



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA E GERENCIAMENTO DE OBRAS**

JONES PINA DOS SANTOS

**PROCESSO DE SALINIZAÇÃO DA BARRAGEM DE SÃO JOSÉ DO JACUÍPE -
BAHIA: Um Estudo de Caso**

Salvador – Bahia
2016

JONES PINA DOS SANTOS

**PROCESSO DE SALINIZAÇÃO DA BARRAGEM DE SÃO JOSÉ DO JACUÍPE -
BAHIA: Um Estudo de Caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Especialização em Tecnologia e Gerenciamento de Obras da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito final para a obtenção do título de Especialista.

Orientador: Profa. Dra. Larissa da Silva Paes Cardoso

Salvador - Bahia
2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

S237p Santos, Jones Pina dos

Processo de salinização da barragem de São José do Jacuípe – Bahia: um estudo de caso / Jones Pina dos Santos. – Salvador, 2016.

58 f. : il. color.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Larissa da Silva Paes Cardoso.

Coorientadora: Prof.^a MSc. Denise das Dores Nascimento Oliveira.

Coorientadora: Prof.^a MSc. Gleice Maria Araújo Ribeiro

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gerenciamento de Obras) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2016.

Inclui referências.

1. Evaporação. 2. Renovação das águas. 3. Salinidade. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Cardoso, Larissa da Silva Paes. III. Oliveira, Denise das Dores Nascimento. IV. Ribeiro, Gleice Maria Araújo. V. Título.

CDD: 628

JONES PINA DOS SANTOS

**PROCESSO DE SALINIZAÇÃO DA BARRAGEM DE SÃO JOSÉ DO JACUÍPE -
BAHIA: Um Estudo de Caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Especialização em Tecnologia e Gerenciamento de Obras da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito final para a obtenção do título de Especialista.

Aprovado em: 30 de novembro de 2016.

Banca Examinadora:

Prof^a Dra. Larissa da Silva Paes Cardoso (Orientadora) _____
Doutora em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia, Salvador,
Brasil.
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Prof^a Denise das Dores Nascimento Oliveira _____
Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial com Ênfase na Construção Civil pela
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC.

Prof^a Gleice Maria Araújo Ribeiro _____
Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI
CIMATEC.

Dedico este trabalho a minha esposa a ao Sr. Noelson que tanto contribuíram para a construção dessa monografia.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar.

À minha esposa.

À minha professora Larissa, minha orientadora.

Aos meus colegas Igor, Leonardo e Luciano.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para esta construção.

“Água, só vejo água por toda parte, e nem uma só gota que se beba”.

Samuel Taylor Coleridge

RESUMO

A região do Nordeste do Brasil sempre esteve relacionada a eventos de seca e falta de água. Alguns locais (estados e municípios) próximos ao litoral se beneficiam com um aporte maior de chuvas ao longo do ano, porém, regiões muito distantes do litoral, além do fato de serem castigadas com a falta de chuvas, ainda sofrem com a baixa qualidade da água existente para consumo humano. Não existem reservatórios com volume suficiente para atender à demanda de água na região do semiárido, em virtude da maior parte da região estar localizada sobre um embasamento cristalino, que se encontra muito próximo a superfície. Desse modo os tipos de solos existentes são muitos rasos, limitando a infiltração das águas de chuvas que poderiam alimentar os aquíferos subterrâneos. Alguns poucos reservatórios possuem uma capacidade de água considerável, chegando próximo de sua capacidade máxima em determinadas épocas do ano, devido à contribuição das chuvas concentradas. Entretanto, a simples existência de água não significa que a mesma atenda aos padrões de potabilidade a ponto de ser distribuída para as populações que necessitam dela. O fenômeno da evaporação, também é um fator considerado neste cenário, pois age praticamente durante todo o ano na região do semiárido nordestino. Isso somado com o baixíssimo índice pluviométrico, leva a uma escassez hídrica por quase toda a região. Muitos dos açudes/barragens que existem reservam água, mas por processos naturais e/ou antrópicos, as mesmas vão se tornando salobras e impróprias para o consumo. As causas do processo de salinização que acometem alguns açudes do Nordeste, podem ser oriundas do próprio solo da região, da ação humana ou mesmo de eventos climáticos. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo detectar quais os principais fatores que levam ao processo de salinização das águas da barragem de São José do Jacuípe, localizada na região semiárida do nordeste baiano. Isso foi feito através da realização de revisão bibliográfica, entrevistas não-estruturadas, coletas e análises das águas da barragem de São José do Jacuípe e de outras barragens próximas. O resultado das análises dessas coletas, mostrou a diferença de concentração de sal diluído em cada uma das barragens e a importância da profundidade e extensão da barragem de São José no processo de salinização das águas.

Palavras-chave: Evaporação. Renovação das águas. Salinidade.

ABSTRACT

The region of northeastern Brazil has always been related to drought events and lack of water. Some places (states and municipalities) near the coast benefit from a greater contribution of rainfall throughout the year, however, very remote areas of the coast, beyond the fact that they are punished with the lack of rain, still suffer from low quality existing water for human consumption. There are tanks with sufficient volume to meet the water demand in the semi-arid region, because most of the region is located on a crystalline basement, which is very close to the surface. Thus the types of soils are very shallow, limiting the infiltration of rain water that could feed the underground aquifers. A few reservoirs have considerable water capacity, coming close to its maximum capacity at certain times of the year due to the contribution of concentrated rainfall. However, the mere existence of water does not mean that it meets the standards of potability about to be distributed to the people who need it. The phenomenon of evaporation, is also a factor considered in this scenario, because it acts almost throughout the year in the northeastern semi-arid region. This coupled with the very low rainfall, leads to water scarcity for almost the entire region. Many of the dams / barrages that there are reserve water, but by natural and / or anthropogenic processes are becoming brackish and unfit for consumption. The causes of salinization process that affect some dams in the Northeast, can be derived from the very soil of the region, of human action or even weather events. In this context, this work aims to detect the main factors that lead to the salinization process water dam of São José do Jacuípe, located in the semiarid region of Bahia northeast. This will be done by conducting a literature review, non-structured interviews, collection and analysis of waters of the dam of São José do Jacuípe and other nearby dams. The results of the analysis of these samples clearly showed the difference in concentration of diluted salt in each of the dams and the importance of the depth and extension of the São José do Jacuípe dam in the process of salinization of the waters.

Key Words: Evaporation. Renewal of water. Salinity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 Municípios da Bacia Hidrográfica do rio Jacuípe.....	33
FIGURA 02 Localização da bacia hidrográfica do rio Jacuípe.....	34
FIGURA 03 Flutuante instalado no rio Jacuípe.....	35
FIGURA 04 Dias sem precipitação no nordeste da Bahia.....	36
FIGURA 05 Balanço de água no solo no município de São José.....	37
FIGURA 06 Cultivo de Palmas.....	38
FIGURA 07 Classificação dos solos da Bacia do Rio Jacuípe.....	39
FIGURA 08 Evolução dos Cloretos da Barragem de São José.....	47

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01- Municípios atendidos com abastecimento de água e esgotamento sanitário no estado da Bahia.....	15
QUADRO 02 - Comparação entre as barragens.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
BHN	Banco Nacional da Habitação
CERB	Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
CONOMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INGÁ	Instituto de Gestão das Águas e Clima –
ORSTOM	<i>Office de la recherche scientifique et technique outre-mer</i>
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PMSS	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
RPGA	Região de Planejamento e Gestão das Águas
SIHS	Secretaria de Infraestrutura Hídrica e Saneamento da Bahia
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização do Problema	12
1.2 Justificativa	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Geral.....	14
1.3.2 Específicos.....	14
2 CONTRIBUIÇÕES DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO BÁSICO: trazendo o saneamento básico para o cenário brasileiro	15
3 BARRAGEM: fatores que contribuem para o processo de salinização	19
3.1 Não renovação das águas da Barragem	20
3.2 Influência dos solos na salinização	21
3.3 Evaporação	24
4 PERCURSO METODOLÓGICO DO ESTUDO	28
4.1 Apresentando os recursos metodológicos	28
4.2 Características da Área Estudada	30
4.3 Sujeitos da pesquisa	41
4.4 Instrumentos utilizados	41
4.5 Análise e interpretação dos dados	42
5 ACHADOS DA PESQUISA: RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	50
ANEXO A – Relatório de Análise das Águas da Barragem de São José do Jacuipe	54
ANEXO B – Relatório de Análise das Águas da Barragem do França	55
ANEXO C – Relatório de Análise das Águas da Barragem de Pedras Altas	56
ANEXO D – Relatório de Análise das Águas da Barragem de Ponto Novo	57

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção serão apresentadas as justificativas e inquietações que levaram ao estudo aqui proposto, bem como a contextualização da questão e o objetivo a ser alcançado na pesquisa durante todo o seu processo.

1.2 Contextualização do Problema

A bacia hidrográfica do rio Jacuípe possui uma área de mais de 12.000 km² e abrange quase 30 municípios do estado da Bahia. A barragem de São José do Jacuípe fornece água para mais de 100 localidades na região do semiárido baiano. Porém, a qualidade de sua água está comprometida, pois ocorre um processo de salinização no seu lago, o que gera rejeição da água por parte das populações.

De acordo com informações disponibilizadas pela Secretaria de Infraestrutura Hídrica e Saneamento da Bahia (SIHS)¹, apesar de seu grande potencial para armazenar água, cerca de 350 milhões de metros cúbicos, e um enorme potencial para abastecimento das populações locais, o teor de sal diluído é muito grande, principalmente nas épocas do ano em que o volume de chuvas é escasso (SIHS, 2016).

Com a falta de chuvas na região a concentração de sal nas águas da barragem se torna mais evidente, tornando-a cada vez mais imprópria para o consumo humano. Diante desse cenário, levanta-se a seguinte questão problema de estudo: o que tem ocasionado a salinização da água da Barragem de São José do Jacuípe/Bahia?

¹ <http://www.sih.ba.gov.br/>

1.2 Justificativa

A escassez de água é um problema que afeta milhões de brasileiros. As consequências da falta de acesso à água, por parte da população, podem gerar problemas de ordem social, econômica, política, dentre outros. E criar condições de acesso para este bem natural é uma das responsabilidades do poder público.

Dentre as regiões acometidas pela falta de água, sobressaem-se as zonas semiáridas, caracterizadas pela baixa umidade e insuficiente volume pluviométrico. E é neste cenário que está situada a Barragem de São José do Jacuípe, objeto desse estudo, localizada na região do seminário baiano. A barragem possui água acumulada, porém devido ao alto teor de sal diluído, ela está imprópria para o consumo, o que leva o poder público a tomar medidas, como por exemplo, criação de obras de abastecimento para a região, utilizando água de barragens próximas, gastando verbas que poderiam ser aplicadas em outras finalidades.

