS CARVALHO MARQUES

**ANÁLISE DE RISCOS AMBIENTAIS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: OBRAS HIDRÁULICAS**

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado ao Curso de
engenharia civil da
Universidade Tiradentes –
UNIT, como registro parcial para
obtenção do grau de bacharel
em Engenharia Civil.

Aprovado em ____/____/____.

Banca examinadora:

Dr^a. NAYÁRA BEZERRA CARVALHO
Universidade Tiradentes

Dr^a. MARCELA DE ARAUJO HARDMAN CORTES
Universidade Tiradentes

Dr. DIEGO MELO COSTA
Universidade Tiradentes

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Disposição de Água doce pelo mundo	13
Figura 02 – Divisão Hidrográfica Nacional.....	14
Figura 03 – Balanço hídrico quantitativo por bacia	15
Figura 04 – Antiga Irrigação Egípcia	18
Figura 05 – Modelagem fluidodinâmica com o Computational Fluid Dynamic (CFD).....	19
Figura 06 – Protesto do Movimento dos Atingidos por Barragens	27
Figura 07 – Distrito de São Bento em Minas Gerais atingido pela lama	29
Figura 08 – Poço artesiano jorrante	30
Figura 09 – Rachadura no solo por conta da extração desordenada no México	31
Figura 10 – Sistema Pratagy, Maceió (AL)	32
Figura 11 – Implantação de Poço Artesiano	33
Figura 12 – Barragem da Bemposta.....	34
Figura 13 – Usina de Itaipú	35
Figura 14 – Equipe de contenção de vazamento na cidade de Sertânia	36
Figura 15 – Canal do Rio Tietê.....	38
Figura 16 – Desertificação às margens do Rio São Francisco	39
Figura 17 – Rompimento do Canal de transposição do Rio São Francisco em Custódia.....	40
Figura 18 – Canal da cidade de Monteiro (PB).....	41
Figura 19 – Estação de tratamento de água.....	42
Figura 20 – Disposição final de resíduos das ETA's.....	43
Figura 21 – Localização dos poços artesianos	47
Figura 22 – Estrutura de proteção dos poços	49
Figura 23 – Poço 1 ao lado da caixa de bombas.....	49

Figura 24 – Poço 1	50
Figura 25 – Válvulas de esfera acopladas na encanação do Poço 1	51
Figura 26 – Poço 2 no interior da área de proteção.....	51
Figura 27 – Bombas 1 e 2 ligadas à adutora do sistema	52
Figura 28 – Bomba 1 da Estação Elevatória 1.....	53
Figura 29 – Casa de apoio do Reservatório RE1	54
Figura 30 – Válvulas de esfera na tubulação anterior ao reservatório	54
Figura 31 – Reservatório RE1 ao lado da casa de apoio.....	55
Figura 32 – Terreno abaixo do reservatório coberto com brita	56
Figura 33 – Trecho de acesso ao local de implantação.....	57
Figura 34 – Área de implantação com baixa incidência de residências	57
Figura 35 – Poço artesiano localizado na região de implantação do sistema ..	58
Figura 36 – Poço de acordo com a NBR 12244-2006	59
Figura 37 – Poço 2 descoberto e com tampa solta.....	60
Figura 38 – Solo rachado devido à erosão na cidade do México.....	63
Figura 39 – Implantação de adutora na cidade de Cocal do Sul.....	64
Figura 40 – Adutora atingida pela corrosão.....	65
Figura 41 – Adutora atingida por corrosão	65
Figura 42 – Gráfico de evolução do controle de perdas	67
Figura 43 – Detalhe da chapa vertical metálica	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Drenagem anual per capta no ano de 2000	13
Tabela 02 – Resultados das pesquisas na Vila de Ponta Grossa	22
Tabela 03 – Empreendimentos analisados no estudo de caso apresentado....	24
Tabela 04 – Impactos advindos dos empreendimentos hidráulicos	25
Tabela 05 – Barragens rompidas pelo Brasil e seus impactos	37
Tabela 06 – Limite da presença de elementos na amostra para ensaio de lixiviação e solubilização	44
Tabela 07 – Dimensões de Adutoras para o reservatório	47
Tabela 08 – Média de temperatura anual da região analisada nos últimos quatro anos	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo Geral	11
2.2. Objetivos Específicos	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1. Disponibilidade Hídrica.....	12
3.2. Gestão de Recursos Hídricos	15
3.3. Hidráulica e o Avanço das suas Atividades.....	18
3.4. Engenharia Civil e Meio Ambiente	20
3.5. Impactos ambientais causados pela Construção Civil	21
3.6. Impactos socioeconômicos	26
3.7. Obras Hidráulicas e seus Riscos Ambientais	29
3.7.1. Poços Artesianos	29
3.7.2. Barragens.....	33
3.7.3. Conduitos Livres	38
3.7.4. Estações de Tratamento de Água.....	41
4. ESTUDO DE CASO	45
4.1. Estrutura do Estudo	45
4.2. Caracterização do serviço	46
4.3. Análise Geral da Obra	47
4.4. Triagem.....	48
4.4.1. Poços Artesianos	48
4.4.2. Conjunto Bombas e Adutora.....	52
4.4.3. Reservatório	53
4.5. Análise do local.....	56
4.6. Decisão	58
4.6.1. Poços artesianos.....	58
4.6.2. Conjunto Bombas e Adutora.....	63
4.6.3. Reservatório	68
4.7. Estratégias para Minimização de Riscos	68
4.7.1. Poços Artesianos	68
4.7.2. Conjunto Bombas e Adutora.....	70
4.7.3. Reservatório	70
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

RESUMO

Obras hidráulicas constituem um conjunto de atividades de extrema importância para a qualidade de vida do ser humano, pois tratam-se de serviços com água, um recurso natural essencial à vida. Contudo, para que tais obras sejam realizadas, são necessárias alterações e interações com o meio ambiente que podem gerar impactos e consequências advindas dos danos provocados à natureza. A obra de abastecimento de água do Assentamento Zumbi em Tobias Barreto – SE foi analisada para definição de possíveis riscos e impactos causados pelas estruturas construídas desde a captação de água até o armazenamento para distribuição. A análise foi realizada pela união de dados coletados em campo, durante, e pós finalização das obras e dados adquiridos através de pesquisa bibliográfica. Os resultados apontaram riscos e possíveis impactos advindos da implantação do sistema, sendo então, definidas possíveis medidas para a redução dos impactos.

Palavras-chave: Obras hidráulicas, Água, Meio ambiente, Impactos e consequências.

ABSTRACT

Hydraulic works constitute a group of activities extremely important for the quality of life of the human being because they are activities with water, a natural resource essential to life. However, in order for such works to be carried out, changes and interactions with the environment are necessary that can generate impacts and consequences arising from damages caused to the environment. The work of water supply of Assentamento Zumbi in Tobias Barreto – SE was analyzed to define possible risks and impacts caused by structures built from water abstraction until storage for distribution. The analysis was performed by the union of data collected in the field during and after completion of the works and data acquired through bibliographic research. The results pointed out risks and possible impacts arising from the implementation of the system, and then, possible measures to reduce the impacts were defined.

Keywords: Water works, Water, Environment, Impacts and consequences.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, a água e o melhor uso desta são fatores decisivos para o desenvolvimento das civilizações. Algumas das grandes cidades da antiguidade foram desenvolvidas ao redor de grandes corpos hídricos que supriam as necessidades dos moradores (TUCCI, 2005).

Com o passar do tempo, tais obras hidráulicas tornaram-se essenciais para avanço da qualidade de vida. Grandes estruturas arcaicas foram o ponto de partida para o desenvolvimento das obras hidráulicas atuais.

Entretanto, conforme a hidráulica avançava, os impactos causados pelos empreendimentos da área também eram acentuados. A problemática ambiental se fazia, então, necessária, tendo em vista que a água é um bem natural essencial à vida e necessita de uma atenção elevada.

É possível citar diversos casos onde obras hidráulicas atingiram de forma negativa o meio ambiente, provocando problemáticas não só ambientais, como também socioeconômicas. No Brasil, a extensa obra da canalização do Rio São Francisco gerou diversos impactos que foram sentidos pela população, dentre eles o bloqueio de pequenos córregos, desertificação das margens do canal e falta de abastecimento por problemas com rompimentos (GONÇALVES e SOUZA, 2015).

Tendo em vista a dimensão das problemáticas, os riscos ambientais devem ser analisados para que a interferência do homem no meio ambiente seja reduzida, o que diminuiria também as consequências dos impactos ambientais, já que tais efeitos são capazes de gerar problemas sociais e econômicos de alta proporção para a sociedade como um todo.

O presente trabalho buscou relatar sobre obras hidráulicas, analisar os riscos ambientais desses empreendimentos e expor consequências da falta de comprometimento com o meio ambiente. A pesquisa também levantou um estudo de caso sobre os impactos ambientais causados pela implantação do sistema de abastecimento no Assentamento Zumbi, na zona rural do município de Tobias Barreto/SE.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho visou analisar os riscos ambientais na construção civil no que se refere à obra do sistema de abastecimento de água do Assentamento Zumbi em Tobias Barreto – SE.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Relatar sobre a importância dos recursos hídricos expondo o contexto da Hidráulica na Engenharia Civil.
- ✓ Demonstrar possíveis impactos advindos de obras hidráulicas.
- ✓ Realizar um estudo de caso relacionando os possíveis riscos ambientais na região de implantação do Sistema de Abastecimento do Assentamento Zumbi na cidade de Tobias Barreto/SE.
- ✓ Recomendar possíveis estratégias para minimizar a possibilidade de riscos ambientais.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Disponibilidade Hídrica

A água é essencial para a vida e seus processos no ciclo hidrológico são fundamentais para desenvolvimento e manutenção da mesma. A preservação dos recursos hídricos faz-se cada vez mais necessária (TUNDISI, 2009).

Embora esse bem natural seja tão precioso, a ação do homem vem criando um cenário cada vez mais preocupante com relação a preservação das águas. Cech (2013) afirma que “água” e “conflito” são duas palavras que andam juntas há anos e que, infelizmente, a luta pela água é uma realidade com consequências que serão sentidas pelas gerações futuras.

A água não está disposta pelo mundo uniformemente em razão das peculiaridades climáticas. Além disso, há uma variabilidade nas medidas históricas de volumes e vazões dos rios (TUNDISI, 2009).

Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011) afirmam que do total de água da terra, 97,5% é composto por água salgada, sendo assim, 2,5% é composto de água doce.

A pequena parcela de água doce está exposta na Figura 01 que relaciona a quantidade de água doce e as porcentagens de sua divisão pelo mundo:

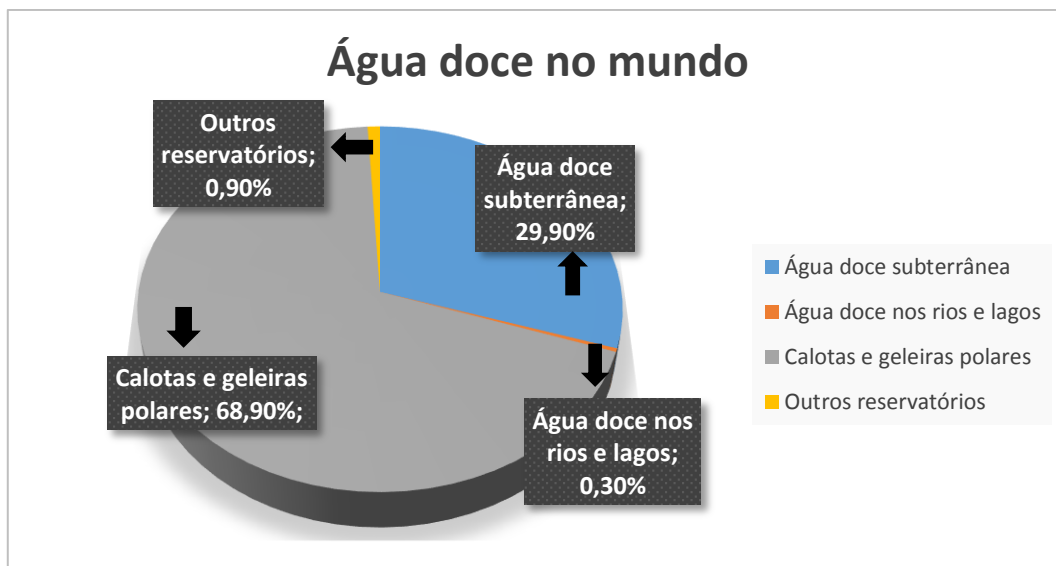


Figura 01: Disposição de água doce pelo mundo.

Fonte: Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011).

A Tabela 01 relaciona valores de medidas anuais per captas de drenagem (movimento de deslocamento da água nas superfícies durante a precipitação) no ano de 2000 para exemplificar as diferenças de disponibilidade hídrica entre diferentes regiões do mundo.

Tabela 01: Drenagem anual per capita no ano de 2000.

País	Drenagem (1.000m ³)
Canadá	95,1
Noruega	91,7
Brasil	30,2
Suécia	24,3
Austrália	18,5
Estados Unidos	8,8
China	2,3
Índia	1,6
África do Sul	1,2

Fonte: Adaptado de Tundisi (2009).

Em razão dessa variabilidade, assim como demonstra a Tabela 1, as técnicas e a gestão dos recursos hídricos devem divergir para cada necessidade, mas nunca esquecendo de que o uso consciente é e será sempre a melhor opção quando se trata de um recurso natural tão precioso (TUNDISI, 2009).