Espera-se, no final deste trabalho, que se possa chegar aos motivos mais prováveis do processo de salinização da água da barragem de São José do Jacuípe, para que possíveis soluções possam ser tomadas afim de minimizar o problema do acesso a água de qualidade por parte das populações da região do semiárido.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral:

Determinar as prováveis causas da salinização da água da barragem de São José do Jacuípe/Bahia.

1.3.2 Específicos:

- Comparar o teor de sal diluído da barragem de São José com outras barragens próximas;
- Analisar o índice pluviométrico da região;
- Analisar o tipo de solo e rocha predominante na base da bacia;
- Analisar o Impacto da construção da barragem no processo de salinização.

2 CONTRIBUIÇÕES DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO BÁSICO: trazendo o saneamento básico para o cenário brasileiro

A criação de políticas públicas voltadas ao fornecimento de água potável para a população pertencente às regiões semiáridas do estado baiano, tem sido ponto de discussão que não sai da pauta dos governos e sociedade civil organizada.

Apesar de o Brasil ser um país abundante em água, esse recurso, em condições ideais para o abastecimento humano, tem sido raro em muitas regiões do Nordeste do país. Vale destacar que, os outros serviços de saneamento básico, a exemplo de: tratamento do esgoto e recolhimento de resíduos sólidos também não são alcançados por boa parte da população, como sinaliza o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2015).

A Bahia possui ao todo 417 municípios, segundo dados do SNIS (2015) conforme apresentado a seguir no quadro 01, 396 destes são atendidos com abastecimento de água e apenas 135 são atendidos com o serviço de esgotamento sanitário.

QUADRO 01 Municípios atendidos com abastecimento de água e esgotamento sanitário no estado da Bahia.

ESTADO	Quant. de municípios atendidos com abastecimento de água	Quant. de municípios atendidos com esgotamento sanitário
PRESTADORES DE SERVIÇO DA REGIÃO NORTE		
Acre (AC)	22	5
Amapá (AP)	16	6
Amazonas (AM)	32	4
Pará (PA)	86	11
Rondonia (RO)	47	5
Roraima (RR)	15	4
Tocantins (TO)	135	20
Total	353	55
PRESTADORES DE SERVIÇO DA REGIÃO NORDESTE		
Alagoas (AL)	88	21
Bahia (BA)	396	135
Ceará (CE)	175	98
Maranhão (MA)	166	13
Paraíba (PB)	196	63
Pernambuco (PE)	183	54
Piauí (PI)	179	11
Rio Grande do Norte (RN)	159	52
Sergipe (SE)	75	11
Total	1617	458

Fonte: Alterado de SNIS (2016).

O abastecimento de água e esgotamento sanitário há algum tempo tem sido motivo de preocupação no Brasil. Nesse sentido, Dantas *et al.* (2012, p. 273) afirmam que “a conservação dos recursos naturais vem sendo um dos temas mais discutidos na primeira década do século XXI, tendo em vista a qualidade do meio ambiente e a qualidade de vida que a mesma pode trazer”.

Vale ressaltar que, preocupação e ações no que diz respeito a essas questões, começaram a tornar-se notória, ainda que de forma tímida e pontual, a partir da década de 50 do século passado, como aponta Leoneti et al (2011, p.332) em seus estudos, quando diz que “desde a década de 1950 até o final do século passado, o investimento em saneamento básico no Brasil ocorreu pontualmente em alguns períodos específicos, com um destaque para as décadas de 1970 e 1980”, o que trouxe como resultado positivo para a população brasileira, o entendimento de que investimentos nesta área contribuiriam para a redução da mortalidade.

É neste contexto que em 1968 é instituído pelo Banco Nacional da Habitação (BHN) o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), executado em 1971, com o objetivo de “melhorar o cenário do saneamento básico e atingir a meta de atendimento de 90% em abastecimento de água e de 60% de esgotamento sanitário” (OLIVEIRA, 2013). Essa iniciativa possibilitou o setor de saneamento do país a começar a se estruturar, já que existia um déficit grande no abastecimento de água e esgotamento sanitário, com isso foi dado um grande impulso nas políticas de saneamento básico no Brasil.

No entanto, com a recessão econômica ocorrida na década de 80, ocorreu a redução dos investimentos no setor de saneamento básico, o que motivou o fim do PLANASA em 1992 (OLIVEIRA, 2004). É importante destacar que entre 1970 a 1995 houve um aumento no atendimento do abastecimento de água e tratamento do esgoto sanitário, a saber: “água potável de 60% dos domicílios urbanos para 91% e coleta de esgoto sanitário de 20% para 49%” (OLIVEIRA, 2004, p. 13)

Conforme Hohmann (2012, p. 215) “a forma pela qual o setor de saneamento está hoje estruturado em território nacional carrega, sem dúvida, uma marcante herança do PLANASA”. A partir dessa afirmação da autora, depreende-se que este plano foi a mola mestra do saneamento básico no Brasil.

Após o fim do PLANASA, outras medidas objetivando a melhoria do saneamento básico foram tomadas, por parte do poder público, como por exemplo, a criação do Pró-Saneamento, em 1995, e a estruturação do Programa de

Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), em 1994. Esse último resultou na aprovação do Projeto de Lei n.º 4147/2001, que instituiu diretrizes nacionais para o saneamento básico (OLIVEIRA, 2004).

Em 2007, após entendimento por parte do poder público de que existia a carência de uma base legal que legislasse e regulamentasse o assunto, é criada a Lei Federal 11445 de 5 de janeiro de 2007, estabelecendo assim, diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Vale ressaltar, que esta lei é considerada o marco regulatório do saneamento básico no Brasil. A lei em questão define saneamento básico como sendo um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- Abastecimento de água potável;
- Esgotamento sanitário;
- Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;
- Drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas (BRASIL, 2007).

Assim, entende-se saneamento básico neste estudo, como um conjunto de procedimentos adotados em determinada região com o intuito de proporcionar condições mínimas de saúde e higiene para os habitantes. Está densamente relacionado às condições de saúde da população. A ausência de investimento no setor provoca impactos que são sentidos no dia a dia dos municípios menos favorecidos pelo poder público, fazendo com que as pessoas se preocupem com doenças como a dengue, a hepatite e a leptospirose, que estão ligadas a má qualidade da água e com a falta de tratamento de esgoto.

Embora a Lei Federal 11445/2007 tenha representado um avanço no tocante ao saneamento básico, o Brasil ainda enfrenta desafios quanto à distribuição e escassez de água, principalmente, nas zonas semiáridas da região Nordeste, decorrente das condições físico-climáticas. Esse fato é comprovado por meio do estudo realizado pela Agência Nacional de Água (ANA), quando diz que:

Apesar de o Brasil possuir 13% da água doce disponível do planeta, a distribuição é desigual, pois cerca de 80% estão concentrados na Região Hidrográfica Amazônica, onde está o menor contingente populacional, pouco mais de 5% da população brasileira, e a menor demanda, enquanto na Região Hidrográfica do Atlântico Leste, onde se localizam quase 8% da população e as capitais Aracaju e Salvador, por exemplo, estão menos de 0,4% das águas dos rios (ANA, 2013).

A partir da informação fornecida pela ANA, podemos perceber que, o simples fato da existência de um grande volume de água, não significa garantia de abastecimento, uma vez que isso depende da qualidade deste bem universal, que pode ser prejudicada por vários fatores, como poluição e sais dissolvidos fora dos padrões estabelecidos, como é o caso de muitas barragens da região nordeste da Bahia.

Nesse cenário está inserida a Bacia Hidrográfica de São José do Jacuípe, objeto de estudo dessa pesquisa, que está com suas águas impróprias para o consumo humano e animal, devido ao alto índice de salinização.

3 BARRAGEM: fatores que contribuem para o processo de salinização

A falta de chuva em algumas regiões do Brasil, principalmente nas zonas semiáridas da região Nordeste, somados com outros fatores, ocasionam a escassez de água. Diante deste cenário surgem as construções de barragens, entendidas como:

Obstáculos artificiais com a capacidade de reter água, qualquer outro líquido, rejeitos, detritos, para fins de armazenamento ou controle, podem variar em tamanho desde pequenos maciços de terra, usados frequentemente em fazendas, a enormes estruturas de concreto ou de aterro, geralmente usadas para fornecimento de água, de energia hidrelétrica, para controle de cheias e para irrigação, além de diversas outras finalidades (CBDB)²

Embora o uso das barragens seja diversificado, é mais comumente utilizada como reservatórios de águas, destinadas ao abastecimento residencial, agrícola, industrial ou como fonte de geração de energia elétrica. A captura das águas ocorre por meio de chuvas ou transposição de rios. Ainda de acordo com o Comitê Brasileiro de Barragens (CERB)³:

As barragens têm um papel fundamental nas ações de amenização dos efeitos da seca e melhoria da qualidade de vida do homem do campo. São responsáveis pelo armazenamento da água e perenização dos rios com a finalidade de abastecimento humano e animal nos períodos de seca. Proporcionam também a irrigação das terras e a piscicultura possibilitando o aumento da renda da população local.

Sem a construção de barragens em alguns municípios brasileiros, o abastecimento de água potável para a população, bem como para criação de animais, irrigação das plantações e produção de alimentos seria inviável, o que tornaria a moradia nestes lugares insustentável, e principalmente, nos municípios mais afetados pela já conhecida “cultura da seca”. Assim sendo, a construção de um reservatório de acumulação de água serve também para compensar as deficiências hídricas, pois nos períodos de estiagem, ele acumula parte das águas nos poucos períodos chuvosos da região.

² <http://www.cbdb.org.br/5-38/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20das%20Barragens>

³ <http://www.cerb.ba.gov.br/atividades/barragens-constru%C3%A7%C3%A3o-opera%C3%A7%C3%A3o-e-manuten%C3%A7%C3%A3o>

3.1 Não renovação das águas da Barragem

Uma das substâncias que podem se acumular em uma barragem são os sais, que ao longo do tempo vão se concentrando nas águas e não são eliminados por organismos vivos, a exemplo de plantas, bactérias ou outro tipo de ser vivo. Por esse motivo é necessário que suas águas sejam renovadas para que o teor de sais dissolvidos possa diminuir.

Salinidade, por definição, seria concentração total dos íons dissolvidos numa determinada porção de água, e essa concentração tem um limite máximo de 250 mg/L, que é determinado pela Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (CONAMA, 2005).

Para melhor entendimento do leitor, de maneira análoga, enchendo um recipiente de água uma única vez e adicionando sal nele todos os dias e deixando exposto ao sol, a concentração de sal neste recipiente estará cada vez maior, pois a evaporação deixará menos água e cada vez mais sal. A única maneira de resolver o problema do excesso de sais dissolvidos neste recipiente é trocando suas águas de tempos em tempos.

Ainda situando o leitor sobre a incidência de salinização em barragens, explicando de uma maneira bem simples, assim como reservatórios de água residenciais necessitam de uma limpeza periódica para eliminar todo tipo de resíduos acumulados, as águas de uma barragem precisam também passar por um processo de limpeza, a fim de se eliminar alguma substância indesejável que se acumulou ao longo do tempo.

O mesmo acontece nas águas de uma barragem que passam por processo de salinização. Quando suas águas não são periodicamente trocadas, seja pela ação humana, abrindo as comportas da barragem, ou pela ação da natureza, levando chuva de maneira que o volume adquirido possa proporcionar “sangramentos” na barragem, a tendência é que o teor de sal diluído venha a aumentar. Como aponta Amorim (1999, p.3825) “o alto teor de sal diluído nas águas da barragem, seja oriundo do solo, ou através de condições climáticas ou pela ação do homem, seria diminuído se houvesse de fato uma renovação das águas.”

Para Molle (1994), os fatores mais preponderantes que influenciam, o processo de salinização das águas de um reservatório são:

- A natureza da bacia hidrográfica, levando em consideração seu relevo e solo.
- O dimensionamento da barragem - Para Molle (1994), quanto maior a barragem, maior será o tamanho do lago gerado e maior a taxa de água evaporada, portanto maior a quantidade de sais dissolvidos.
- A profundidade do lago formado pela barragem, pois determina a importância relativa da lâmina evaporada com relação ao volume armazenado.
- A utilização da barragem, para abastecimento e irrigação, pois ao se retirar cada vez mais água da barragem independente para qual seja o fim, também se retira os sais nela contido.

Molle (1994) está certo nesses pontos, porém, esqueceu de mencionar o baixo índice pluviométrico, uma vez que se houvesse abundância de chuvas, as águas da barragem poderiam transbordar havendo dessa maneira uma substituição das águas que estavam por um grande período armazenadas.

3.2 Influência dos solos na salinização

Uma das causas do processo de salinização de açudes é a influência direta dos tipos de solos predominantes na região.

De modo geral os solos são oriundos de rochas preexistentes. Existem rochas com composição mineralógica variada, essas rochas com o passar do tempo, sofrem com a ação do intemperismo, o solo gerado também terá parte da composição da rocha mãe. A hidrólise - processo químico em que ocorre a quebra de uma molécula por água, por exemplo, é um tipo de intemperismo químico que leva a destruição dos silicatos, que são os compostos químicos mais importantes da litosfera. Em resumo, os minerais na presença dos íons H^+ liberados pela água são atacados, reagindo com os mesmos. O H^+ penetra nas estruturas cristalinas dos minerais desalojando os seus íons originais (Ca^{++} , K^+ , Na^+ , etc.) causando um desequilíbrio na estrutura cristalina do mineral e levando-o a destruição. Esses íons se incorporam ao solo e a depender de sua concentração pode se tornar prejudicial.

Ao abordar a origem dos sais nos solos em regiões semiáridas, Munn (2004 *apud* OLIVEIRA, 2005) sugere que esta também pode ser explicada por meio de

fatores climáticos, uma vez que os ventos agem no transporte dos aerossóis marinhos - partículas sólidas envoltas num meio aquoso ou gasoso, depositando-os posteriormente no solo, que posteriormente são lixiviados carregando esses sais para os corpos d'água concentrando-os ao longo do tempo.

Sobre a origem dos sais na região do semiárido nordestino, Suassuna (1996) afirma que esta “pode ser oriunda de intemperismo de minerais primários existentes no substrato rochoso e no solo, aerossóis marinhos e ações antrópicas”.

Um fenômeno característico de regiões semiáridas é a inversão sazonal da infiltração, ela ocorre quando uma parte da água subterrânea tem movimento vertical ascendente por capilaridade, para alimentar a evaporação na superfície do solo.

Pedrotti *et al.* (2015) afirmam que os solos de regiões com clima semiárido, liberam cátions do tipo Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} . Em períodos muito secos, através da inversão sazonal, esses cátions afloram à superfície e chegam a formar uma crosta de sais cristalizados que serão posteriormente levados pela chuva e lançados no rio.

Vale ressaltar que, os tipos de solos que fazem parte de uma bacia hidrográfica devem ser levados em consideração devido a sua capacidade de transferir sais para o interior da bacia.

Segundo Suassuna (2002), trabalhos realizados pelo Instituto Francês de Pesquisa Científica para o Desenvolvimento ou *Office de la recherche scientifique et technique outre-mer* (ORSTOM), entidade de pesquisa francesa, em cooperação técnica com o governo brasileiro, demonstraram que, conforme o tipo de solo da bacia, a barragem terá maior ou menor possibilidade de se salinizar. Bacias hidrográficas que possuem solos do tipo Planossolo, por exemplo, têm maior capacidade de salinizar os açudes.

Nesse tipo de solo, as águas oriundas do escoamento superficial se mineralizam com facilidade e inevitavelmente são carregadas para o interior das barragens, salinizando-as.

Os sais que são liberados durante o processo de intemperização dos diversos tipos de rochas, a depender da topografia da região, podem, e provavelmente irão ser carregados para locais mais a jusante da bacia, mediante percolação, escoamento superficial, subsuperficial, a depender do fluxo da água.

Desde muito tempo que alguns estudos vêm mostrando que os solos possuem grandes influência no processo de salinização de águas, como podemos constatar nas pesquisas de Leprun (1988), que há quase três décadas fez um

estudo na região semiárida do nordeste brasileiro intitulado: “Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste brasileiro” e comprovou que os solos exercem influência na composição química de águas superficiais. Para chegar a tal constatação o autor analisou as composições físico-químicas de águas coletadas em um mesmo período de alguns riachos que possuíam escoamento intermitente, variando em algumas épocas do ano, semelhante aos riachos de contribuição da bacia de São José do Jacuípe, e foi verificado que a contribuição salina de águas em riachos variava a depender do tipo de solo, e que os planossolos eram os que mais contribuíam para este processo.

Outros autores também estudaram a influência do solo no processo de salinização, a saber, Molinier *et al.* (1989), que trabalhando com solos Bruno não Cálcico, verificou que a água, após infiltrar determinadas profundidades, teve sua concentração salina alterada.

Numa bacia hidrográfica é comum que haja acúmulo de sais nos locais de menor altitude, visto que esses locais, devido à topografia, recebem uma maior contribuição dos escoamentos, sejam eles superficiais, subsuperficial e subterrâneo.

A origem dos solos salinos é um fenômeno mais comum para regiões de clima semiárido. Regiões com altos índices de evaporação e pouca precipitação, associadas às características do material de origem e às condições geomorfológicas e hidrológicas, são ambientes propícios para a formação de solos com teores elevados de sais solúveis (GOMES *et al.*, 2000).

Complementando as informações trazidas pelos autores citados anteriormente, Suassuna (1996) afirma que os processos que levam à salinização dos solos têm seus efeitos aumentados na região do semiárido nordestino, devido à pouca ou média profundidade dos solos e sua baixa permeabilidade.

A região semiárida se caracteriza por chuvas que podem ocorrer em um único dia até 60% da chuva total prevista para o ano inteiro, dessa maneira o fenômeno da lixiviação atinge a superfície e subsuperfície do solo. Essas características das chuvas que ocorrem no semiárido lhe atribuem papel múltiplo no processo da salinização, agindo como transportador-concentrador à medida que lixivia o solo e transporta em um único evento os sais que se encontravam na superfície e subsuperfície da bacia de contribuição para o reservatório mais próximo, agindo como diluidor quando aumenta o volume dos corpos d'água.

Os solos podem ainda passar por um processo de salinização através da ação humana, como exemplo, temos a irrigação. Se a água utilizada no processo de irrigação for muito rica em sais e a drenagem do sistema irrigado for ineficiente este conjunto (água com sais + ineficiência na drenagem) poderá contribuir para a salinização do solo, uma vez que a água não drenada ficaria concentrada em certos pontos do solo (PEDROTI, 2015).

3.3 Evaporação

Com os crescentes problemas relacionados ao abastecimento de água potável no planeta, inúmeros estudos têm surgido apontando causas e soluções. Dentre esses estudos, se destaca o entendimento do fenômeno da evaporação.

Em termos gerais, evaporação nada mais é do que o processo de transferência de água para a atmosfera, transformando-se do estado líquido para o de vapor. Ela é influenciada principalmente, pela temperatura da superfície evaporante, pela temperatura e umidade do ar e pela intensidade e direção dos ventos.

A região do semiárido do nordeste brasileiro se caracteriza por um cenário muito crítico quando se faz menção à questão hídrica, devido ao volume evaporado, muitas vezes, superar o volume precipitado.

Embora a disponibilidade de água no território brasileiro seja abundante, ela está distribuída de maneira irregular. Basta verificar os dados do balanço hídrico da bacia amazônica, que possui escoamentos superficiais na ordem de 34,2 l/s/km², enquanto que na região semiárida esse escoamento é da ordem de 2,81 l/s/km² (MMA, 2000).

Fica desse modo, bastante claro, a diversidade hidrológica do Brasil, e a região semiárida se destaca como o cenário mais crítico no que diz respeito à falta de água, precisando então de ajuda para que uma gestão eficiente seja realizada para a racionalização do uso de suas águas.

Diante dessas informações se nota o quão é importante estudar os aspectos que induzem as perdas de água nos açudes e barragens do Nordeste, a fim de amenizar a situação. Estudos realizados no semiárido estimam que cerca de 40% das águas acumuladas em reservatórios se perdem com a evaporação

(SUASSUNA, 2002), é muito claro então que o fenômeno da evaporação no semiárido tem importância no dimensionamento e manejo de obras hídricas, e deve ser cuidadosamente trabalhado.

Esse cuidado está previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos instituída pela Lei 9.433/97, ela exige que os Planos de Recursos Hídricos contemplem o balanço entre as demandas e as disponibilidades de água. A Lei nº 6.855 de maio de 1955 do Estado da Bahia reforça as exigências da Lei 9.433/97, quanto ao cuidado da disponibilidade de água.

Dessa maneira para tentar garantir que a demanda de água seja atendida durante a temporada de seca, a qual se perdura por quase todo o ano na região, são construídos reservatórios afim de reservar água abastecimento das populações locais. A região do semiárido possui aproximadamente 70 mil açudes de pequeno porte, os quais, segundo Suassuna (2002), são caracterizados por volumes entre 10.000 e 200.000 m³ e representam 80% dos corpos d'água nos estados do Nordeste.

Os elevados valores de evaporação, incidindo sobre as superfícies livres de água, geram uma diminuição na disponibilidade hídrica de uma região e como o fato da existência de açudes e barragens serem muito comuns no semiárido, o entendimento do fenômeno da evaporação é extremamente importante para determinar se ao longo do tempo o fenômeno da salinização irá agir sobre eles.