No Brasil, a disponibilidade hídrica é grande, sua produção de água doce chega a representar 53% da produção do continente sul-americano. No entanto, a disposição dos recursos hídricos não é uniforme de acordo com a densidade demográfica do país (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) divide o país em doze regiões hidrográficas, a chamada Divisão Hidrográfica Nacional, assim como demonstra a Figura 02:



Figura 02: Divisão Hidrográfica Nacional.

Fonte: ANA (2018).

Todavia, há uma desproporção no balanço hídrico do país no que se refere à quantidade de recursos, à distribuição da população e da demanda *per capita*. Além do consumo doméstico, fato esperado, e usos de alta escala como a irrigação, que tendem a aumentar (TUNDISI, 2009).

A Figura 03 mostra o balanço hídrico quantitativo, isto é, apresenta as regiões consideradas ricas, as consideradas pobres e até mesmo as que se encontram em situação crítica, no que se refere à potencialidade de seus recursos hídricos, e a relação com a demanda hídrica da região:

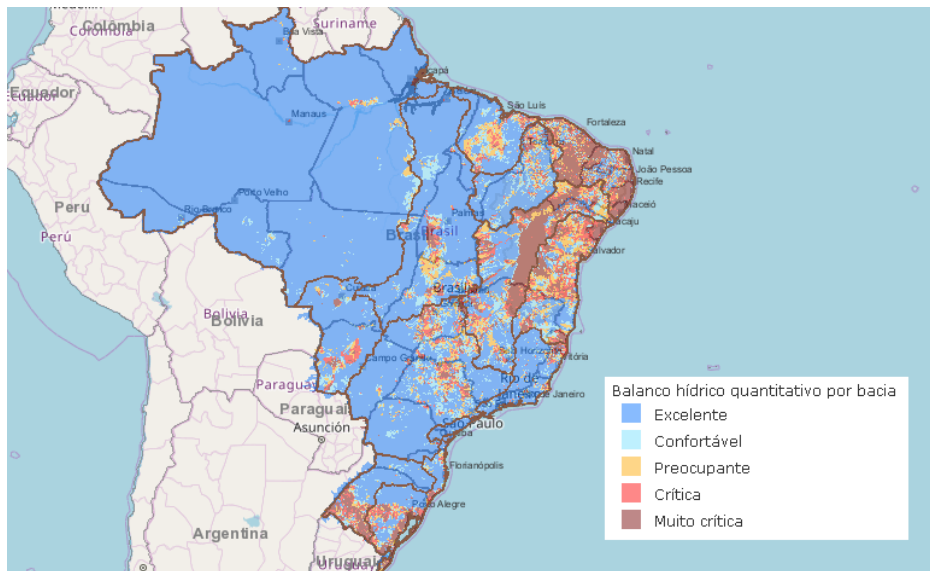


Figura 03: Balanço hídrico quantitativo por bacia.

Fonte: ANA (2018).

Nota-se que em algumas regiões do país há uma grande escassez de água. Cech (2013) relata que para enfrentar tais problemas, faz-se necessária a preservação dos recursos hídricos, um consumo consciente e uma boa gestão desses recursos.

3.2. Gestão de Recursos Hídricos

Desde a antiguidade, o ser humano busca por água de qualidade para suprir suas necessidades. As sociedades que tinham um manejo de água bem estruturado, ostentavam mais chances de prosperar, enquanto as que tinham estruturas hidráulicas precárias, tendiam a consequências graves, seja na saúde ou no bem-estar do povo, chegando até a extinção de toda uma sociedade (PEIXINHO, 2010).

Com o crescer e desenvolver das civilizações, a busca pela gestão dos recursos hídricos começou a ganhar estruturas maiores. Os romanos construíram o maior sistema de distribuição de água da antiguidade com sua rede de aquedutos; os egípcios elaboraram extensos dutos e canais para irrigação, tendo em vista que precisavam compensar a baixa taxa de precipitação

no norte da África; os chineses, liderados por Yu, o Grande, fizeram diques e barragens nos braços do Rio Huang Ho para diminuir suas recorrentes enchentes devastadoras, além de ajudar no desvio de água para irrigação. Por todo o mundo, as sociedades se desenvolviam nas proximidades dos pontos ricos em água (CECH, 2013).

Atualmente, existem muitas utilizações da água e da biodiversidade dos seus ecossistemas. E é evidente que, com o aumento da população, avanço da economia, e até mesmo o pensamento cultural, novas necessidades se revelam quanto ao manejo de recursos hídricos (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

O grande desafio da gestão desses recursos é manter a disponibilidade e a qualidade das águas, além de sustentar o compromisso com as questões ambientais. Cech (2013) relata que a gestão hídrica continuará a ser uma questão controversa no século XXI. Devido ao aumento da população, a escassez de alimento, à degradação das águas, aos problemas econômicos, e entre outros, a gestão de água poderá, no futuro, ver-se em situações desafiadoras, quando não chamadas de desesperadoras.

No Brasil, há um conjunto de normas para uso e preservação das águas. Chamada comumente de Lei das Águas, a Lei nº 9433/1997 traz as diretrizes coordenadoras para a gestão de recursos hídricos no país. É relatado em seu Artigo 2º que seus objetivos são:

- Garantir disponibilidade de água às gerações atuais e futuras, mantendo quantidade e qualidade para seus respectivos usos.
- Utilização racional e integrada dos recursos hídricos.
- Prevenção e defesa contra eventos hidrológicos, seja de origem natural ou ocasionados por mau uso dos recursos.
- Incentivar e promover a captação, preservação e aproveitamento de águas fluviais.

Já no Artigo 5º da lei são deferidos os instrumentos utilizados pelo governo para que os objetivos do Artigo 2º sejam alcançados, tais quais:

- Planos de Recursos Hídricos.

- Enquadramento dos corpos hídricos em classes, segundo os usos preponderantes da água.
- Outorga dos direitos do uso dos recursos.
- Cobrança pelo uso dos recursos.
- Compensação dos municípios.
- Sistema de informações sobre os Recursos Hídricos.

Entretanto, para Peixinho (2010), o Brasil enfrenta dois problemas principais na gestão de seus recursos hídricos: a escassez de água em algumas regiões e a degradação da qualidade das águas. Tais problemas foram acentuados com as mudanças econômicas na metade do século. A migração do cidadão do campo para a cidade, o desenvolvimento da industrialização, a ascensão das usinas hidrelétricas e o crescimento da população, que precisava cada vez mais de maior número de suprimentos, culminando no aumento das grandes irrigações, são fatores que aumentaram a demanda do uso da água.

Tucci (2005) elucida que as obras hidráulicas são essenciais para combater, sobretudo, os problemas de escassez e o risco da falta de água. São os empreendimentos hidráulicos, alinhados aos planos diretores de desenvolvimento, que regulam a disponibilidade hídrica ao longo do tempo.

Através desse contexto é possível citar o planejamento do uso da água através do Comitê de Bacias. Os comitês realizam a deliberação da gestão da água correlacionando as atividades do uso dos recursos hídricos com o poder público e definem estratégias específicas para a gestão das bacias hidrográficas e dos mais diferentes usos da água (ANA, 2011).

Tundisi (2009) lista os principais usos dos recursos hídricos e de seus ecossistemas no Brasil:

- Abastecimento público.
- Irrigação com água superficiais e subterrâneas.
- Uso industrial (diversas finalidades).
- Pesca e Piscicultura.
- Aquicultura e Hidroeletricidade.
- Turismo e recreação.

3.3. Hidráulica e o Avanço das suas Atividades

A palavra “Hidráulica” deriva da junção grega “hydros” e “aulos” que correspondem respectivamente à “água” e “condução”, constatando, então, que o sentido original da palavra se manteve até os dias atuais (CIRILO *et al.* 2011).

Ao longo dos anos, a hidráulica esteve presente em grande parte da história da humanidade. Como já foi citado, o indivíduo deveras dependeu do manejo de água e de seus diversos usos. A hidráulica, então, foi um fator indispensável para o desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos, que futuramente usaria os avanços tecnológicos para construir grandes estruturas (TUCCI, 2005).

O sistema de irrigação egípcio era complexo e requeria muitos trabalhadores, como expõe a Figura 04.

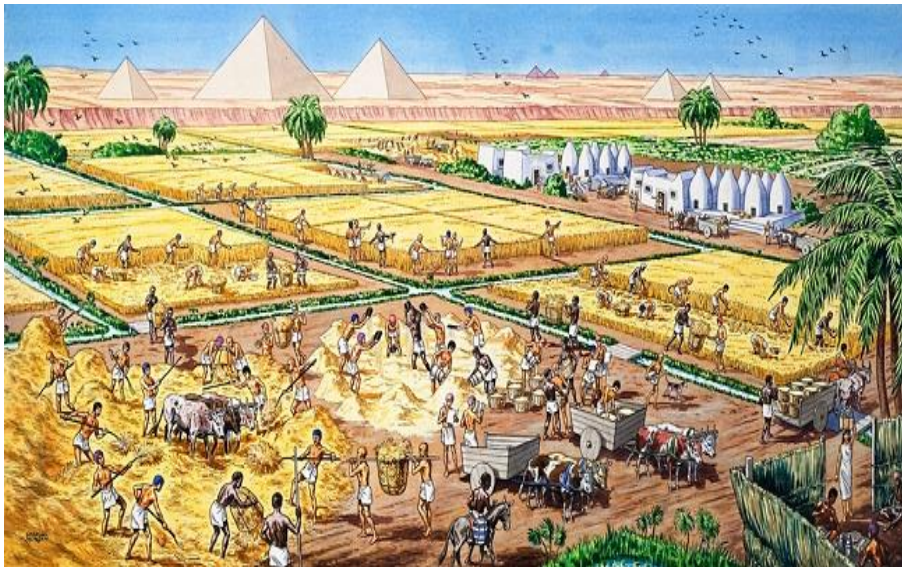


Figura 04: Antiga Irrigação Egípcia.

Fonte: Ribheiro (2016).

Cirilo *et al.* (2011) afirma que a hidráulica teve diversos estudos e pesquisadores, contudo, foi no século XIX que avanços significativos vieram à tona. Em virtude do intenso desenvolvimento industrial, no final do século XIX e início do século XX, estudos mais refinados sobre escoamento de fluidos tornavam-se essenciais. Posteriormente, o advento da informática culminou na

enorme revolução nas pesquisas hidráulicas, possibilitando a modelagem de escoamentos e a utilização de métodos numéricos computacionais.

A Figura 05 exemplifica a modelagem hidráulica computacional na qual foi elaborado o esquema de fluxo de uma barragem, demonstrando através de um gráfico de cores quentes e frias, os locais onde o fluxo tende a ser mais intenso.

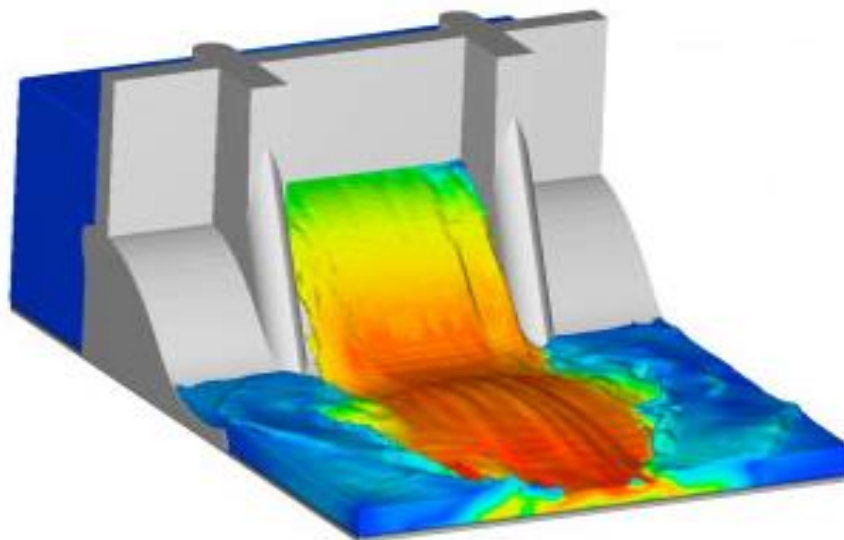


Figura 05: Modelagem fluidodinâmica com o Computational Fluid Dynamic (CFD).

Fonte: NHC (2018).

No que diz respeito à engenharia, a hidráulica foi adquirindo seus espaços através dos anos. A implantação dos conceitos hidráulicos foi primordial para que fosse possível formar um profissional capaz de desenvolver obras de melhoramento no país, já que tais melhoramentos se mostravam essenciais na construção de uma sociedade moderna (COSTA, 2004).

Cirilo *et al.* (2011) relatam que nesse campo específico, definido como Engenharia de Recursos Hídricos, a hidráulica está presente em todas as áreas de sua aplicação. Desde as captações de água, adução e distribuição, até os sistemas de drenagem e esgotamento sanitário. Estando presente, também, nas obras de infraestrutura e transporte.

Campos e Campos (2015) explicam que, mais importante do que a decisão de como realizar a obra, é a decisão política do porquê fazê-la. Quando

se trata de uma obra voltada para a gestão de recursos hídricos, essa afirmação torna-se particularmente verdadeira.

Entretanto, a hidráulica enfrenta ainda um problema no que diz respeito ao meio ambiente. A água é um recurso essencial para a sociedade e, nem sempre, as obras hidráulicas têm o devido cuidado com tamanha importância. Tal questão deve ser abordada de forma cautelosa (CECH, 2013).

Sendo assim, a hidráulica possui uma complexa fundamentação e importância. As pesquisas têm avançado e cada vez mais tecnologias ajudam a enfrentar os problemas, não só de infraestrutura, como também os ambientais causados, na grande maioria das vezes, pelos impactos dos empreendimentos modernos (CIRILO, 2011).

3.4. Engenharia Civil e Meio Ambiente

A Engenharia Civil tem um enorme compromisso com a sociedade. É ela a responsável pela urbanização e desenvolvimento das cidades. São os profissionais desse setor que buscam aumentar a qualidade de vida da população, em constante desenvolvimento, através de obras das mais diversas vertentes (QUEIROZ, 2016).

Contudo, o avanço do setor de construção trouxe com ele a necessidade de energia para suprir todas as suas operações. Tal energia é retirada do meio ambiente das mais variadas formas, isto é, o meio ambiente fornece energia para que se possa retirar mais matéria prima para o setor e o ciclo continua enquanto houver necessidade (POUEY e LAROQUE, 2017).

A água, com o decorrer do tempo, tornou-se um dos recursos naturais que fornecem energia para diversos processos e atividades da sociedade moderna. Crises hídricas podem, até mesmo, resultar em crises energéticas a depender do grau de comprometimento das águas e da dependência do recurso no local analisado (SOBRINHO e BORJA, 2016).

No Brasil, cerca de 76,9% da produção anual de energia elétrica provém de hidrelétricas, tornando o país o quinto maior produtor de energia elétrica do mundo. Contudo, é notável que a implantação das usinas e os processos de funcionamento ocasionem em diversos impactos ao meio ambiente (RIBEIRO e BASSANI, 2011).

O resultado das agressões ao meio ambiente são inundações, mudanças climáticas, tempestades, e demais problemas que podem se transformar em catástrofes. Muito disso se dá pela urbanização mal planejada. Faz-se então a necessidade de uma boa convivência entre o avanço construtivo do ser humano com a natureza e seus recursos, priorizando sempre o meio ambiente (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2010).

Queiroz (2016) afirma que a construção civil deve buscar incessantemente meios que não atinjam o meio ambiente e, não tendo essa possibilidade, os impactos devem ser os menores possíveis. Tal comportamento traz resultados significativos na qualidade de vida da população.

Fontes (2010) defende que é preciso passar de uma sociedade com alto consumo de energia para uma com baixo consumo. É fundamental a implantação de um sistema novo que tenha fundamentação no valor energético real, na recuperação da natureza e no desenvolvimento consciente das comunidades, renunciando, assim, o atual sistema de lucro e de uso irracional dos recursos naturais.

3.5. Impactos Ambientais causados pela Construção Civil

O setor de construção civil provoca alterações no meio ambiente para realizar suas atividades. Mesmo quando as alterações são consideravelmente pequenas, as mudanças podem trazer consequências graves à natureza. Algumas obras podem ocasionar danos sérios a ecossistemas inteiros, podendo até resultar em sua extinção. Mesmo quando se fala em alteração de áreas

urbanas, existem aspectos a serem observados e levados em consideração (SPADOTTO et al, 2011).

Estudos de casos dos impactos ambientais são cada vez mais recorrentes nos dias atuais. O XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, realizado em 2008 no Rio de Janeiro, abordou diversos temas relacionados à gestão, entre eles, a de impactos ambientais causados pela atividade humana. Ferreira *et al.* (2008) expuseram no evento um estudo de caso sobre os impactos ambientais na Vila de Ponta Grossa, em Natal/RN, que foi realizado em 2007. Feito através de estudo bibliográfico, aplicando questionário “in loco” aos moradores, os dados foram coletados e os resultados foram expostos no encontro.

A Tabela 02 relaciona os percentuais de moradores entrevistados por Ferreira *et al.* (2008) que acreditavam que a ação do setor de construção é a responsável pelos impactos ambientais listados:

Tabela 02: Resultados das pesquisas na Vila de Ponta Grossa.

Impactos	Entrevistados que acreditam que os impactos ambientais eram resultado da construção civil
Lixo e Esgoto a céu aberto	65%
Poluição sonora e problemas de trânsito	57%
Problemas com abastecimento de água	58%
Resíduos de Construção Civil e Demolição dispostos de maneira inadequada	50%

Fonte: Ferreira *et al.* (2008).

Ferreira *et al.* (2008) relatam que, apesar de muitos dos entrevistados terem relatado problemas graves com o avanço da urbanização, não se obteve o resultado esperado. Os pesquisadores observaram que as pessoas que apresentavam grau de escolaridade mais baixa, não se viam incomodadas com

os Resíduos de Construção Civil e Demolição (RCD), que se encontravam muitas vezes despejados em terrenos baldios sem o menor cuidado com o meio ambiente. Tal fato, apesar de não ser problema unânime entre os entrevistados, reforça a degradação do meio ambiente e a falta de comprometimento com as normas ambientais.

Fontes (2010) elucida que é necessário o fortalecimento das organizações sociais e comunitárias para que haja uma capacitação no âmbito à participação da sociedade no questionamento, de forma concreta, sobre a falta de iniciativa dos governantes na implementação de políticas públicas de preservação do meio ambiente e de seus recursos.

André, Macedo e Estender (2015) afirmam que a condição de busca pela preservação do meio ambiente deve ser mais severa com relação aos empreendimentos hidráulicos. A água deve ser vista como prioridade por se tratar de um recurso essencial.

Manchon e Bonetto (2016) realizaram um estudo de caso no estado de São Paulo, expondo os impactos diretos e indiretos em seis empreendimentos de engenharia civil na área hidráulica. Os dados foram coletados no website da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e teve como amostra empreendimentos hidráulicos realizados entre 2010 e 2016.

A Tabela 03 a seguir relaciona os empreendimentos hidráulicos que foram alvos do estudo de caso, a caracterização das obras realizadas no período analisado e o ano em que foram realizadas:

Tabela 03: Empreendimentos analisados no estudo de caso apresentado.

Empreendimento	Caracterização	Ano
Sistema de Esgotamento Sanitário, Campos do Jordão	Implantação de Sistema de Esgotamento Sanitário para tratamento e disposição de esgoto urbano	2010
Aproveitamento Múltiplo Santa Maria da Serra	Extensão da hidrovia Tietê-Paraná para navegação	2012
Barragem Pedreira e Duas Pontes	Obra de abastecimento público	2013
Obras de Aproveitamento da Bacia do Rio Itapanhaú para Abastecimento da RMSP	Obra de abastecimento público-reversão de águas do ribeirão Sertãozinho para o reservatório de Biritiba (bacia do Alto Tietê)	2015

Fonte: Manchon e Bonetto (2016).

Como as obras são de característica de infraestrutura, existe uma relação entre os impactos positivos e negativos. São projetos essenciais para o desenvolvimento e, sendo assim, é necessário analisar cada obra como um caso diferente, mesmo que o projeto seja igual. É necessário observar que as obras são implantadas em lugares diferentes, gerando condições diferentes para estudo (MELO, 2017).

Manchon e Bonetto (2016) afirmam que os impactos já começam a acontecer na criação de expectativa da população, mas que a fase de implantação das obras já evidencia a alteração no meio ambiente em volta do empreendimento e é nessa fase em que ocorrem os maiores impactos.

A Tabela 04 demonstra os resultados do estudo nos empreendimentos hidráulicos, ou seja, o meio do impacto e os impactos causados neste.

Tabela 04: Impactos advindos dos empreendimentos hidráulicos.

Meio	Impacto
Físico	Indução de processos erosivos
	Assoreamento de corpos d'água
	Alteração da qualidade do ar
Biótico	Remoção da cobertura vegetal
	Interferência no ecossistema aquático
	Interferência na fauna terrestre

Fonte: Manchon e Bonetto (2016).

Todos os impactos listados acima são negativos, e de certa forma, interagem entre si, sejam ligados direta ou indiretamente com os empreendimentos citados. Tais consequências são, em sua maioria, permanentes. A identificação desses impactos tem importância não somente para as questões de licenciamento ambiental, mas também no que diz respeito ao esgotamento de recursos naturais, tendo em vista que os empreendimentos têm consequências que alteram a dinâmica ambiental do local (MACHON e BONETTO, 2016).

É notável que as obras hidráulicas necessitam de uma atenção maior em seus processos construtivos. Vários países do mundo enfrentam problemas com disponibilidade de água diante da degradação dos recursos hídricos (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2011)

Os dois estudos de caso apresentados reforçam a necessidade dos estudos da ação humana na relação do seu desenvolvimento com a natureza, sobretudo no que se refere ao uso da água. Melo (2017) relata que a implantação de ações de gerenciamento, controle e monitoramento ambiental, bem como a atualização dos planos e programas ambientais, são pontos fundamentais para alcançar resultados expressivos.

Silva e Lima (2013) afirmam que os modelos de desenvolvimento devem ser alterados, pois os impactos ambientais, diante da ação humana, caracterizam-se em um cenário de risco global. A interferência na natureza, em especial nos recursos hídricos, pode alterar o cenário social e econômico de toda uma região.

3.6. Impactos Socioeconômicos

A Engenharia Civil é uma atividade que movimenta muito capital. Gondim *et al.* (2004) relatam que no que tange à fundamentação de investimento, a construção civil é responsável por aproximadamente 70% da geração de capital da economia brasileira. Os estudos do Produto Interno Bruto (PIB) do país sofrem grande alteração quando os números do Macro Setor de Construção são levados em consideração. Não obstante, a economia do país acompanha, muitas vezes, os períodos de crescimento e declínio da construção civil.

Muitas das reduções na construção civil acontecem em decorrência de impactos ao meio ambiente. Reduzindo o âmbito geral e relacionando com a realidade da pessoa física, a formação de uma má imagem de uma empresa de engenharia muitas vezes dá-se pelo seu descaso com o meio ambiente, uma vez que as questões ambientais têm ganhado espaço e aumentado as cobranças políticas, sociais e econômicas das empresas do setor de construção (SILVA e LIMA, 2013).

Em geral, obras hidráulicas de grande porte necessitam de uma grande área para construção. Manchon e Bonetto (2016) expuseram, no estudo detalhado no tópico 3.5, que houve uma grande desapropriação de terras e um deslocamento de população, e suas respectivas atividades, devido a obras hidráulicas de grande porte. A necessidade de espaço também afetou um grande número de moradores das regiões de implantação dos empreendimentos.

A desapropriação de terras é um problema não só social como econômico. A comunidade que precisa deixar o local de grandes obras nem sempre são apenas moradores, mas também pessoas que utilizam da área para trabalhar, a exemplo de pescadores e pequenos trabalhadores rurais que não podem continuar a exercer suas atividades no local da construção. Essa desapropriação gera grande tensão entre população e empreendedores (MANCHON e BONETTO, 2016).

Pode-se citar como exemplo, o caso da Usina de Belo Monte no Pará. Desde a época de planejamento da usina, já era evidente a tensão gerada pelas consequências da implantação da hidrelétrica. O projeto afetaria não só zonas de habitantes ribeirinhos como também áreas de reserva indígena o que gerou uma série de reuniões e protestos contra o prosseguimento das obras (ARAÚJO, PINTO e MENDES).

É possível visualizar na Figura 06 um protesto realizado contra a implantação da usina por um grupo de moradores da cidade de Salvador na Bahia, evidenciando o descontentamento a nível nacional contra a usina.



Figura 06: Protesto contra a usina de Belo Monte.

Fonte: G1 (2011).

Em contrapartida à toda resistência para com a construção da usina, o projeto foi aprovado e, como esperado, os impactos socioambientais foram severos para os que residiam na área de influência da usina, principalmente no que se refere às comunidades indígenas. Os benefícios da implantação da hidrelétrica eram evidentes, contudo não se pode desprezar as consequências advindas da obra, principalmente na desapropriação de terras que eram reservadas para os povos indígenas (JUNIOR, OLIVEIRA e ANTUNES, 2017).

Manchon e Bonetto (2016) relatam que as comunidades atingidas por essa desapropriação de terras, gerada pela construção de barragens, por

exemplo, perdem tudo o que construíram. São vítimas de um modelo de desenvolvimento em que o que se busca é apenas o lucro das empresas.

É evidente que, ao analisar as consequências dos impactos, tem-se um panorama muito maior do que um morador que ficou desempregado e precisou residir em outro lugar. Gonçalves e Souza (2015) expuseram um estudo de caso realizado em São José de Piranhas /PB, no projeto de integração do Rio São Francisco em que o êxodo, como assim chamaram, que as famílias que foram realocadas fizeram, aumentou a pressão sobre a zona e a comunidade rural para onde se destinavam.

Gonçalves e Souza (2015) relatam, ainda, que esse deslocamento contribuiu para redução da produção agropecuária e o aumento da densidade demográfica resultou numa supervalorização nos preços de aluguéis dos imóveis da cidade. E tendo uma concentração tão grande de pessoas de forma repentina, os serviços públicos da cidade encontraram-se numa situação de déficit para a nova demanda de atendimentos.

No Brasil, a Lei nº 3.365 de 1941, garante indenização para pessoas que sofreram com a desapropriação de terras devido a interesses públicos. Contudo, apenas um ressarcimento financeiro não altera as condições de impacto geradas por esse sistema de desenvolvimento e que afetam a população.

Trazendo para uma visão mais ampla, mas ainda na realidade do Brasil, pode-se citar a tragédia que ocorreu na cidade de Mariana /MG. Lopes (2016) afirma que o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão da Samarco foi o maior desastre ambiental da história. As consequências foram inúmeras e o prejuízo, tanto econômico quanto social, foi indiscutível.

O Distrito de São Bento, em Minas Gerais, teve seu território devastado pela onda de lama, assim como demonstrado na Figura 07.