O fenômeno da evaporação tem uma grande importância no processo de salinização como agente facilitador, pois contribui para a extração dos sais que são encontrados no solo pelo processo da exsudação e como concentrador ao passo que retira apenas a água dos reservatórios aumentando a concentração dos sais (SUASSUNA, 1996).

No Brasil, há o histórico de acreditar que a solução para os problemas da falta d'água no Nordeste está na construção de muitos açudes e barragens, contudo o simples fato de construir esses reservatórios não significa a solução dos problemas. O que pode ocorrer é esconder o problema, pois ao longo do tempo as águas armazenadas podem se tornar impróprias para o consumo humano, caso os açudes tenham sido construídos de maneira incorreta.

O Projeto Áridas – projeto fruto do esforço colaborativo entre os Governos Federal, Estaduais e de Entidades Não-Governamentais, comprometidas com os objetivos do desenvolvimento sustentável no Nordeste, com início em 1995 e

realizado pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), afirma que muitos açudes/barragens do país foram construídos sem planejamento e critérios de dimensionamentos adequados, gerando o não sangramento de inúmeros desses aproveitamentos e, conseqüente, problema com a qualidade da água que não se renova, apenas evapora (IICA, 2002).

Inclusive, alguns desses açudes já apresentam restrições relativas à qualidade da água, principalmente, quanto à salinização, o que gera prejuízo às culturas e para os terrenos a jusante, além de comprometer o consumo humano.

Segundo Suassuna, 2002, 1/3 dos açudes construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) estão com problemas de sais em seus perímetros irrigados, a situação se complica ainda mais com o fenômeno da evaporação, que provoca perdas significativas nessa qualidade e quantidade. Do litoral da Bahia ao Recife, a evaporação varia de 1000 mm/ano, atingindo 2000 mm/ano no interior, sendo que na área de Petrolina (Pernambuco) chega a 3000 mm/ano (IICA, 2002). Esses dados estão confirmados por Molle (1989) em pesquisa realizada com base em dados de 11 postos distribuídos no semiárido e séries variando entre 8 a 25 anos, nas quais se observou que a evaporação medida em tanque classe A ao longo do ano se aproxima de 3 metros, variando entre 2.700 a 3.300 mm, sendo que os valores mais elevados ocorrem nos meses de outubro a dezembro, e mínimos de abril a junho.

Para melhor entendimento do leitor segue aqui uma breve explanação sobre o conceito de tanque classe A, que é um recipiente cilíndrico em ferro galvanizado, de superfície 1.5 m² e profundidade 25,5cm e deve ser colocado a 15 cm acima do solo. Esse tanque apresenta a inconveniência de ser inteiramente exposto ao vento e, desse modo, ser mais sensível às variações de temperatura. Armazenando calor durante o dia, ele produz uma evaporação noturna. Uma medição com esse tanque deve ser acompanhada da descrição da área circunvizinha que passa a ter grande influência (MOLLE, 1989).

Audry (1995) afirma que reservatórios maiores com grandes volumes de água possuem uma pequena amplitude de variação sazonal de salinidade. Diferente do que acontece com reservatórios menores, que possuem uma inércia reduzida, e variação sazonal com maiores amplitudes.

Nesse sentido, o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser realizado concomitante com os aspectos quantitativos e qualitativos, para que se possa

permitir uma visão mais ampla, conduzindo a soluções mais adequadas. Isso é muito comum na cultura do semiárido, pois se considera o vertimento como perda de água, mas não compreende que o seu acúmulo não significa garantia de abastecimento.

4 PERCURSO METODOLÓGICO DO ESTUDO

Este capítulo tem como objetivo apresentar o percurso metodológico adotado neste estudo, a fim de atingir o objetivo proposto: determinar a provável causa da salinização da água da barragem de São José do Jacuípe/Bahia.

4.1 Apresentação dos recursos metodológicos

As coletas das águas das barragens foram feitas baseando-se no Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras da Agência Nacional das Águas. O guia estabelece padrões de coleta, armazenamento e transporte de diversos tipos de água para determinadas finalidades, a saber: Água bruta, água tratada, águas de efluentes líquidos e corpos receptores, águas de efluentes industriais, dentre outros. No caso da pesquisa, trata-se de água bruta, que é aquela que não recebeu nenhum tipo de beneficiamento, é a água tal qual como é encontrada na natureza.

A coleta e preservação de amostras infelizmente ainda são consideradas como atividades simples, que não exigem qualquer critério ou conhecimento científico. Essa percepção é completamente falha, porque uma amostra, por definição, representa o próprio ambiente estudado e, assim, a sua coleta exige profundo conhecimento técnico e científico, o que significa contar com recursos humanos altamente treinados e capacitados para desenvolverem as atividades em campo (GUIA NACIONAL DE COLETAS E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS, 2011).

Para a coleta de água bruta, é interessante que ela seja mais homogênea possível. Porém vale ressaltar que todo corpo de água é heterogêneo seja qual for o local da amostragem. As coletas foram realizadas distantes das margens dos rios e de pontos de lançamento de despejos e efluentes, pois a qualidade em tais pontos não são representativas de todo corpo d'água.

A técnica adotada para as coletas das amostras depende da matriz a ser amostrada (água superficial, em profundidade, subterrânea, tratada, residuária, biota aquática entre outras). Em relação à pesquisa, as coletas segundo o guia se

enquadram em águas superficiais e portanto, foram coletadas numa profundidade máxima de 30cm da lâmina d'água.

Foram tomados alguns cuidados na preservação das amostras até a chegada ao laboratório. As garrafas utilizadas para as coletas foram garrafas do tipo PET de água mineral, previamente esvaziadas e completamente secas.

As garrafas contendo as amostras foram devidamente identificadas com data, local, hora da coleta e armazenadas numa caixa de isopor, de maneira que não ficassem expostas ao sol. As caixas de isopor ainda receberam um pouco de gelo para permitir uma melhor preservação das amostras, conforme orienta o guia. Como o ensaio era apenas físico-químico não foi necessário o uso de nenhum reagente para preservação das amostras. Foram coletadas amostras contendo 1,5 litro de água das barragens de São José do Jacuípe, França, Ponto Novo e Pedras Altas, o guia de coletas estabelece um mínimo de 500mL.

Todas as coletas foram feitas no mesmo dia e enviadas para o laboratório localizado na cidade de Senhor do Bonfim, pois era o laboratório mais próximo do último ponto de coleta. Os resultados foram entregues em 48 horas após o envio.

Conforme já mencionado, as barragens de São José e França ficam na mesma bacia hidrográfica, já as barragens de Ponto Novo e Pedras Altas ficam em outra bacia hidrográfica. O motivo da escolha da barragem do França se deu por esta estar localizada na mesma bacia hidrográfica de São José e não apresentar problema de Salinização. As outras duas barragens (Ponto Novo e Pedras Altas) ficam numa bacia hidrográfica vizinha e também não apresentam nenhum problema de salinização, mesmo ficando pouco distante de São José. A barragem do França fica pouco mais de 36km distante da barragem de São José.

O índice pluviométrico da região de estudo, foi verificado por meio de revisões bibliográficas e informações de órgãos governamentais.

O tipo de solo e rocha predominante na área da barragem de São José foi também verificado através de revisões bibliográficas, e a partir de informações do Plano Estadual e Recursos Hídricos do Estado da Bahia. O plano em questão

informa detalhadamente a predominância dos diversos tipos de solo e rocha existentes na região do semiárido da Bahia.

4.2 Características da Área Estudada

São José do Jacuípe é um município baiano, localizado a 286 km da capital, com população estimada em 10.735 pessoas. Comporta uma barragem que leva o nome do município. Está situado entre os municípios de Capim Grosso e Mairi, na região do semiárido. A economia predominante gira em torno da agricultura, pecuária de subsistência, com tímida imersão na atividade industrial e comercial. Há destaque para o cultivo do sisal, já que outro tipo de cultura é inviável, devido às características climáticas da região. O sisal, inclusive, é uma atividade importante para a movimentação da economia local (IBGE, 2016). Vale destacar que lavouras de palma também predominam no município, utilizadas como fonte de alimentação para os rebanhos.

De acordo com dados da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia – CERB, o rio Jacuípe foi barrado, aproximadamente à 800 metros do município de São José do Jacuípe. A barragem é uma obra de enrocamento, com núcleo argiloso, possuindo os seus extravasores escavados em rocha, na cota 386 m, de onde saem duas tubulações de ferro fundido de 100mm, uma para a Adutora do Sisal, e a outra para regularização da vazão do rio, na região a jusante da Barragem. Possui altura de 41 metros, extensão de 1500m, volume de armazenamento de $357 \times 10^6 \text{m}^3$, uma área de inundação da ordem de $39,3 \times 10^6 \text{m}^2$ e prevista uma vazão regularizada de $220 \text{m}^3/\text{s}$ (CERB, 2016).

O lago gerado pela construção da barragem de São José do Jacuípe foi utilizado para usos múltiplos como abastecimento de água, irrigação, recreação, pesca, dessedentação de animais, dentre outros. Quando da sua construção, representou uma série de benefícios para as populações carentes de água, situadas à jusante da barragem, como também para todos que habitavam e possuíam atividades próximas ao lago.

Uma de suas principais finalidades foi a regularização de vazão. A técnica de regularização de vazão se faz necessária quando surgem situações de déficit hídrico

natural, quando a vazão do curso d'água é inferior à necessária para o atendimento de determinados usos, ou quando o excesso de vazão produz enchentes e inundações. Desse modo, as águas da barragem de São José do Jacuípe seriam distribuídas através de um sistema que atingiria uma área considerável do semiárido baiano, fornecendo água de boa qualidade.

Contudo, com o passar dos anos, as águas da barragem aos poucos estavam se tornando cada vez mais impróprias para o consumo humano. O teor de sal dissolvido nas águas da barragem vinha sempre aumentando, ao ponto da concentração de cloretos chega aos 700mg/L, quando o limite máximo aceito pelo ministério da saúde é de 250 mg/L (EMBASA, 2007).

Fontes (2008), em sua tese de doutorado descreve a influência da evaporação no processo de salinização das águas da barragem de São José. Já Amorim (1999), no seu artigo apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, descreve como a não renovação das águas da barragem, pode contribuir para este processo.

Para melhor entendimento do leitor, serão apresentadas as características físicas da bacia hidrográfica do rio Jacuípe e também as características das barragens do França, de Ponto Novo e de Pedras Altas, onde são discutidos aspectos como localização geográfica, clima, geologia, e tipos de solos mais comuns. Ressalta-se que, embora estas barragens não sejam objeto desse estudo e nem não apresentem problema de salinização como a barragem de São José do Jacuípe, as mesmas serão utilizadas como fonte de comparação com a barragem objeto do estudo. Entre elas, a barragem do França fica na mesma bacia hidrográfica da barragem de São José. As outras duas barragens fazem parte da bacia hidrográfica do rio Itapicuru. Essas duas bacias hidrográficas são vizinhas, não existe outra bacia entre elas, e não existem casos de salinização das águas das barragens que se encontram na bacia hidrográfica do rio Itapicuru.