Figura 07: Distrito de São Bento em Minas Gerais atingido pela lama.

Fonte: G1 (2015).

Para Lacaz *et al.* (2017) a tragédia provocou impactos em diversas áreas da sociedade. As famílias atingidas sofreram um grave dano psicológico e tiveram que abandonar suas moradias e serem alocadas em outra região. O Governo enfrentou graves crises no Sistema de Saúde para atendimento da grande demanda, não somente pelos atingidos diretamente, mas também pelos que ficaram sem abastecimento de água ou os que acabaram se contaminando com os produtos que escorreram pela barragem.

Ainda de acordo com Lacaz *et al.* (2017), o cenário econômico também sofreu abalos com a tragédia. Além das demissões, a quebra de produção do setor de mineração significava uma paralisação na economia da região que tem sua fundamentação no trabalho com minérios.

3.7. Obras Hidráulicas e seus Riscos Ambientais

3.7.1. Poços Artesianos

Os poços tubulares são, muitas vezes, o único modo eficiente de captação em uma formação aquífera. Conhecidos também como poços

artesianos ou poços profundos, possuem a característica de elevar o nível da água, usando unicamente a pressão do aquífero confinado, sendo denominados “artesianos jorrantes”. Contudo, em alguns casos, a pressão do aquífero não é suficiente para esta captação, sendo necessário o uso de bombas para captação, neste caso são chamados de “artesianos não jorrantes” (VASCONCELOS, 2014).

A Figura 08 exemplifica um poço artesiano jorrante, já finalizado, onde a água já alcança a superfície.



Figura 08: Poço artesiano jorrante.

Fonte: Oliveira (2016).

Uma das grandes problemáticas dos poços artesianos está nas falhas de projeto e execução. Quando os poços são regularizados e locados de acordo com as normas, não oferecem grandes riscos ao meio ambiente. No entanto, projetos que fogem das normas de segurança podem contaminar as águas subterrâneas e até mesmo rebaixar os níveis desses mananciais (MONTEIRO, 2012).

O Brasil faz grande utilização das águas subterrâneas para abastecimento da população. Cidades importantes como São Luís (MA), Natal e Mossoró (RN), Recife (PE) e Maceió (AL), são abastecidas total ou parcialmente por poços tubulares (CARDOSO *et al.* 2008).

O uso desordenado dos poços artesianos pode, ainda, trazer problemas ao solo do local onde são construídos. A Cidade do México, (MEX) é um exemplo disso, onde o solo foi afundado pelo uso irregular dos poços, principalmente pela implantação excessiva dessa obra. Estruturas como prédios, metrô e rodovias sofreram rachaduras por conta da instabilidade provocada no solo, além da aparição de enormes fissuras no solo da cidade (FARIAS, 2014).

As rachaduras na cidade do México atravessaram ruas inteiras (Figura 09).



Figura 09: Rachadura no solo por conta da extração desordenada de água subterrânea no México.

Fonte: EcoDebate (2009).

Um outro ponto causador de impactos ambientais, desse tipo de empreendimento hidráulico, é a clandestinidade dos poços. Farias (2014) relata que em 2014, sob o medo de ficar sem o abastecimento de água, mediante uma manutenção no Sistema Pratagy (O maior sistema de abastecimento de água da Companhia de Saneamento de Alagoas, a Casal), a população da cidade Maceió (AL) construiu, clandestinamente, diversos poços artesianos para ajudar no abastecimento residencial.

A Figura 10 apresenta parte do Sistema Pratagy em manutenção no ano de 2014.



Figura 10: Sistema Pratagy, Maceió.

Fonte: CASAL (2014).

A CASAL alertou a população que poços clandestinos podem contaminar as águas subterrâneas, principalmente através de toxinas advindas das águas das chuvas que alcançam os mananciais pela falta de proteção adequada dos poços. O alerta foi feito, também, para o possível esgotamento das águas subterrâneas da região (FARIAS, 2014).

Amorim (2017) relata que a cidade de Brumado, na Bahia, também enfrentou problemas com o uso excessivo de poços artesianos. A grande quantidade de poços fez com que a disponibilidade hídrica dos lençóis freáticos da região fosse extremamente reduzida.

Apesar da problemática da redução hídrica dos lençóis freáticos, a população continuou a implantar poços artesianos para captação de água, como demonstrado na Figura 11.



Figura 11: Implantação de Poço artesiano.

Fonte: Amorim (2017).

Amorim (2017) relata ainda que a prática pode levar a consequências naturais graves, como o aumento de temperaturas, tempo mais seco e a uma elevação da erosão do solo, principalmente em áreas urbanas, o que pode causar até mesmo o desabamento de prédios, diante da alteração nas proximidades das fundações.

No Brasil, a Lei das Águas é a responsável por impedir que a problemática do mau uso dos recursos hídricos aconteça. É importante ressaltar que os instrumentos de outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos são dois fatores controladores da questão de uso indevido das águas. Contudo, a clandestinidade é o maior desafio para o real controle e bom uso desse recurso. O que acontece comumente com os poços artesianos (CABRAL e LIMA).

3.7.2. Barragens

Barragens são construídas visando a disponibilidade hídrica, a oferta de água como um bem comum, com uma gestão integrada para garantir um bom aproveitamento de recursos e gerando o mínimo de conflitos possíveis (NETO, SILVA e PEREIRA, 2012).

A Figura 12 mostra a barragem da Bemposta em Três Rios, Rio de Janeiro.



Figura 12: Barragem da Bemposta.

Fonte: Transmontana (2016).

Neto, Silva e Pereira (2012) relatam que os impactos causados pelas barragens têm início desde a fase de implantação. Os problemas, chamados de socioambientais, são sentidos diretamente pela comunidade envolvida, principalmente pelas pessoas que residem nas proximidades da barragem por conta da necessidade de uma grande área para realização da obra.

Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011) afirmam que a construção de barragens causa impactos nos ecossistemas aquáticos, dentre eles a alteração dos cursos dos rios e transporte de sedimento e nutrientes e a interferência na migração e reprodução de peixes. Em um contexto de valores e/ou serviços em risco, a obra altera habitats e a pesca tanto comercial quanto esportiva, e em consequência, alterando fatores econômicos da região.

Cech (2013) elucida que existem diferenças de temperatura entre a água original do rio e dos diferentes pontos das barragens. Essas variações de temperaturas são muito estressantes para as espécies aquáticas.

Lima (2017) apresenta o caso da Usina de Itaipu em que houve a necessidade da divisão do Rio Paraná em dois ambientes completamente diferentes no que tange à movimentação de água e sedimentos. A montante

caracterizou-se com águas calmas, e a jusante com um regime turbulento devido, à restituição do fluxo de água em seu leito. Esse fato resulta na separação de espécies de peixes migradores do ambiente de reprodução, além de dificultar ou até mesmo impedir o processo migratório.

A Figura 13 expõe a Usina de Itaipu com as comportas abertas, exemplificando os dois regimes: calmo a montante e turbulento a jusante.



Figura 13: Usina de Itaipu.

Fonte: Donda (2011).

As barragens também são obras que geram preocupações ambientais, diante das questões de rompimento. Souza (2017) relata acerca do rompimento da barragem da cidade de Sertânia, em Pernambuco. A barragem fazia parte da integração do Rio São Francisco e seu rompimento acarretou em diversos problemas ambientais e socioeconômicos.

O vazamento causou devastação ambiental por onde percorreu. Moradores registraram o estrago e relataram que era possível ver animais mortos e árvores sendo arrastadas pela água. Cerca de 200 famílias residem no trecho por onde a passou água e 60 famílias tiveram que ser abrigadas em um ginásio da cidade (SOUZA, 2017).

A prefeitura de Sertânia realizou procedimentos mitigatórios de forma emergencial contra o vazamento para evitar danos maiores para a região (Figura 14).



Figura 14: Equipe de contenção de vazamento na cidade de Sertânia.

Fonte: Souza (2017).

O Brasil enfrenta um grave problema com relação à segurança de barragens. Mesmo com as diretrizes estabelecidas pelos órgãos competentes, o sistema de fiscalização dessas estruturas nem sempre é cumprido. Ainda que a tragédia de Mariana, em 2015, tenha gerado um alerta sobre o tema, a fiscalização ideal das barragens está longe de ser considerada ideal (VERAS, 2017).

Alves (2015) relata que o número de rompimento de barragens é alarmante, principalmente no Estado de Minas Gerais onde seis barragens romperam nos últimos 17 anos. A problemática é assustadoramente preocupante, devido aos impactos gerados pelos rompimentos, tendo em vista que, além das consequências ambientais, pessoas podem morrer em decorrência desses desastres.

No Brasil, a NBR 13028/2017 aponta as diretrizes para construção de barragens voltadas para mineração. A norma especifica os requisitos mínimos para a construção de barragens afim de manter a segurança e minimizar os impactos ao meio ambiente. Entretanto, a fiscalização das barragens é instituída através da Lei nº 12.334 de 2010. A lei instaura a ANA como instituição responsável por fiscalizar a segurança das barragens, com exceção das barragens voltadas à produção de energia elétrica.

A Tabela 05 relaciona algumas barragens rompidas pelo Brasil e os impactos socioambientais causados:

Tabela 05: Barragens rompidas pelo Brasil e seus impactos.

Local	Ano	Tipo	Impactos
Nova Lima (MG)	2001	Barragem de rejeitos Minerários	5 óbitos
Cataguases (MG)	2003	Barragem de rejeitos Minerários	Contaminação do Rio Paraíba do Sul, mortandade de animais e interrupção do abastecimento de 600.000 pessoas
Mirai (MG)	2007	Barragem de rejeitos Minerários	Mais de 4000 pessoas desabrigadas
Itabirito	2014	Barragem de rejeitos Minerários	3 óbitos
Mariana (MG)	2015	Barragem de rejeitos Minerários	19 óbitos, 8 desaparecidos, poluição do Rio São Francisco e do mar do ES, interrupção do abastecimento de água para milhares de pessoas
Alagoa Nova (PB)	2004	Barragem para abastecimento de água	5 óbitos, aproximadamente 3 mil pessoas desabrigadas
Vilhena (RO)	2008	Barragem para geração de Energia	Danos ambientais variados (assoreamento dos rios, erosão do solo etc.)

Fonte: Adaptado de Alves (2015).

É importante ressaltar que o rompimento das barragens relacionada na Tabela 05 foram ocasionados devido a uma falta de fiscalização da segurança das barragens (ALVES, 2015).

O país necessita implantar um sistema de fiscalização periódico e eficiente, além da adoção de estudos e técnicas estruturais competentes para que os riscos desses eventos possam ser reduzidos. Com relação aos impactos em decorrência dos rompimentos, são necessárias medidas preventivas como sistemas de alerta e estruturas que resistam aos impactos nos locais que serão atingidos (ALVES, 2015).

3.7.3. Condutos livres

Definidos também como canais, os condutos livres são uma alternativa para transporte de água, seja para abastecimento ou drenagem urbana. As canalizações para abastecimento são feitas nos rios e, geralmente, trazem um impacto quase que imediato ao meio ambiente. Com relação à drenagem, inicialmente aparenta ser uma boa alternativa de controle de escoamento urbano, mas as consequências futuras para a população como um todo são grandes (BARBOSA, 2006).

A Figura 15 mostra o canal do rio tietê, na cidade de São Paulo.



Figura 15: Canal do Rio Tietê.

Fonte: CONSTRAN (2016).

Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011) defendem que a construção de canais destrói a conexão do rio com as áreas inundáveis, provocando uma alteração na fertilidade natural das várzeas e prejudicando o controle de enchentes.

Ainda segundo Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011), o uso de canalizações construídas para alteração do canal natural dos rios danifica-os ecologicamente e modifica seus fluxos. Tal atividade provoca alterações em habitats naturais, danificando assim a atividade de pesca, seja comercial ou esportiva, além de afetar a produção hidrelétrica e o transporte hidroviário.

Um grande exemplo sobre o tema está na transposição do Rio São Francisco. Silva *et al.* (2017) relatam que a obra trouxe diversos impactos ambientais ao longo do canal construído. Em determinados pontos, há indícios de desertificação por conta da movimentação do solo e da retirada da cobertura vegetal.

Em alguns trechos do canal era possível ver facilmente os sinais de desertificação (Figura16).



Figura 16: Desertificação das margens do Rio São Francisco.

Fonte: Silva et al. (2017).

Os problemas ambientais também atingiram pequenos córregos já existentes na área de implantação do canal. Em épocas de cheias, esses pequenos rios tiveram seus cursos interrompidos, o que certamente alterou a disponibilidade hídrica da região por onde escoavam (SILVA *et al.* 2017).

Os canais também possuem a problemática do rompimento da sua estrutura. Em virtude de não ser possível bloquear o fluxo da água rapidamente, o rompimento de um canal resulta em grande desperdício de água e na interrupção da destinação do curso d'água. Martins (2017) relata sobre o caso do trecho de transposição do Rio São Francisco, próximo à cidade de Custódia, em Pernambuco, que rompeu em decorrência de problemas de engenharia, possivelmente por erros de execução tanto na estrutura do canal, quanto na parte de movimentação do solo para recepção do canal.

A figura 17 mostra o local de rompimento na obra de transposição.



Figura 17: Rompimento do Canal de transposição do Rio São Francisco em Custódia.

Fonte: Martins (2017).

Lira (2017) relata que mesmo com a agilidade da empresa responsável em conter o vazamento, o rompimento sucedeu em problemas de disponibilidade hídrica para a região. Na cidade de Monteiro, na Paraíba foi notada uma redução do volume de água na transposição que reduziu em dois metros em sua largura e em 28 centímetros de altura no corpo d'água.