A bacia hidrográfica do rio Jacuípe se estende por uma área de drenagem de 12.163 km², englobando quase 30 municípios (ver Figura 01). Entre todos os rios existentes dentro da bacia, o principal é o Jacuípe que é o maior contribuinte do rio Paraguaçu, com escoamento no sentido geral oeste-leste (IBGE, 2016).

Essa bacia é importante para o estado da Bahia, embora existam dificuldades no uso correto dos seus recursos hídricos, devido, principalmente, a 4 situações: a) intermitência do rio principal em quase todo seu curso, b) existência de dois

importantes reservatórios (França e São José do Jacuípe), c) alto grau de comprometimento das vazões regularizadas pelas barragens no atendimento às demandas, d) teor de sal dissolvidos em suas águas (FONTES, 2008).

O rio Jacuípe possui uma extensão total de 437 km. Nasce na Chapada Diamantina, no município de Morro do Chapéu, em uma altitude de 1011 metros, atravessa a região semiárida, até o encontro com o rio Paraguaçu, nas proximidades da barragem de Pedra do Cavalo (ver Figura 02).

FIGURA 01 - Municípios da bacia hidrográfica do rio Jacuípe

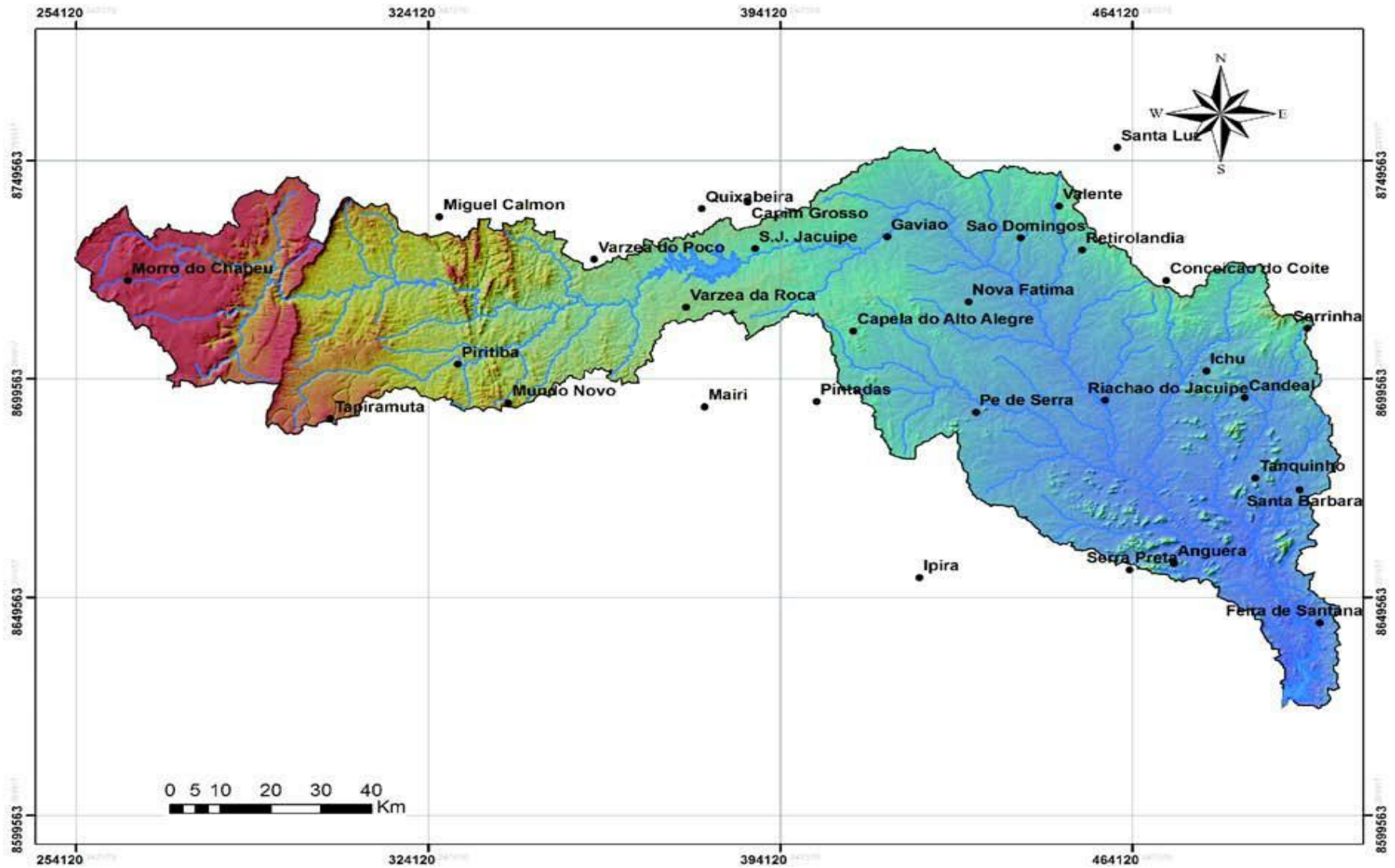
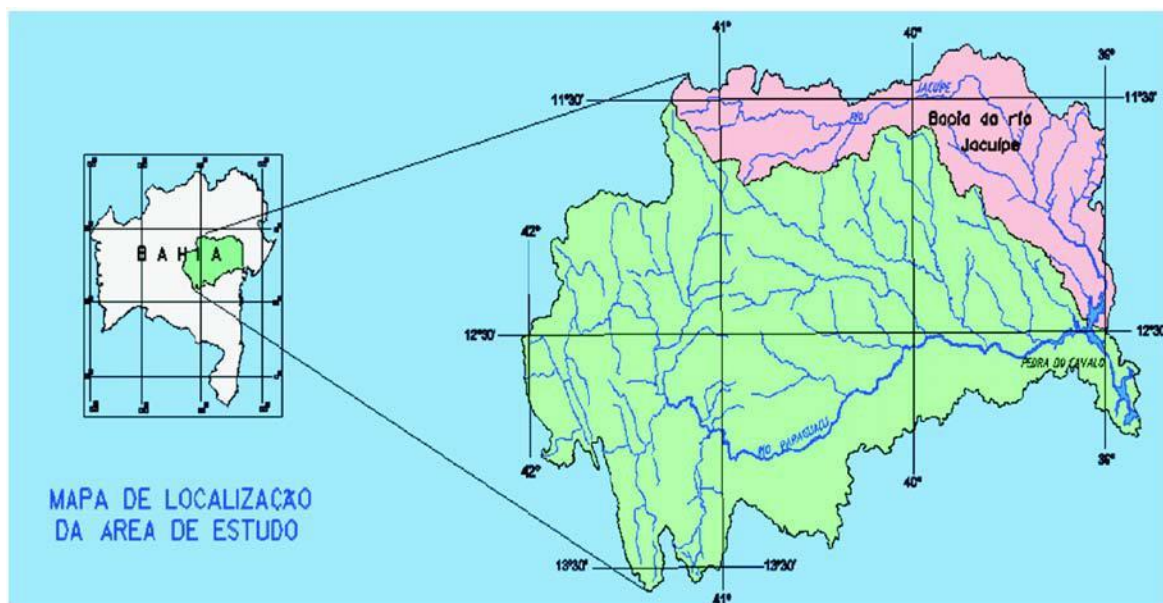


FIGURA 02 - Localização da bacia hidrográfica do rio Jacuípe.



Fonte: Fontes, 2008

A bacia hidrográfica do rio Jacuípe ocupa uma área considerável da região semiárida. Por ser relativamente extensa, existem muitas diferenças em seu relevo, feitas de maneira natural, ou através da ação humana, e por conta disso, há variações climáticas ao longo da bacia.

Segundo dados da ANA, a partir de Morro do Chapéu, montante da bacia, seguindo até São José do Jacuípe, município onde se encontra a Barragem, chove anualmente entre 600 mm e 800 mm, em média. Isso é o equivalente a 600 e 800 litros de água por metro quadrado de área no ano inteiro. Contudo devido à grande extensão da bacia e localização geográfica, as chuvas além de insuficientes, não são regulares. No centro da bacia há regiões onde as chuvas são muito escassas. Entre São José do Jacuípe e Riachão do Jacuípe, distantes em quase 80 km, as chuvas médias anuais são inferiores a 700 mm, chegando a 400 mm anuais.

Entre Riachão do Jacuípe, até Pedra do Cavalo, distantes em quase 100 km, os índices totais anuais de chuva só aumentam próximo ao município de Cachoeira, podendo chegar, em alguns meses do ano, a 1.300 mm. O período mais seco é entre os meses de agosto e outubro, com destaque para setembro, o mês mais crítico (FONTES,2008).

Inclusive, em 2015, durante esse período, alguns flutuantes (estações de coleta de água) da Empresa Baiana de Águas e Saneamento – (Embasa), estavam quase coletando a lama do fundo do rio Jacuípe, devido a grande estiagem na região (ver figura 03).

FIGURA 03 - Flutuante instalado no rio Jacuípe



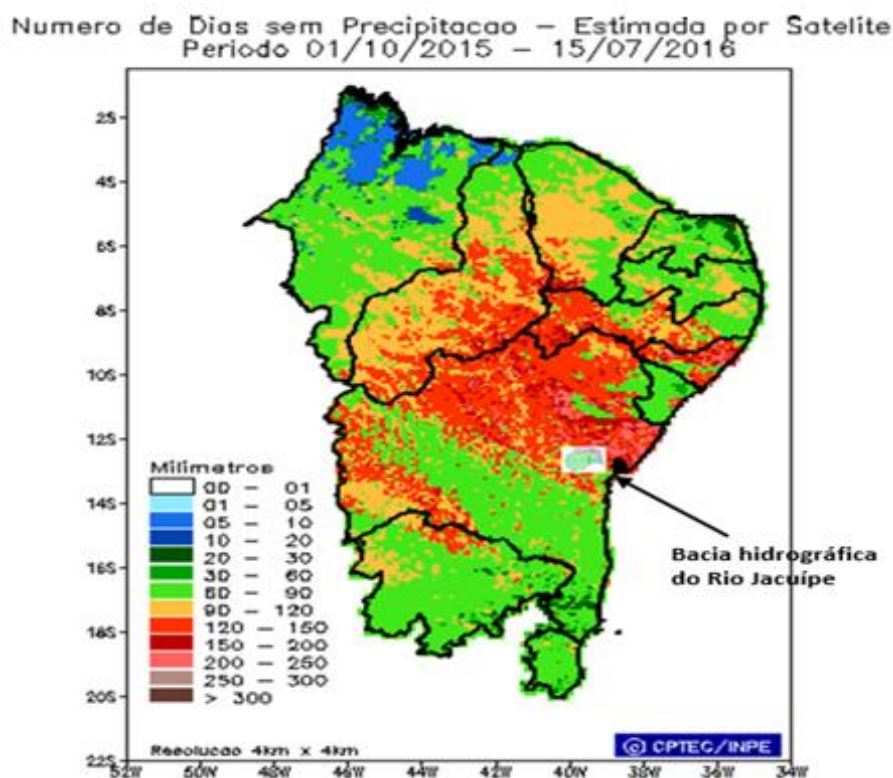
Fonte: acervo do autor

Entre os meses de dezembro de 2015 a janeiro de 2016 choveu o suficiente para minimizar o problema da salinização da barragem de São José, porém, não o bastante para ocorrer o extravasamento de suas águas (CPTEC, 2016).