Canal de Monteiro notavelmente mais baixo após o rompimento do canal (Figura 18).



Figura 18: Canal da cidade de Monteiro (PB).

Fonte: G1 (2017).

3.7.4. Estações de Tratamento de Água

As Estações de tratamento de água, também conhecidas como ETA's, compõem um conjunto de obras de grande relevância, pois, segundo Garcez (2013) um suprimento de água em quantidade suficiente e com qualidade satisfatória tem influência decisiva sobre inúmeros fatores da sociedade, tais como:

- Controle e prevenção de doenças;
- Práticas que promovem o aprimoramento da saúde;
- Práticas esportivas e recreativas;
- Implantação de dispositivos relacionados ao conforto e segurança populacional;
- Desenvolvimento industrial.

A Figura 19 mostra parte de uma estação de tratamento de água.



Figura 19: Estação de tratamento de água.

Fonte: Viana (2018).

Assim como qualquer indústria, a ETA gera resíduos provenientes de suas atividades. Esses resíduos são resultantes da descarga e limpeza de seus decantadores e filtros que acumulam as impurezas das águas tratadas. É nesse quesito que as estações de tratamento danificam o meio ambiente, tendo em vista que os resíduos gerados no tratamento das águas são comumente despejados em cursos d'água como destinação final (PAPANI e CORDEIRO, 2009).

O lançamento desses resíduos em corpos hídricos tem um alto potencial poluidor por conter não somente as impurezas da água bruta, como também os compostos químicos utilizados na potabilização da mesma. Os impactos afetam não só a biodiversidade dos cursos d'água, assim como sua biodiversidade e possíveis atividades no local, podendo ocasionar em zonas onde a autodepuração, processo pelo qual o corpo hídrico realiza uma autolimpeza, não é forte o suficiente para aguentar a carga de resíduos, provocando a ausência de oxigênio na água (PAIVA e PARREIRA, 2012).

Filho (2015) relata que na não ocorrência do despejo de lodo em corpos hídricos, esses resíduos são transportados para aterros onde permanecem causando impactos extremamente prejudiciais ao meio ambiente. O lodo auxilia no aumento do volume do chorume, caracterizando um agravamento na grande problemática atual dos aterros sanitários.

Além das disposições finais citadas acima, existem outros procedimentos para os resíduos das ETA's, como demonstrado na Figura 20.

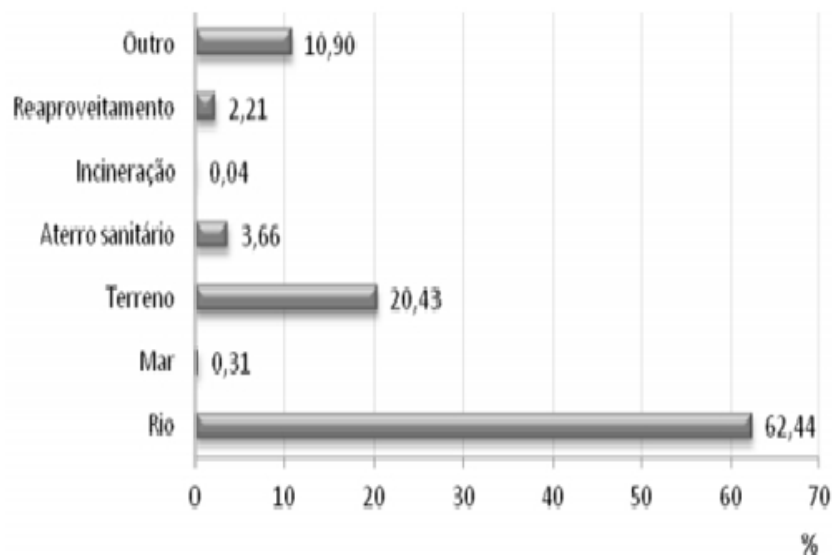


Figura 20: Disposições finais de resíduos das ETA's.

Fonte: Filho (2015).

Um estudo de caso realizado no Estado de São Paulo, pelo Departamento de Engenharia da Universidade Federal de São Carlos, revelou que dentre 23 Estações de Tratamento de Água da sub-bacia do Rio Piracicaba em São Paulo, apenas 4% realizavam a disposição final de seus resíduos em aterros. Dentre as demais, 73% despejavam seus resíduos em corpos hídricos sem que os mesmos passassem por algum tipo de tratamento e os 23% restantes não disponibilizaram as informações de disposição final (FILHO, 2015).

Entretanto, apesar de compor um alto risco para os corpos hídricos, a disposição final dos resíduos pode ser controlada para que o manancial possa ser usado, em sua decorrência, para uso humano. Esta condição é determinada através do ensaio de lixiviação e solubilização que é regido pela NBR 10005/2004 (COSTA, 2011).

O ensaio consiste na obtenção de uma amostra do resíduo e analisá-la de acordo com o percentual de materiais que possam tornar a água imprópria para o consumo. Os resultados do ensaio de lixiviação e solubilização são comparados com a NBR 10004-2004 que expressa a classificação de resíduos em perigosos ou não perigosos (COSTA, 2011).

O diferencial dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água está na presença do ferro e do alumínio, além da capacidade de suportar a vida vegetal e retenção de água (FILHO, 2015).

A NBR 10004/2004 expressa os limites para a presença desses elementos obtidos nos testes de solubilidade, como demonstra a Tabela 06:

Tabela 06: Limite da presença de elementos na amostra para ensaio de lixiviação e solubilização.

Elemento	Limite máximo (mg/L)
Ferro	0,3
Alumínio	0,2

Fonte: NBR 10004/2004

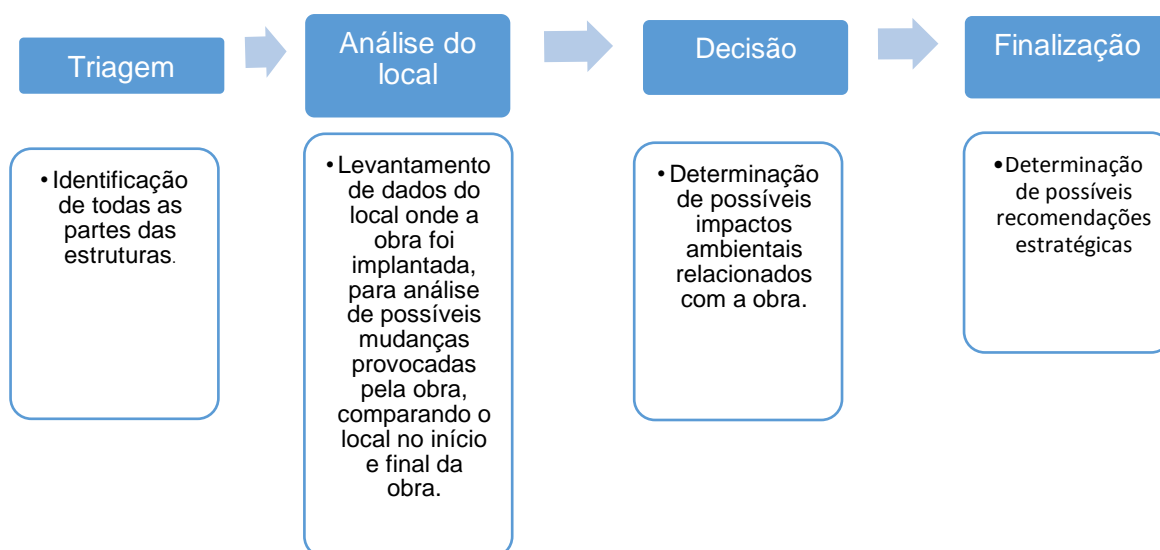
4. ESTUDO DE CASO

4.1. Estrutura do Estudo

O estudo foi realizado através de análise baseada em pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo realizada nos locais de implantação da obra, sendo estes na cidade de Ribeira do Amparo – BA, Poço Verde – SE e Tobias Barreto – SE. O processo foi acompanhado pelo engenheiro responsável pelo conjunto de obras que formam o sistema de abastecimento.

Cada parte do sistema foi fotografado e analisado de acordo com possíveis riscos que poderiam causar ao ambiente próximo da construção. As informações foram unidas aos documentos e anotações de campo realizadas durante o processo de construção do sistema.

O estudo foi dividido em quatro etapas:



Para melhor detalhamento, as etapas foram realizadas para cada estrutura do sistema, tendo em vista que a obra percorre uma distância elevada desde seu início até o ponto de término da construção.

4.2. Análise Geral da obra

A obra escolhida para estudo de caso constitui uma obra de abastecimento de água potável para o Assentamento Zumbi, localizado na cidade de Tobias Barreto (SE). A comunidade que vive no assentamento sempre enfrentou problemas com relação ao abastecimento de água, devido ao clima seco da região.

O empreendimento foi realizado a partir de uma parceria da Prefeitura Municipal de Tobias Barreto (PMTB) e a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) e consiste num conjunto de obras hidráulicas que unidas, compõem o sistema de abastecimento.

As obras estão finalizadas, contudo, o sistema não se encontra em operação, por conta da localização dos poços artesianos. Os poços são localizados no Estado da Bahia e a alimentação dos equipamentos elétricos é feita pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba) e esta exige que os três poços estejam regularizados juntos ao Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. A documentação referente às exigências não foi passada para a Secretaria Municipal de Planejamento de Tobias Barreto (SE), ficando apenas à encargo da empresa responsável pela obra e da DESO.

A empresa responsável pela construção afirmou, por meio de relatórios, que todas as diretrizes já foram regularizadas, porém, a Coelba exige um relatório extra com todas as voltagens dos equipamentos para que o sistema possa operar normalmente.

O projeto consta, ainda, com uma extensão para o futuro e posteriormente abastecerá os Assentamentos Novo Marimbondo, Canaã, Belo Monte e Tiago Soares, também na zona rural de Tobias Barreto (SE).

4.3. Caracterização do serviço

O projeto conta com três poços artesanais que estão localizados na cidade de Ribeira do Amparo/BA, denominados Poço 1, Poço 2 e Poço 3, com uma distância aproximada de 300 m entre eles, assim como evidenciado na Figura 21. A água retirada dos poços é transportada para um reservatório denominado Estação Elevatória 1 (EE1), onde funciona como poço de sucção.



Figura 21: Localização dos poços artesanais.

Fonte: Google Earth, 2018.

As medidas das adutoras dos poços artesanais estão relacionadas na Tabela 07.

Tabela 07: Dimensões de adutoras para o reservatório.

Estrutura	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
Adutora do Poço 1	12	75
Adutora do Poço 2	312	75
Adutora do Poço 3	312	75

A EE1 recalca a água para o reservatório denominado RE1 – 150 m³ através de uma adutora de água bruta de 200 mm. Dentro do reservatório, é realizado o tratamento da água captada por meio de desinfecção, pelo método de dosador de partículas.

O RE1 – 150 m³ garante a pressão de linha da adutora que abastece o Assentamento Zumbi. O reservatório inicia o transporte de água tratada por gravidade com um diâmetro de 250 mm, perfazendo cerca de 9.222 m (Nove mil e duzentos e vinte e dois metros) até o Povoado Poço da Clara. Do povoado, a adutora segue até o entroncamento para o Assentamento Zumbi, onde reduz o diâmetro para 50 mm e perfaz uma distância de 863,75 m (Oitocentos e sessenta e três metros e setenta e cinco centímetros) até o sistema independente do Assentamento que possui um reservatório denominado RE2 – 20 m³ com rede de distribuição própria.

4.4. Triagem

4.4.1. Poços Artesianos

Os poços foram analisados separadamente, contudo, dois deles possuem estrutura semelhante, com exceção apenas do Poço 1, que era ligado diretamente ao conjunto de bombas.

Ao redor de cada poço, foi construído um muro de proteção, tanto para os componentes hidráulicos, quanto elétricos. O objetivo era proteger os poços e equipamentos elétricos de possíveis danos causados pelo acesso de animais e pessoas não-autorizadas.

Muro de proteção ao redor do Poço 1 (Figura 22).



Figura 22: Estrutura de proteção dos poços.

Fonte: Arquivo pessoal.

O Poço 1 fica localizado junto ao conjunto de bombas da rede de abastecimento. Em virtude da necessidade de uma estrutura maior na área onde o poço foi implantado, todo o chão no interior da área de proteção foi revestido com calçamento.

A Figura 23 mostra o Poço 1 no interior da área de proteção e ao lado a casa de bombas, ambos no piso revestido com calçamento.



Figura 23: Poço 1 ao lado da caixa de bombas.

Fonte: Arquivo pessoal.

O Poço 1, igualmente aos demais, foi construído com peças metálicas, desde sua estrutura interna até a base na superfície e a encanação posterior ao poço.

Poço 1 pronto com a encanação acoplada (Figura 24).



Figura 24: Poço 1.

Fonte: Arquivo pessoal.

O controle de fluxo dos poços foi feito com válvulas de esfera pela necessidade de um bloqueio completo do fluxo, enquanto a obra não estivesse finalizada e liberada para funcionamento.

O detalhe das válvulas do Poço 1 está expresso na Figura 25.



Figura 25: Válvulas de esfera acopladas na encanação do Poço 1.

Fonte: Arquivo pessoal.

Diferentemente do Poço 1, os Poços 2 e 3 não possuíam o revestimento de calçamento na área de proteção onde foram implantados. O solo foi preparado, mas mantido sem intervenção estrutural.

A Figura 26 demonstra o Poço 2 no interior da área de proteção onde o solo não foi alterado.



Figura 26: Poço 2 no interior da área de proteção.

Fonte: Arquivo pessoal.