Com poucas quantidades de chuvas na região, o índice de água armazenada no solo tende a quase zerar e a evapotranspiração real passa para a ordem de quase 7 mm por dia, ou seja, 7 litros/m² são evaporados todos os dias na bacia do rio Jacuípe.

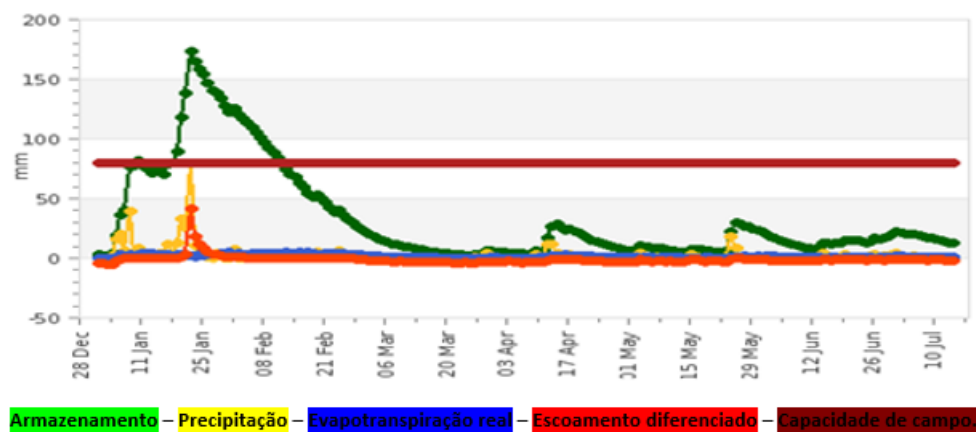
A Figura 04, apresentada abaixo, permite observar a ocorrência de precipitação na região nordeste da Bahia, revelando que a área da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe chega a ficar aproximadamente 250 dias sem chuvas.

FIGURA 04 - Dias sem precipitação no nordeste da Bahia.



Fonte: Alterado de CPTEC (2016).

Observando a Figura 05, apresentada a seguir, pode-se perceber que praticamente apenas no mês de janeiro deste ano (2016) é que houve efetivamente depósito água no solo, para o município de São José, onde está localizada a barragem.

FIGURA 05 - Balanço de água no solo no município de São José.

Fonte: CPTEC (2016)

A bacia do rio Jacuípe é bastante extensa, devido a isso o clima varia bastante e os solos e a geologia também mudam ao longo dela, portanto existem trechos que são mais propícios em ter suas águas salinizadas. Quanto ao uso do solo foi identificado que muitos moradores cultivam a cultura da palma para poder alimentar o gado em situações de seca extrema (ver figura 06).

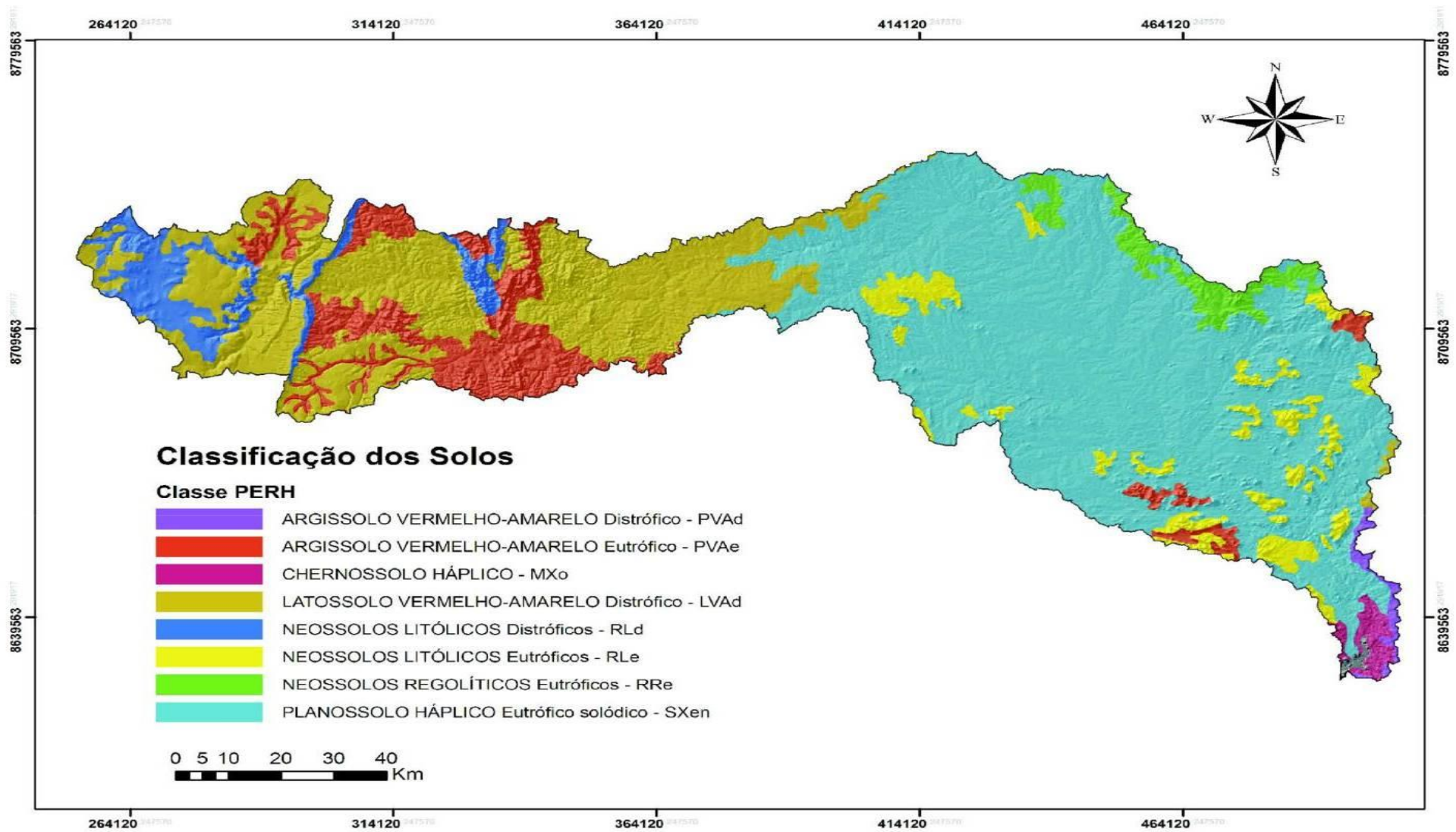
FIGURA 06 Cultivo de Palmas

Fonte: Acervo do autor

A maior concentração de indústrias da bacia está na região de Conceição do Coité, voltadas para o setor de calçados, beneficiamento de mandioca e sisal e indústrias da construção civil. As áreas de mineração apresentam destaques para a exploração de Manganês e Barita, em Miguel Calmon e de Diatomita, em Morro do Chapéu (PERH, 2004).

Segundo o PERH (2004), os tipos de solos predominantes na região da bacia de São José são: argilossolo, chernossolo, latossolo, neossolo, planossolos, que são devidamente apresentados abaixo na Figura 07.

FIGURA 07 Classificação dos solos da bacia do Rio Jacuípe.



Fonte: Fontes, 2008.

As barragens de Ponto Novo e Pedras Altas fazem parte de outra bacia hidrográfica, elas estão dentro da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru. Conforme mencionado anteriormente, embora esta não se constitua objeto de estudo desta pesquisa, foi relevante trazê-la aqui, uma vez que está inserida na mesma região da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe que possui águas elevadamente salinizadas, o que pode fornecer elementos significativos para a pesquisa.

Cerca de 55 municípios baianos fazem parte desta bacia, entre os quais, 20 estão totalmente inseridos nela. A atividade econômica nela é a atividade mineradora, a agricultura de subsistência e a pecuária tradicional. O clima também é o semiárido em 81% da área, ocupando a parte central da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA), com chuvas anuais inferiores a 700 mm. Na parte superior da Região, já na Chapada Diamantina, o clima torna-se mais ameno mudando para o tipo subúmido a seco, com os totais pluviométricos atingindo até 900 mm. No trecho inferior da bacia do Rio Itapicuru o clima muda para o tipo úmido a subúmido, com precipitações variando de 1000 até 1400 mm.

A bacia do rio Itapicuru possui terrenos de alta declividade; áreas de domínio geológico cristalino; terrenos associados à bacia sedimentar do Recôncavo Tucano e áreas cristalinas próximo ao litoral (INEMA, 2016).

A Barragem de Pedras Altas foi realizada pela Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia – CERB, e concluída em 2001. Tem uma extensão de 1.110 m por 23 m de altura. Ela foi concebida tendo um extravasor no trecho central em concreto compactado a rolo e fechamento lateral das ombreiras com maciço de terra, além de torre de tomada d'água, casa de controle e galeria de descarga de fundo (CERB 2016).

Diferentemente da barragem de São José, a de Ponto Novo sangra com mais facilidade. Este ano no mês de janeiro as fortes chuvas que caíram na região fizeram com que a Barragem atingisse 100% de sua capacidade e começasse a transbordar, segundo noticiário local (PORTAL DE NOTÍCIAS, 2016). Neste ponto já é possível notar que a renovação das águas da barragem de Ponto Novo é mais frequente que a de São José, isto é facilitado pela diferença de volumes.

O mesmo aconteceu na Barragem de Pedras Altas. A barragem que leva o mesmo nome do município possui capacidade de armazenamento de 40 milhões de metros cúbicos e também foi construída pela CERB em 1999.

Conforme noticiário da região, a mesma transbordou este ano devido às chuvas ocorridas no mês de janeiro (SÃO MATEUS NEWS, 2016).