O sistema de válvulas dos Poços 2 e 3 é idêntica ao do Poço 1. A área de proteção é limpa constantemente, a fim de evitar qualquer tipo do problema exterior que possa, de alguma forma, danificar o poço ou a parte elétrica.

4.4.2. Conjunto Bombas e Adutora

Como citado anteriormente, a casa de bombas se encontrava na mesma área de proteção do Poço 1. As bombas eram ligadas diretamente com a adutora que levava a água para o reservatório do sistema.

A Figura 27 mostra o conjunto das duas bombas ligadas à adutora do sistema de abastecimento.



Figura 27: Bomba 1 e 2 ligadas à adutora do sistema.

Fonte: Arquivo pessoal.

Tanto a Bomba 1 quanto a Bomba 2 são de modelo APN do fabricante IMBIL – Soluções em Bombeamento. Este modelo de bomba recebe o fluxo horizontalmente e o bombeia verticalmente, proporcionando facilidade de desmontagem para eventuais manutenções e reparos sem necessidade de interferência nas tubulações.

Bomba 1 dentro da casa de bombas (Figura 28).



Figura 28: Bomba 1 da Estação Elevatória 1.

Fonte: Arquivo pessoal.

Em toda a extensão do sistema, a adutora é constituída por encanação metálica de ferro fundido, visando uma maior resistência para a composição do sistema, já que o material é resistente ao calor, à corrosão e a choques mecânicos. A adutora segue subterraneamente, tanto do ponto de saída da Estação elevatória até o Reservatório 1, quanto do Reservatório 1 até o Reservatório 2, localizado no Assentamento Zumbi.

4.4.3. Reservatório

O Reservatório RE1 conta com uma casa de apoio para verificação de eventuais problemas e, assim, evitar qualquer tipo de interferência que possa colocar a qualidade da água e do Reservatório em risco.

A Figura 29 demonstra a casa de apoio ao lado Reservatório.



Figura 29: Casa de apoio do Reservatório RE1.

Fonte: Arquivo pessoal.

A adutora subterrânea passa pela casa de apoio e é redistribuída em dois tubos, também metálicos, para então seguirem até o reservatório. Os dois tubos contêm uma válvula de esfera, em seguida, cada tubo leva o fluxo até o reservatório.

É possível ver as válvulas dos tubos que saem da casa de apoio e seguem para o reservatório na Figura 30.



Figura 30: Válvulas de esfera na tubulação anterior ao reservatório.

Fonte: Arquivo pessoal.

O Reservatório foi construído em concreto armado e foi implantado em uma área afastada de residências, contando com uma estrutura metálica para acesso à parte superior do mesmo.

A Figura 31 mostra o Reservatório RE1 em seu local de implantação, ao lado da casa de apoio.



Figura 31: Reservatório RE1 ao lado da casa de apoio.

Fonte: Arquivo pessoal.

O terreno ao redor do reservatório foi devidamente preparado para a implantação da estrutura e para finalização, foi colocada uma camada de brita na superfície da área onde o reservatório foi implantado, a fim de evitar contato da terra e agentes corrosivos advindos da mesma com as tubulações metálicas.

A parte da tubulação que chega ao reservatório e a camada de brita abaixo da mesma é demonstrada na Figura 32.



Figura 32: Terreno abaixo do reservatório coberto com brita.

Fonte: Arquivo pessoal.

4.5. Análise do Local

As estruturas que compõem o sistema de abastecimento foram implantadas em uma zona rural e de clima extremamente seco e agressivo. Foi possível observar que a vegetação, desde os caminhos que davam acesso até a área de implantação das estruturas, era rasteira e com incidência mínima de árvores altas e de tronco.

O terreno, em um trecho que faz parte do caminho de acesso ao local de implantação do sistema, demonstra o tipo predominante de vegetação, está exposto na Figura 33.



Figura 33: Trecho de acesso ao local de implantação.

Fonte: Arquivo pessoal.

A área de implantação contava com um número baixo de residências. Mesmo nos locais onde havia uma aglomeração de casas, estas não expressavam uma grande quantidade e em sua maioria, eram residências de caráter simples, sendo algumas utilizadas apenas para cuidados com a criação de animais.

As proximidades da área de implantação do sistema onde se encontra apenas um local para criação de alguns animais estão relatadas na Figura 34.



Figura 34: Área de implantação com baixa incidência de residências.

Fonte: Arquivo pessoal.

A análise permitiu visualizar a baixa incidência de corpos hídricos da região. A disponibilidade hídrica superficial da região é limitada, tornando indispensável o uso de águas subterrâneas. Na área de implantação do sistema, foram encontrados alguns poços artesanais com estrutura menor do que os poços do sistema de abastecimento.

A Figura 35 mostra um poço artesiano com estrutura mais simples, encontrado na região de implantação do sistema de abastecimento.



Figura 35: Poço artesiano localizado na região de implantação do sistema.

Fonte: Arquivo pessoal.

4.6. Decisão

4.6.1. Poços Artesianos

A decisão referente aos poços foi dividida em duas etapas:

- Análise da estrutura do poço;
- Análise dos possíveis impactos na área.

Todos os poços foram construídos seguindo as diretrizes da NBR – 12244/2006 e seus revestimentos foram devidamente concluídos. Entretanto, foi notado que a última etapa para conclusão do poço não estava de acordo com o que é solicitado na norma.

A norma relata que o poço deve ser finalizado de forma que fique lacrado com chapa soldada ou com uma tampa rosqueável, seja esta com cadeado ou válvula de segurança.

Na Figura 36 é possível ver um exemplo de poço de acordo com a norma, devidamente revestido e lacrado em sua parte superior.



Figura 36: Poço de acordo com a NBR12244/2006.

Fonte: Mega Bombas (2018).

Os poços foram encontrados com uma chapa parafusada na vertical, o que fazia com que a parte superior do poço ficasse exposta. As tampas que deviam estar cobrindo o topo do poço estavam soltas ou presas ao poço por pequenos pedaços de arame, contudo, não cobriam o poço para proteger a parte interior.

Na Figura 37 é possível ver o Poço 2 com a tampa solta e apenas colocada acima do mesmo de forma que não cobria a parte interna do poço.



Figura 37: Poço 2 descoberto e com tampa solta.

Fonte: Arquivo pessoal.

A falta de proteção da parte superior do poço pode causar problemas tanto para o poço quanto para a água que é captada.

Com relação ao poço, a entrada de corpos estranhos pode prejudicar sua vazão, gerando uma redução na mesma, podendo até mesmo resultar em um entupimento pela entrada excessiva de material inadequado. Tal fato acarretaria em danos físicos na tubulação e a estrutura do poço, já a mesma estaria sob constante pressão advinda das bombas, mas sem fluido em seu interior.

Com relação à água, o impacto se dá por meio da contaminação dos lençóis freáticos da região onde os poços estão descobertos. A possível contaminação acontece devido à entrada de agentes agressivos como:

- Chuva;
- Agentes transportados pelo vento;
- Interferência de animais.

Um estudo realizado na cidade de Maringá (PR) pelo Departamento de Geografia da Universidade Federal do Cuiabá, em 2002, revelou que as águas subterrâneas da região se encontravam com alta concentração de sais

(nitrato) dissolvidos na água devido ao uso inapropriado de poços artesianos, o que indicava uma contaminação das águas da região (MPEP, 2009).

O professor Villalobos, membro da equipe de pesquisa do referente departamento, relatou que existiam cerca de 119 poços artesianos na região e que muitos destes, encontravam-se sem lacre, ou seja, sem tampa requerida pela NBR 12244/2006 e, em alguns casos, até abandonados (MPEP, 2009).

A coleta de água para análise na região do estudo não pode ser feita na época da realização das verificações diante das limitações institucionais que impediam que a ligação de água fosse liberada para uso do sistema de abastecimento.

A segunda etapa da análise foi realizada pela comparação de dados climatológicos da região, tendo em vista que a implantação desordenada de poços artesianos pode provocar alterações climáticas na região onde foram construídos. É válido ressaltar que a região conta com uma baixa disponibilidade hídrica superficial e devido a esta condição, a população residente faz grande uso das águas subterrâneas. Foi possível notar a alta incidência de poços artesianos próximos ao local de implantação do sistema analisado.

A retirada excessiva de água subterrânea poderia reduzir a disponibilidade hídrica dos lençóis, em situações extremas até secar o manancial, o que poderia acarretar na morte da vegetação e grandes árvores da região. Com a ausência de cobertura vegetal, solo seco e principalmente em épocas de pouca chuva, o clima da região sofreria alterações tornando-se mais quente e seco (AMORIM, 2017).

Assim como relatado acima, a cidade de Brumado (BA), iniciou em 2017 um estado de alerta por conta da exploração desordenada das águas subterrâneas, através dos poços artesianos. A prefeitura recebeu, na época do estudo, várias queixas de poços que secaram na região e os especialistas afirmaram que na não ocorrência da redução da extração das águas subterrâneas, a cidade poderia ter o clima alterado, sofrer erosão do solo e aumento das temperaturas médias (AMORIM, 2017).

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a média anual de temperatura da região, situada na cidade de Ribeira do Amparo (BA), não teve uma alteração significativa.

A Tabela 08 mostra as médias anuais de temperatura da região nos últimos quatro anos.

Tabela 08: Média de temperatura anual da região analisada nos últimos quatro anos

Ano	Temperatura Média Anual (°C)
2014	26 – 28
2015	26 – 28
2016	26 – 28
2017	24 – 26

Fonte: INMET, 2018.

Para conclusão da segunda etapa da análise foi feita em observação do solo da região, tendo em vista a alta incidência de poços artesianos no local.

O terreno foi analisado em um raio de aproximadamente 300m em volta de cada poço. A área foi observada diretamente e em alguns pontos foram feitas leves raspagens para verificar a possível incidência de rachaduras no solo, já que a exploração excessiva das águas subterrâneas pode deixar o solo mais seco, facilitando a erosão e surgimento de rachaduras.

Pode-se citar novamente a cidade do México (MEX) em que a retirada desenfreada de água subterrânea tem feito com que o solo da cidade seja rebaixado e erodido com facilidade, ocasionando grandes rachaduras no solo (FARIAS, 2014).

Na Figura 38 é possível ver o solo rachado devido à erosão do solo.



Figura 38: Solo rachado devido à erosão na cidade do México.

Fonte: EcoDebate (2009).

. Entretanto, o solo da região analisada no estudo apesar de extremamente seco, continuava firme e sem rachaduras, o que pode ser justificado também por conta das diferenças entre as características do solo da Cidade do México (MEX) e da área analisada no estudo.

4.6.2. Conjunto Bombas e Adutora

A decisão referente às bombas e à adutora foi realizada de forma conjunta. Apesar de constituir uma parte significativa para o sistema, o conjunto não agride o meio ambiente de forma expressiva.

As Bombas 1 e 2, em virtude de suas localizações serem no mesmo ponto do sistema, não necessitaram de muito espaço para implantação e o único ponto a ser relatado de forma consistente seria o consumo constante de energia. Entretanto, segundo informações da IMBIL, as bombas possuem um baixo consumo de energia, em comparação às demais do mercado.

Com relação à adutora, foi possível observar que sua implantação não ocasionou grandes problemas. Em virtude de não ter um diâmetro expressivo, toda a região do trajeto que a tubulação da adutora percorria até o reservatório,

encontrava-se sem alterações físicas perceptíveis que poderiam advir da escavação e implantação da tubulação subterrânea.

É importante ressaltar que pela baixa incidência de moradores da região, a implantação da casa de bombas e da adutora não acarretou em transtornos aos moradores. Problemas como: poluição sonora, movimentação de terras e interrupções de abastecimento elétrico não chegaram a atingir a pequena parcela de população que ocupava a região de implantação.

Diferentemente do que acontece em centros urbanos, onde a implantação de adutoras pode interferir no tráfego, além de criar diversos transtornos para a população como geração de ruído e acúmulo de entulho próximo às residências. Como foi o caso de Cocal do Sul (SC), onde a necessidade de uma nova adutora no centro da cidade paralisou o trânsito em algumas vias e impediu que moradores usassem seus veículos por alguns dias (ROLT, 2017).

A Figura 39 mostra a implantação da adutora no centro de Cocal do Sul (SC).



Figura 39: Implantação de adutora na cidade de Cocal do Sul.

Fonte: Rolt (2017).

O primeiro possível impacto ambiental seria o desmatamento e a desertificação em volta do trajeto da adutora, por conta da movimentação de terra e retirada da vegetação da área para implantação tanto da casa de bombas,

quanto da adutora em seu trajeto. Entretanto, a região não apresenta incidência de árvores e a vegetação rasteira cresce de forma rápida. O trajeto da adutora, já finalizado na época de realização do estudo, não expressava sinais de retirada significativa de árvores.

Para finalizar esta parte do Conjunto Bombas e Adutora, foi analisada a possibilidade de contaminação do solo e do lençol freático por conta da corrosão da adutora subterrânea, tendo em vista que em um alto grau de corrosão interna e externa, além de acarretar na contaminação da água transportada, a adutora poderia se romper, ocasionando um vazamento de água contaminada para o solo.

Moreira (2011) realizou um estudo no sistema de distribuição da Estação de Tratamento da Escola de Especialistas em Aeronáutica para verificar a interferência da corrosão das adutoras na qualidade da água. Os resultados apontaram teores de ferro na água transportada, acima do permitido. As adutoras do sistema eram compostas pelo mesmo material do estudo em questão.

É possível ver na relação entre a Figura 40 e a Figura 41, a adutora analisada no estudo de caso e a adutora da Escola de Especialistas em Aeronáutica, ambas com alto grau de corrosão.



Figura 40: Tubulação atingida pela corrosão.

Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 41: Adutora atingida por corrosão.

Fonte: Moreira (2011).

Embora a Figura 41 demonstre uma corrosão interna e a adutora analisada esteja corroída externamente como mostrado na Figura 40, é válido ressaltar que a fiscalização da estrutura deve ser realizada primeiramente pelo exterior da mesma. Mainier, Lima e Quelhas (2002) relatam que ao ser evidenciado um comprometimento exterior da estrutura metálica, torna-se importante a verificação do interior da mesma.

Apesar de ser notável a corrosão no exterior da adutora, a equipe responsável pela obra garantiu que a adutora se encontrava sem falhas ou rompimentos em seu trajeto.

É válido ressaltar a importância da problemática da perda de água no Brasil. O Instituto Trata Brasil (ITB) relata que o controle de perdas é uma prática indispensável para evitar problemas sociais e ambientais e que o processo para minimização das perdas é constante. Segundo dados do instituto, cerca de 37% da água distribuída no Brasil é perdida por questões como roubo, vazamentos, ligações clandestinas ou medições incorretas no consumo da água e tal condição gera um prejuízo de aproximadamente R\$ 8 bilhões ao país (ITB, 2017).

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) afirma que a principal causadora de problemas de perda é a falta de infraestrutura. Há alguns anos a companhia iniciou um programa de redução de perdas e dentre suas diretrizes, a fiscalização e renovação das estruturas foram colocados como pontos principais no processo de redução e controle de perdas (Sabesp, 2018).

É possível ver na Figura 42 os dados divulgados pela Sabesp da evolução do controle de perdas após a implantação do programa de redução no Estado de São Paulo.

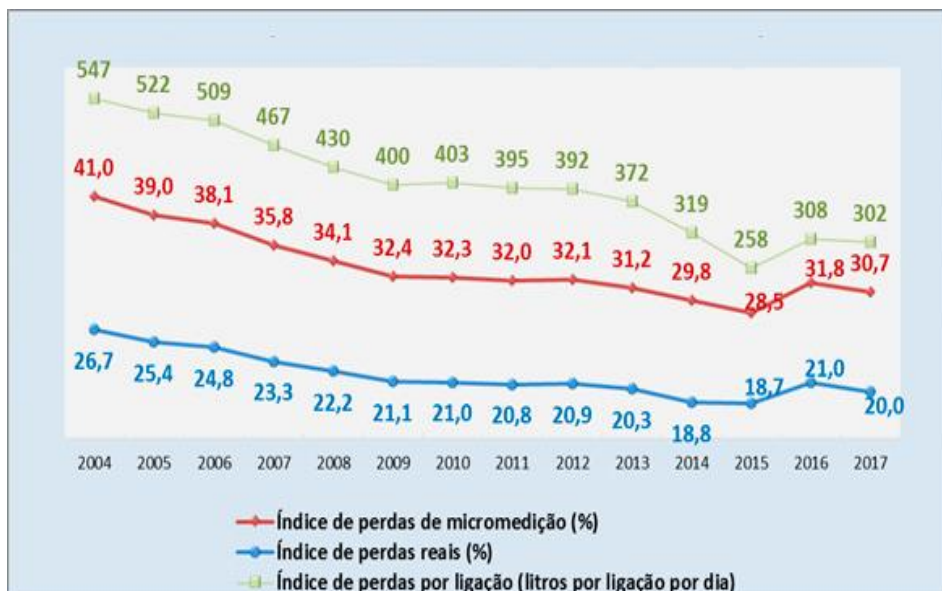


Figura 42: Gráfico de evolução do controle de perdas.

Fonte: Sabesp (2018).

Com relação à possibilidade de contaminação devido à um rompimento inesperado, a equipe informou que a casa de bombas conta com um sistema de alerta para vazamentos expressivos e na ocorrência de um rompimento, as válvulas do sistema seriam rapidamente desligadas pelo fiscal responsável que reside nas proximidades da região.

Na incidência de um atraso no fechamento das válvulas, a empresa responsável pela obra manteve uma distância segura entre o lençol freático e a adutora. A tubulação encontra-se à uma profundidade de dois metros, enquanto o lençol freático está localizado à uma profundidade de aproximadamente dezenove metros, o que garantiria tempo para que o vazamento fosse contido sem que a água captada atingisse as águas subterrâneas.

Apesar da NBR 12215/2017 não apontar uma diretriz sobre a distância mínima entre a adutora de água e o lençol freático, pôde-se usar como referência a separação mínima de 1,5 m (Um metro e cinquenta centímetros) entre a tubulação e o lençol como requerido pela NBR 13969 que relata as normas para construção de sistemas de tratamento primário de águas residuais.

A análise química do solo e da água não puderam ser realizadas em virtude da não disponibilidade de amostras e de laboratório próprio para definição completa de materiais contaminadores.

4.6.3. Reservatório

O reservatório foi construído em uma área afastada dos poços, porém, o clima e a área da região possuem características semelhantes, com a ressalta de uma incidência levemente superior de árvores.

A análise do local permitiu concluir que algumas árvores foram retiradas da área de implantação do reservatório pela necessidade de um espaço maior para construção do reservatório e da casa de apoio, contudo não se obteve ciência de um impacto ambiental direto pela retirada arbórea da região de implantação.

A baixa incidência de residências não permitiu que impactos socioambientais fossem concretizados. Assim como no Conjunto Bombas e Adutora, o local onde o reservatório foi implantado foi escolhido de forma a minimizar transtornos para a população.

Entretanto, é importante salientar sobre a qualidade da água que sai do reservatório para o prosseguimento até o assentamento. Com o tempo, o reservatório pode acumular sedimentos em seu interior, sejam eles de origem da água ou das paredes da adutora. A qualidade da água é importante para evitar problemas para a população que receberá o abastecimento.

Um estudo realizado na cidade de Rio Verde, em Goiás, evidenciou que a qualidade da água do reservatório, de acordo com análises realizadas ao longo dos anos, foi reduzindo com o passar do tempo. A água teve suas características (cor, sabor, turbidez etc.) alteradas e, apesar de não apresentar um risco expressivo à saúde da população, é válido ressaltar a importância de manter a qualidade da água enviada à população (MORAIS et al. 2016).

4.7. Estratégias para Minimização de Risco

4.7.1. Poços Artesianos

Os poços, apesar de construídos de acordo com a NBR 12244/2006, apresentaram uma falha em sua cobertura com relação à tampa de vedação. Sendo assim, a principal medida a ser realizada seria a implantação da tampa para extinguir a possibilidade de entrada de corpos estranhos e agentes agressivos no interior dos poços, tendo em vista que todos apresentaram a mesma problemática em sua finalização.

A melhor opção de tampa indicada pela norma para os poços em questão seria a parafusada, tendo em vista que a chapa vertical metálica já existente na parte superior do poço realizaria o papel de proteção da tampa.

Na Figura 43 é possível ver o detalhe da chapa metálica vertical no Poço 2.



Figura 43: Detalhe da chapa vertical metálica.

Fonte: Arquivo pessoal.

Em virtude da posterior utilização dos poços, seria ideal realizar o teste de qualidade da água anterior à distribuição, a fim de evitar a possibilidade da recepção de água contaminada por parte da população.

4.7.2. Conjunto Bombas e Adutora

O Conjunto Bombas e adutora constitui uma parte do sistema em que a problemática ambiental depende de muitos fatores para que se torne concreto. Tendo em vista a possibilidade extremamente pequena, o foco se manteve em reduzir a possibilidade de alteração na qualidade da água distribuída.

É válido relatar a importância da fiscalização constante do sistema de bombas e da qualidade da adutora, já que a DESO não apresenta plano de troca de tubulação sob circunstâncias de não rompimento.

É importante ressaltar também o teste de qualidade da água após a passagem pela adutora. Em uma situação de contaminação, é de extrema importância a realização de troca das peças metálicas da adutora.

4.7.3. Reservatório

Considerando que o reservatório se caracterizava de uma forma pouco incidente na questão de impactos ambientais diretos, a decisão referente ao mesmo permitiu definir como principal estratégia a verificação da qualidade da água, após estocagem na estrutura.

É importante salientar que a fiscalização do Reservatório deve ser constante, a fim de evitar o acúmulo excessivo de sedimentos que possam comprometer a qualidade da água.

Sendo realizadas tais operações, o risco da ocorrência de impactos como a contaminação da água e conseqüentemente a geração de problemas de saúde para a população é consideravelmente reduzido.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises e as ligações feitas com os dados obtidos durante e após a implantação do Sistema de Abastecimento do Assentamento Zumbi, na cidade de Tobias Barreto (SE) permitiram concluir que a obra apresenta poucos riscos ambientais e foi executada de forma a não causar danos ambientais expressivos na região.

Pôde-se concluir que os poços foram locados à uma distância de 300m para minimizar os efeitos de rebaixamento do lençol freático, em decorrência da retirada expressiva de água, minimizando, dessa forma, as consequências do funcionamento simultâneo dos três poços. Contudo, é importante ressaltar que o resultado da análise foi obtido anteriormente ao funcionamento do sistema, sendo assim, os impactos relatados podem vir a ter dimensões mais expressivas, requerendo maior atenção quanto aos riscos.

O risco expressivo e de fácil resolução encontrava-se na finalização dos Poços 1, 2 e 3. As tampas requeridas pela NBR 12244/2006 são de significativa importância para garantir que a abertura dos poços não contamine o lençol freático devido à entrada de corpos estranhos e agentes agressivos pela parte superior dos poços. Tal fato poderia contaminar as águas subterrâneas da região de forma expressiva, considerando que os três poços possuem a mesma problemática.

O Conjunto Bombas e Adutora e o Reservatório não apresentaram um impacto ambiental direto. A análise da região pôde definir que as obras foram realizadas utilizando pequenas áreas e distantes da população. A implantação não gerou transtornos para os habitantes da região.

Sendo assim, conclui-se que o Sistema de Abastecimento do Assentamento Zumbi apresenta riscos ambientais que podem se agravar com o início do funcionamento do sistema e são necessárias algumas medidas corretivas como a finalização correta dos poços e a realização de testes de qualidade da água que será distribuída para que os riscos sejam reduzidos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional das Águas (ANA). **Caderno de capacitação em recursos hídricos – O comitê de bacia hidrográfica. O que é? O que faz?.** Brasília, 2011. Disponível em:

<<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/CadernosDeCapacitacao1.pdf>>. Acessado em 06 de dezembro de 2018 às 11hr49min.

ALVES, S. F. S. Movimento dos Atingidos por Barragens: perspectivas teóricas de lutas práticas. **Revista Café com Sociologia.** 2015. Disponível em: <<https://revistacafecomsociologia.com/revista/index.php/revista/article/viewFile/367/pdf>>. Acessado em 11 de agosto de 2018 às 14hr35min.

ANDRÉ, D. S.; MACEDO, D. de; ESTENDER, A. C. Conservação e Uso racional da Água: Novos hábitos para evitar escassez dos Recursos Hídricos e para continuidade do bem finito. **XII Simpósio de Excelência em Gestão Tecnológica.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/152213.pdf>>. Acessado em 02 de agosto de 2018 às 19hr09min.

AMORIM, L. Excesso de Poços Artesianos ameaça causar desastres naturais em Brumado. **AcheiSudoeste.** Brumado, 2017. Disponível em: <<http://www.acheisudoeste.com.br/noticias/26947-2017/10/31/excesso-de-pocos-artesianos-ameaca-causar-desastres-naturais-em-brumado>>. Acessado em 31 de outubro de 2018 às 09hr35min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004/2004:** Resíduos Sólidos – Classificação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12244/2006:** Construção de poço para captação de água subterrânea.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12215/2017:** Projeto de adutora de água para abastecimento público – Procedimento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969/1997**: Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, execução e operação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13028/2017**: Mineração – Elaboração e apresentação de projetos de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reserva de água – Requisitos.

ARAUJO, M. M. V.; PINTO, K. de J.; MENDES, F. de O. A Usina de Belo Monte e os impactos nas terras indígenas. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**. Macapá, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/planeta/article/download/1651/MayaraN6.pdf>>. Acessado em 06 de dezembro de 2018 às 15hr19min.

BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de proteção de controle de inundações urbanas na bacia do Rio Mamanguape/PB**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/diss_franciscobarbosa.pdf>. Acessado em 01 de setembro de 2018 às 16hr02min.

BRASIL, Lei nº 3365, 21 de junho de 1941. Dispõe sobre desapropriações por interesses públicos. **Planalto**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del3365.htm>. Acessado em 06 de dezembro de 2018 às 15hr50min.

BRASIL, Lei nº 9433, 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o Inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7990, de 28 de dezembro de 1989. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>>. Acessado em 14 de agosto de 2018 às 14hr57min.

BRASIL, Lei nº 12334, 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o Inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7990, de 28 de dezembro de 1989. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>>. Acessado em 14 de agosto de 2018 às 14hr57min.

BRASIL, Lei nº 12334, 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Planalto**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm>. Acessado em 06 de dezembro de 2018 às 16hr43min.

BRASIL, Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em 15 de agosto de 2018 às 14hr19min.

CABRAL, B. D.; LIMA, W. de A. O impacto dos poços tubulares clandestinos na qualidade da água dos lençóis freáticos: A busca da interpretação sistemática da legislação vigente para sua efetiva aplicabilidade. **Publica Direito**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=989f78982634dc53>>. Acessado em 06 de dezembro de 2018 às 16hr22min.