A barragem do França fica na mesma Bacia Hidrográfica da barragem de São José. A distância entre essas duas barragens é de aproximadamente 60 km. França está mais próxima do município de Morro do Chapéu, que é onde o Rio Jacuípe nasce. Portanto, a Barragem do França sofre bem menos a pressão externa da ação do homem e de toda a contribuição dos rios e riachos que muitas vezes são carregados por uma concentração de sais que deságuam em rios maiores. Ela tem uma capacidade de armazenamento de cerca de 33 milhões de m³ e 420 metros de extensão, situa-se a aproximadamente 2 km da localidade de França, no município de Piritiba na Bahia, drenando uma área de 1985 Km².

De acordo com o Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ (2016), somente entre 2005 e 2007 houve três extravasamentos de suas águas. Completamente diferente de São José, quando em mais de 30 anos aconteceu um único extravasamento.

4.3 Sujeitos da pesquisa

Os sujeitos da pesquisa foram 7 (sete), selecionados de acordo com vínculos de ligação com a Barragem de São José do Jacuípe, como por exemplo, pessoas que trabalharam na construção (2); moradores que residem há mais de 30 anos nas proximidades da barragem (3); e antigos funcionários (2) da CERB - empresa responsável pela execução da barragem.

4.4 Instrumentos utilizados

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados dois tipos de instrumentos, a saber: entrevistas não-estruturadas, que serviram como guia para levantamento de informações a respeito da Barragem de São José do Jacuípe, como por exemplo, histórico, relevância da mesma para o local, dentre outros; e

amostras de águas da Barragem de São José do Jacuípe e das barragens de Pedras Altas, Ponto Novo e França. A captura das águas da barragem, objeto desse estudo, teve como objetivo analisar aspectos relacionados ao processo de salinização, já as amostras das demais barragens foram colhidas com a finalidade de se realizar comparações, uma vez que ficam situadas na mesma região.

A entrevista não-estruturada de acordo com Lakatos e Marconi (2003, p. 197) “é uma forma de poder explorar mais amplamente uma questão. Em geral, as perguntas são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversação informal.”.

A metodologia de coleta adotada baseou-se na indicada pelo Guia de Coleta de Água da CETESB e ANA (2011), documento que estabelece os procedimentos a serem adotados no momento da coleta dos dados. De acordo com este guia, a água deverá ser coletada em frasco de vidro ou de plástico, previamente lavado, e os pontos de coleta escolhidos devem ser afastados das margens de rios e distantes do lançamento de efluentes.

4.5 Análise e interpretação dos dados

Algumas informações são provenientes das entrevistas não-estruturadas realizadas com moradores da região, funcionários da CERB e ex-trabalhadores da Barragem de São José do Jacuípe, outras de órgãos do governo, como CERB, INEMA, CPETEC, ANA e outros.

Analisou-se o total de cloretos dissolvidos, para se comparar com o máximo permitido pela legislação que é de 250 mg/L. Além disso foi realizado o ensaio de dureza, visto que neste ensaio é determinado a quantidade de CaCO_3 presente, o Ca^+ é um dos íons que pode influenciar na salinização. Por fim foi verificado a salinidade presente em cada amostra.

Não foi possível medir o índice pluviométrico com os pluviômetros instalados na área da bacia, pois muitos deles já não funcionam mais e a maioria está com dados desatualizados. Porém, o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH, 2004), informa que as precipitações na região da bacia do rio Jacuípe são inferiores

aos 800mm anuais e que devido a extensão da bacia, existem locais onde as precipitações são menores que 600mm anuais.

Os tipos de solos prevalentes na área da bacia foram identificados através de revisões bibliográficas e por meio do Plano Estadual de Recursos Hídricos:

Os tipos de solos que predominam na região são:

- Argilossolo vermelho amarelo;
- Chernossolo háplico;
- Latossolo vermelho amarelo;
- Neossolo litólico;
- Planossolo haplico (PERH, 2004).

Foram coletadas amostras de água de outras três barragens: França, Pedras Altas e Ponto Novo. A barragem de França foi escolhida por ficar na mesma bacia hidrográfica de São José e não possuir o problema da salinização em suas águas. As outras duas barragens fazem parte da bacia hidrográfica do rio Itapicuru. Elas foram escolhidas para mostrar que o fato de estarem também na região do semiárido sujeitas ao mesmo clima, não é condição para que suas águas sejam salobras, visto que após análises os índices de salinidade destas duas barragens foram menores que São José.

O impacto da construção da barragem no processo de salinização foi analisado mediante consultas bibliográficas onde foi verificado que um grande volume de água armazenado e com muito tempo de residência sem a devida substituição tende a acumular sais oriundos do solo ou de contribuição de outros rios.

5 ACHADOS DA PESQUISA: RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através de entrevistas não-estruturadas, alguns moradores locais que inclusive trabalharam na construção da barragem, afirmaram que logo após sua construção, as águas não eram tão salgadas como hoje. E que isso se deu com o passar do tempo. Provavelmente, o tempo de residência das águas na barragem contribuiu para este processo de salinização, como aponta Amorim (1999).

Se depois da construção da barragem, as águas fossem periodicamente renovadas, os sais que iam se acumulando na barragem também seriam retirados, diminuindo dessa maneira a salinidade que só aumentou a cada ano. A renovação não existe por que não há uma constante sangria do lago gerado pelo barramento. Como foi dito, a barragem de São José extravasou uma única vez em 1992, sendo que em 1991, um ano antes, a concentração de cloretos era de 224mg/L, hoje chega aos 700mg/L (EMBASA 2007). Como na região de estudo chove pouco, a contribuição da chuva, rios e riachos que vertem para a barragem é insuficiente para que se atinja uma cota necessária para o extravasamento.

A não renovação das águas pelo não extravasamento poderá levar a uma água totalmente fora dos padrões de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde.

Ao se comparar os resultados das análises das águas coletadas nas barragens se percebe a diferença de salinidade entre elas. Conforme relatórios disponíveis no anexo A, B, C, D a quantidade de cloretos dissolvidos para a barragem de São José é próxima dos 500mg/L, enquanto nas demais é abaixo de 250mg/L, que é o percentual estabelecido pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 17 de março de 2005, ou seja, quase o dobro do limite permitido.

Outro ponto observado se refere à salinidade da água. O CONAMA (2005) classifica as águas em doces, salobras e salinas. As águas doces possuem salinidade abaixo de 0,5‰ e as águas salobras entre 0,5 e 30‰. Entre todas as barragens somente a de São José se classifica como água salobra, pois apresentou salinidade acima de 0,5‰.

O CaCO_3 , componente principal de rochas como os calcários, se apresentou em maior quantidade também nas águas da barragem de São José. O íon Ca^{++} é um dos responsáveis para agravar a salinização das águas.

Apesar de estarem na mesma bacia hidrográfica a barragem do França não tem águas salobras como a de São José, isso se deve a alguns fatores:

- A barragem do França é menor que a de São José, assim sendo é necessário menos água para enchê-la, portanto ela poderá extravasar com mais facilidade tendo suas águas acumuladas renovadas;
- A barragem do França fica a montante da bacia hidrográfica, diferente de São José que fica mais a jusante, desse modo a contribuição de outros rios que levam consigo um aporte de sais é bem menor;
- A barragem do França tem um histórico de mais sangrias do que a barragem de São José;
- A barragem do França por possuir águas mais doces é mais utilizada para abastecimento, permitindo que haja uma retirada maior de água acumulada. Desse modo os sais que estiverem presentes, também serão retirados.

As entrevistas não-estruturadas mostraram que a irrigação tratada, como foi dita neste trabalho, não foi evidenciada. Isso leva a crer que não exista influência direta no processo de salinização das águas da barragem através da irrigação.

No quadro comparativo abaixo, é apresentada a diferença de profundidade, extensão, volume, tempo de existência e descarga de fundo entre as Barragens estudadas.

QUADRO 02 - Comparação entre as barragens

Barragem	Profundidade em metros	Extensão em metros	Tempo de Existência em anos	Descarga de fundo ou transbordamento	Capacidade de Armazenamento em m³
São José do Jacuípe	41	1560	31	Pouco frequente	357 milhões
Ponto Novo	25,5	682	14	Mais frequente	39 milhões
França	25,5	420	20	Mais frequente	33 milhões
Pedras Altas	24	1090	14	Mais frequente	38 milhões

Fonte Alterado de INEMA, (2016).

Teixeira (1997) afirma que o complexo de rocha da região de São José do Jacuípe pode representar um magmatismo associado as primeiras fases marinhas da Terra, em termos tectônicos, as rochas deste complexo foram interpretadas como fragmentos de crosta oceânica. Isso leva a crer que haja influência na composição

mineralogia dos solos da região com algumas características semelhantes ao da região marinha, como por exemplo, os sais.

Suassuna (2002) afirmou que o Planossolo tem grande influência no processo de salinização e um dos tipos de solos que predomina na região da bacia hidrográfica de São José do Jacuípe é justamente este, conforme descrito pelo PERH (2004).

Em relação a influência dos aerossóis descritas por Munn (2004 *apud* OLIVEIRA, 2005) isso não seria tão significativa para a barragem de São José, pois a mesma fica a quase 230km da costa baiana, indicando que a salinização por aerossóis marinhos fosse pouco significativa, porém não descartável.

Audry (1995), afirmou que reservatórios maiores com grandes volumes de água possuem uma pequena amplitude de variação sazonal de salinidade se evidencia nos quatro reservatórios que foram apresentados neste estudo. Os reservatórios de Ponto Novo, Pedras Altas e França tem uma troca de águas com maior frequência, suas águas se movimentam mais, enquanto que na barragem de São José do Jacuípe isso raramente acontece.

Observando o que Molle (1994) afirmou em relação aos fatores mais preponderantes que influenciam o processo de salinização das águas de um reservatório, a saber:

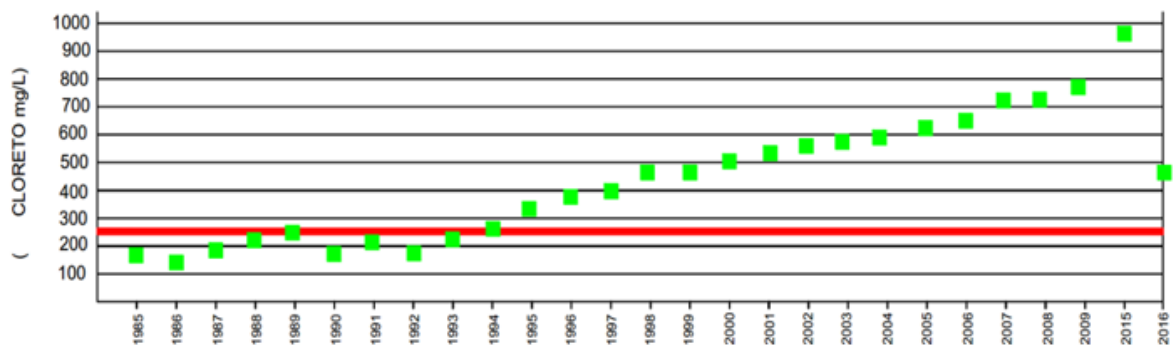
- A natureza da bacia hidrográfica, considerando seu relevo e solo;
- O dimensionamento da barragem - quanto extensa a barragem, maior será o tamanho do lago gerado e maior a taxa de água evaporada, portanto mais elevada a quantidade de sais dissolvidos;
- A profundidade do lago formado pela barragem, pois determina a importância relativa da lâmina evaporada com relação ao volume armazenado;
- A utilização da barragem, para abastecimento e irrigação, pois ao se retirar cada vez mais água da barragem independente para qual seja o fim, também se retira os sais nela contido.