CAMPOS, J. N. B.; CAMPOS, V. R. A formação dos conhecimentos em recursos hídricos e aplicações em tomadas de decisões. **SciELO**. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200179>. Acessado em 16 de agosto de 2018 às 18hr43min.

CARDOSO, F. B. da F.; OLIVEIR, F. R. de; NASCIMENTO, F. S. do; NETO, P. L. V.; FLORES, P. M. Poços Tubulares construídos no Brasil. **XV Congresso**

Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal, 2008. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/23806/15871>>. Acessado em 30 de agosto de 2018 às 20hr59min.

CECH, T. V. **Recursos Hídricos – História, Desenvolvimento, Política e Gestão.** Grupo Editorial Nacional, 2013, Rio de Janeiro. 3ª edição.

CIRILO, J. A. et al. **Hidráulica Aplicada.** Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1ª reimp. 2ª edição. Porto Alegre, 2011.

Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo – Sabesp. Controle de Perdas. **Sabesp.** São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=37>>. Acessado em 12 de novembro de 2018 às 10hr47min.

COSTA, Álvaro José Calheiros da. **Análise da viabilidade do lodo de ETA coagulado com Cloreto de Polialumínio (PAC) composto com areia como agregado miúdo em concreto para recomposição de calçadas – Estudo de caso na ETA do município de Mirassol-SP.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-11052011-095145/publico/COSTA_Alvaro.pdf>. Acessado em 25 de outubro de 2018 às 15hr33min.

COSTA, I. F. A engenharia hidráulica e sua importância nas obras de melhoramento do século XIX (1810 – 1874). **Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e da Saúde.** Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.13snhct.sbhc.org.br/resources/anais/10/1344867897_ARQUIVO_artigolvoneideCosta1.pdf>. Acessado em 16 de agosto de 2018 às 11hr08min.

FARIAS, M. Poços irregulares podem prejudicar o lençol freático, alerta secretaria de AL. **G1 – Alagoas.** Maceió, 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2014/11/pocos-irregulares-podem-prejudicar-o-lencol-freatico-alerta-secretaria-de-al.html>>. Acessado em 31 de agosto de 2018 às 11hr54min.

FERREIRA, D. C.; PINTO, C. H. C.; CATUNDA, A. C. M. M.; PRADO, D. de M. O.; MATTOS, K. M. C.. Degradação Ambiental Ocasionalada pela Construção Civil no Município de Natal/RN: Estudo de Caso de Vila de Ponta Negra. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_077_542_11232.pdf>. Acessado em 09 de agosto de 2018 às 11hr31min.

FILHO, H. R. do P. Tratamento e disposição do lodo de ETA e impacto na qualidade das águas. **QualidadeOnline's Blog**. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2015/07/14/tratamento-e-disposicao-do-lodo-de-eta-e-impactos-na-qualidade-das-aguas/>>. Acessado em 27 de outubro de 2018 às 14hr15min.

FONTES, I. P. É possível atingir o desenvolvimento sustentável? **Meio Ambiente, Sustentabilidade e Saneamento: Relatos Sergipanos**. 2010, 1^o Edição, Redes Editora, cap. 10, p. 142.

GARCEZ, L. N. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. São Paulo. Editora Edgard Blücher. 2^a edição. 2013.

GONÇALVES, C. D. B.; SOUZA, C. M. S. Os impactos socioambientais sobre populações locais: Uma análise das consequências do projeto de integração do Rio São Francisco em São José de Piranhas-PB. **Globalização em Tempos de Regionalização – Repercussões no Território**. Santa Cruz do Sul, 2015. Disponível em: <https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidr/article/download/13285/2451>>. Acessado em 11 de agosto de 2018 às 15hr28min.

GONDIM, I. A.; MARCHON, P. H. A.; NETO, J. de P. B.; NETO, P. M. J. Análise da Economia Nacional e a Participação da Indústria da Construção Civil. **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo, 2004, Disponível em: ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP1063d.pdf>. Acessado em 11 de agosto de 2018 às 11hr24min.

Instituto Trata Brasil – Itb. Perdas de Água na Distribuição: Causas e Consequências. **Trata Brasil – Saneamento e Saúde**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/11/16/perdas-de-agua-causa-e-consequencias/>>. Acessado em 12 de novembro de 2018 às 10hr43min.

JUNIOR, M. R. C.; OLIVEIRA, L. M. F.; ANTUNES, D. A. Belo Monte e seus impactos socioambientais. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**. Belém, 2017. Disponível em: <http://www.confea.org.br/media/contecc2017/agrimensura/2_bmesis.pdf>. Acessado em 06 de dezembro às 15hr31min.

LACAZ, F. A. de C.; PORTO, M. F. de S.; PINHEIRO, T. M. M. Tragédias brasileiras contemporâneas: O caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbso/v42/2317-6369-rbso-42-e9.pdf>>. Acessado em 03 de agosto de 2018 às 09hr21min.

LIMA, Gabriel Teixeira. **Proposta de Plano de Ação Emergencial para a Barragem Jaime Umbelino de Souza/SE**. 2017. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tiradentes. Aracaju, 2017.

LIRA, A. Vazão de água diminui na Paraíba após incidente em PE. **G1 – PB**. João Pessoa, 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/vazao-de-agua-da-transposicao-diminui-na-paraiba-apos-incidente-em-pe.ghtml>>. Acessado em 01 de novembro de 2018 às 09hr47min.

LOPES, L. M. N. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**. Betim, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/sinapsemultipla/article/download/11377/9677>>. Acessado em 07 de setembro de 2018 às 11hr29min.

MAINIER, F. B.; LIMA, G. B. A.; QUELHAS, O. L. G. Aspectos da corrosão de tubos galvanizados utilizados na construção civil. **IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Foz do Iguaçu, 2002. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1959_1968.pdf>. Acessado em 12 de novembro de 2018 às 18hr29min.

MANCHON, F. T.; BONETTO, N. C. F. Principais Impactos Ambientais gerados por Empreendimentos Hidráulicos no Estado de São Paulo. **Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz**, 2016. Disponível em: <http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao_09_MANCHON_Fernanda_Tomita_-_BONETTO_Nelson_Cesar_Fernando.pdf>. Acessado em 10 de agosto de 2018 às 18hr56min.

MARTINS, M. Transposição racha de novo e 'estoura' em Custódia. **Diário de Pernambuco**. João Pessoa, 2017. Disponível em: <http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/economia/2017/06/11/inter nas_economia,708279/transposicao-racha-de-novo-e-estoura-em-custodia.shtml>. Acessado em 01 de novembro de 2018 às 10hr32min.

MELO, S. F. S. Gestão de Impactos Ambientais na Construção Civil: Práticas e Desafios entre obras de Infraestrutura e Edificações. **VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Campo Grande, 2017. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/XI-024.pdf>>. Acessado em 29 de agosto de 2018 às 09hr57min.

Ministério Público do Estado do Paraná – MPEP. **Poços Artesianos Clandestinos são ameaça ao abastecimento – Estudo da UEM mostrou contaminação – Cloração é fundamental, diz geólogo – Outorga é dada em duas etapas**. Curitiba, 2009. Disponível em: <<https://mp-pr.jusbrasil.com.br/noticias/694287/pocos-artesianos-clandestinos-sao-ameaca-ao-abastecimento-estudo-da-uem-mostrou-contaminacao-cloracao-e-fundamental-diz-geologo-outorga-e-dada-em-duas-etapas>>. Acessado em 30 de outubro de 2018 às 16hr32min.

MONTEIRO, I. Regularização de Poços – Por que o setor resiste? **Revista Água e Meio Ambiente Subterrâneo – ABAS**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.abas.org/imagens/revista25.pdf>>. Acessado em 31 de agosto de 2018 às 90hr18min.

MORAIS, W. A.; SALEH, B. B.; ALVES, W. dos S.; AQUINO, D. S. Qualidade Sanitária da Água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. **Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cadsc/v24n3/1414-462X-cadsc-24-3-361.pdf>>. Acessado em 04 de novembro de 2018 às 09hr37min.

MOREIRA, T. G. de A. **Influência da Corrosão na Potabilidade da Água no Sistema de Distribuição da Estação de Tratamento na Escola de Especialista de Aeronáutica**. 2011. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Industrial Química) – Departamento de Engenharia Química – Escola de Engenharia Lorena. 2011. Disponível em: <<https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2011/MIQ11009.pdf>>. Acessado em 03 de novembro de 2018 às 13hr32min.

NETO, M. F.; SILVA, P. C. M.; PEREIRA, R. A. Impactos sócio-ambientais causados pela construção de barragens: Estudo de caso Acauã – PB. **Revista Scire**. Campina Grande, 2012. Disponível em: <<http://www.revistascire.com.br/artigo/2012/SETEMBRO/IMPACTOSPELACONSTRUCAODEBARRAGEM.pdf>>. Acessado em 30 de agosto de 2018 às 10hr44min.

PAIVA, M. W.; PARREIRA, R. L. T. Resíduos de Estações de Tratamento de Água (ETA). **Linguagem Acadêmica**. Batatais, 2012. Disponível em: <<https://intranet.redeclaretiano.edu.br/download?caminho=upload/cms/revista/sumarios/95.pdf&arquivo=sumario6.pdf>>. Acessado em 01 de setembro de 2018 às 17hr44min.

PAPANI, P. C.; CORDEIRO, J. S. Impactos Ambientais em Sistemas de Tratamento de Água – SiTAs – A necessidade de melhoria na gestão de pessoas. **Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos**. São Carlos, 2009. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-065.doc>>. Acessado em 03 de agosto de 2018 às 09hr42min.

PEIXINHO, F. C. Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos. **XVI Congresso de Águas Subterrâneas e XVII Encontro de Perfuradores de Poços**. São Luís, 2010. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/evento_PAP003029.pdf>. Acessado em 13 de agosto de 2018 às 22hr15min.

POUEY, J. F. F.; LAROQUE, L. F. S. Construção Civil e Meio Ambiente: O Homem Versus Necessidades Básicas e suas Contradições. **Educação Ambiental em Ação**. 2017. Disponível em: <<http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=2695>>. Acessado em 07 de agosto de 2018 às 21hr03min.

QUEIROZ, N. T. Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, Minas Gerais, 2016. Disponível em: <<http://revista.ecogestaobrasil.net/v3n6/v03n06a01.pdf>>. Acessado em 07 de agosto de 2018 às 21hr46min.

RIBEIRO, V. W. S. M.; BASSANI, C. A questão da hidrelétrica como fonte de energia essencial no modelo atual de sustentabilidade: O caso de Belo Monte. **VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0355_1508.pdf>. Acessado em 27 de setembro de 2018 às 22hr11min.

ROLT, M. L. da. Samae de Cocal inicia nova rede de adutora. **Portal Clica Tribuna**. Cocal do Sul, 2017. Disponível em: <<http://www.clicatribuna.com/noticia/geral/samae-de-cocal-inicia-construcao-de-nova-rede-adutora-19716>>. Acessado em 02 de novembro de 2018 às 15hr32min.

SILVA, A. P. da; PEREIRA, J. A. V.; SANTOS, J. S. dos; SILVA, E. F. de B. Impactos Socioambientais e a transposição do Rio São Francisco: Um olhar sobre o Eixo Leste. **III Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande, 2017.

SILVA, D. F.; LIMA, C. F. C. Empresas e meio ambiente: Contribuições da legislação ambiental. **Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis**. Florianópolis, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/interthesis/article/download/1807-1384.2013v10n2p334/25926>>. Acessado em 11 de agosto de 2018 às 12hr51min.

SOBRINHO, R. A.; BORJA, P. C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: Um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Salvador, 2016.

Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/14153/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Final%20Gest%C3%A3o%20das%20Perdas%20de%20%C3%81gua%20e%20Energia.pdf>. Acessado em 27 de setembro às 21hr46min.

SOUZA, C. Após rompimento de barragem em Sertânia, animais mortos e devastação ambiental. **FolhaPE**. Recife, 2017. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/economia/economia/economia/2017/03/03/NWS,19827,10,550,ECONOMIA,2373-APOS-ROMPIMENTO-BARRAGEM-SERTANIA-ANIMAIS-MORTOS-DEVASTACAO-AMBIENTAL.aspx>. Acessado em 01 de novembro de 2018 às 08hr40min.

SPADOTTO, A.; NORA, D. D.; TURELLA, E. C. L.; WERGENES, T. N. de; BARBISAN, Ailson Oldair. Impactos Ambientais Causados pela Construção Civil. **UNOESC & Ciência – ASCA**. Joaçaba, 2011. Disponível em: https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acsa/article/viewFile/745/pdf_232. Acessado em 09 de agosto de 2018 às 11hr27min.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres Naturais – Conhecer para prevenir. **Instituto Geológico**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>. Acessado em 29 de agosto de 2018 às 09hr09min.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership – World Bank. Porto Alegre, 2005. Disponível em: https://labgeologiaambiental.jatai.ufg.br/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais__.PDF?1370615799. Acessado em 25 de setembro de 2018 às 17hr57min.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentado a Escassez**. Editora RiMa, 2009, São Carlos, 3ª edição.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos Hídricos no Século XXI**. São Paulo. Oficina de textos, 2011.

VASCONCELOS, M. B. Poços para captação de água subterrânea: Revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **XVIII Congresso Brasileiro de Água Subterrâneas**. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/28288/18401>>. Acessado em 31 de agosto de 2018 às 08hr47min.

VERAS, G. Regulamentação e fiscalização sobre segurança de barragens ainda é um desafio no Brasil. **Fundações & Obras Geotécnicas**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/informe/img/63geral6.pdf>>. Acessado em 28 de setembro de 2018 às 09hr22min.