Foi possível verificar que das quatro hipóteses, duas se aplicam diretamente à barragem de São José do Jacuípe, mas não às demais, são elas:

- O dimensionamento da barragem
- A profundidade do lago formado pela barragem.

Assim, profundidade e extensão das barragens são fatores preponderantes no processo de salinização das águas, fatores que precisam ser observados no projeto de construção de uma barragem.

FIGURA 08 Evolução dos Cloretos na Barragem de São José.



Fonte: Embasa, 2016.

Observando o gráfico acima, se percebe que nos primeiros anos da construção da barragem a concentração dos cloretos se manteve abaixo do máximo permitido por lei, que é de 250 mg/L, com o passar dos anos essa concentração aumentou, estando acima do permitido. Entre 2015 e 2016 houve uma diminuição considerável, devido as fortes chuvas que caíram na região, contudo apesar disso ainda não foi suficiente para que a salinidade das águas da barragem estivesse dentro dos padrões estabelecidos.

6 CONCLUSÃO

Desde o período de enchimento do lago da barragem, vem ocorrendo um processo de mudança na qualidade físico-química e hidrológica das águas do reservatório (EMBASA 2007). Isso vem ocorrendo devido a não movimentação das águas da barragem, pois se as comportas da barragem fossem abertas, o fundo seria remexido e as águas seriam trocadas, como aponta Molle (1994, p. 86) ao abordar sobre a importância de sangrias.

É necessário apontar também que devido ao baixíssimo índice pluviométrico na região, os pequenos rios que vertem para o rio Jacuípe, contribuem de maneira pouco significativa, assim sendo a barragem não adquire um volume necessário para ocorrer o extravasamento e por consequência a renovação das suas águas.

Isso acontece em decorrência da região da bacia hidrográfica na qual está localizada a Barragem em questão, zona semiárida, onde as chuvas se concentram num período de apenas três meses ao longo do ano, e o embasamento cristalino na região ser constituído de cloreto de cálcio e magnésio, compostos de enxofre, carbonatos e bicarbonatos e outros minerais que são levados pelas chuvas quando se precipitam nesse curto intervalo de tempo.

Além disso a evaporação média dessa região pode chegar aos 1520 mm anuais (CEPTEC, 2016), isso faz com que os sais se depositem na superfície, sendo depois arrastados para os afluentes do Jacuípe. Com o passar do tempo, as águas da barragem tendem a possuir uma alta concentração de sais, pois recebem uma grande carga de minerais oriundos do intemperismo agindo nas rochas e solos (FONTES, 2008).

Diferente de outras barragens brasileiras com constantes vertimentos ou descargas de fundo, que acabam por melhorar a qualidade de suas águas. As águas de São José do Jacuípe não são devidamente trocadas, dessa maneira os sais contidos não são eliminados.

Desta forma, com o passar do tempo, as águas da barragem tendem a possuir uma alta concentração de sais, por que recebem uma grande carga de minerais oriundos de intemperismo agindo sobre rochas e a lixiviação atuando nos solos. Sem contar que barragem de São José do Jacuípe é mais profunda, e mais extensa que as demais, seu tempo de existência também é mais elevado que as

outras três barragens estudadas, e claro, a descarga de fundo ou o transbordamento de suas águas é bem menos frequente.

As principais causas apontadas na pesquisa que leva ao processo de salinização da barragem de São José do Jacuípe foram:

- A não renovação das águas da barragem;
- A contribuição dos solos na região de estudo;
- A influência do clima.

Se não houver um processo que permita a renovação constante das águas, provavelmente a salinização da barragem irá aumentar. Vale salientar que, muitos municípios da região em questão são abastecidos com águas vindas de Barragem de São José do Jacuípe, mas a Embasa está realizando uma obra onde o abastecimento oriundo de São José será substituído por água da barragem de Pedras Altas, com isso as águas da barragem de São José ficarão parada por mais tempo. Assim sendo a concentração de sais tenderá a aumentar, uma vez que a retirada de água para abastecer a população deixará de acontecer.

A contribuição do solo para favorecer o processo de salinização vai continuar existindo, pois, todo o embasamento cristalino da região, que gera os solos através dos diferentes tipos de intemperismo já faz parte da região e da bacia há muito tempo.

O fenômeno da evaporação também irá continuar atuado sobre a região e cada vez mais água será evaporada do que água precipitada visto, que temos mais evaporação que precipitação.

REFERÊNCIAS

ANA, **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**, Brasília 2013, p 45. Disponível em: < http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12365 >. Acesso em: 12/08/2016.

AMORIM, Jorge Luiz Rocha. **Processo de Salinização do semiárido da Bahia de uma barragem para o abastecimento humano**. 20º Congresso brasileiro de engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro 1999.

AUDRY, P.; SUSSUNA J. **A salinidade das águas disponíveis para pequena irrigação no sertão nordestino**. Recife, 1995.

BAHIA, **Lei Estadual de Recursos Hídricos Nº 6.855 de 12 de maio de 1995**. Bahia 12 de maio de 1995.

BRASIL, Planalto. **Lei Federal de Saneamento Básico nº 11.445**. Brasília, 5 de janeiro de 2007.

_____, Planalto. **Lei Federal do Polígono das Secas nº 1.348**. Brasília, 10 de fevereiro de 1951.

_____, Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 brasileira – Bases para discussão**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/destaques/item/579-agenda-21-brasileira-bases-para-discuss%C3%A3o>>. Acesso em: 10/07/2016.

_____, Plano estadual de recursos hídricos do estado da Bahia. **Relatório síntese, Rel. Téc., Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia**, Salvador Bahia, 2004.

CERB, **Companhia de Engenharia Ambiental e recursos Hídricos da Bahia**.2016.

Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Brasília 2011. CETESB, ANA.

CPTEC, Centro de previsão de tempo e estudos climáticos. **Monitoramento Brasil**. Disponível em: <<http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>> Acesso em 10/08/2016.

CONAMA, **Classificação dos corpos de água**, DOU nº 053, p58-63, Brasília 2005.

DANTAS, Felipe von Atzingen; LEONETI Alexandre Bevilacqua, OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de; Marcio Mattos Borges de. Uma Análise da Situação do Saneamento no Brasil. **FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão**, v.15, n.3 - p.272-284 – set/out/nov/dez 2012. Disponível em:

<<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/facefpesquisa/article/viewFile/549/513>>
Acesso em 23/10/2016.

EMBASA, Empresa Baiana de Águas e saneamento. **Relatório técnico sobre cianobactérias na Barragem de São José do Jacuípe**. Salvador Bahia 2007.

FONTES, Andrea Souza. **Vulnerabilidade à salinização das águas superficiais da bacia do rio Jacuípe por meio de traçadores ambientais**. Tese de doutorado apresentada na Universidade Federal da Bahia (UFBA). Salvador Bahia 2008.

GOMES, M.E.; GHEYI, H.R.; SILVA, E.F.F. **Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimentos de arroz sob diferentes tratamentos**. In; Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v4, n.3, p355-361. Campina Grande: Paraíba, 2000.

GOMES, O.V.O.; Aires, J.; MARQUES, E.D.; SILVA, E.V.; **Análise da salinidade dos aquíferos na bacia do Macacu, Itaboraí, Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro 2000.

HOHMANN, Ana Carolina C. Regulação e Saneamento na Lei Federal nº 11.445/07. **Revista Jurídica da Procuradoria Geral do Estado do Paraná**, Curitiba, n. 3, p. 211-244, 2012. Disponível em:
<http://www.pge.pr.gov.br/arquivos/File/Revista_PGE_2012/Artigo_8_Regulacao_e_saneamento.pdf > Acesso em 23/10/2016.

INEMA, **Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Disponível em:
<<http://www.inema.ba.gov.br/>>. Acesso em: 01/08/2016

IICA, INSTITUTO INTEAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA AGRICULTURA. **Projeto áridas**. Disponível em: <http://www.iica.org.br/2001/projaridas/> Acesso em 10/05/2016.

INGÁ, **Instituto de Gestão das Águas e Clima**. 2016

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em:
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=292937>>. Acesso em 10/08/2016.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Revista de Administração Pública. Rio de Janeiro 45 (2):331-48, mar./abr. 2011.

LEPRUN, J.C. **Relatório de fim de convenio de manejo e conservação do nordeste brasileiro**. Recife: SUDENE, 1988.

MOLLE, François. **Marcos históricos e reflexões sobre a açudagem e seu aproveitamento**. Recife: SUDENE. Série Hidrologia, 1994.

MOLLE, François. (1989) **Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes**. Recife: SUDENE. Série Hidrologia, 1989.

MOLINIER, M; AUDRY, P; DESCONNETS, J.C; LEPRUN, J.C-**Dinâmica da água e das matérias num ecossistema representativo do nordeste brasileiro**: Condições de extrapolação espacial a escala regional. Recife: SUDENE/ORSTOM,1989.

OLIVEIRA, A. L. S. de. **Saneamento básico no Brasil: limites e possibilidades de atuação do setor privado**. 2004. 97f. Dissertação (Mestrado em economia). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

OLIVEIRA, C.N.; Vânia, P.M.; Yvonildes, D.P. **Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso bacia hidrográfica do Rio Salitre**. Salvador Bahia 2010.

OLIVEIRA, João Ilton Oliveira. **Estudo da contribuição potencial do solo no processo de salinização de águas superficiais em uma pequena bacia hidrográfica do semiárido baiano**. Salvador Bahia 2005.

OLIVEIRA, Natália dos Santos de. **Saneamento Ambiental no Estado do Amapá e a ocorrência de Doença**. Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP. Macapá, 2013.

PORTAL DE NOTÍCIAS. **Com capacidade máxima barragem de Ponto Novo Transborda**. Disponível em: <<http://www.portaldenoticias.net/com-capacidade-maxima-barragem-de-ponto-novo-transborda/>> Acesso em 04/05/2016.

PEDROTI, A.; Chagas, R M.; Ramos, Victor V.C.;; Prata, A.P.; Lucas, A.A.; Pricila B.; **Causa e Consequência do processo de salinização dos solos**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Santa Maria, v.19, n.2, maio-agosto 2015, p.1308-1324.Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM.

PERH, **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia**. Salvador Bahia 2004.

SÃO MATEUS NEWS. **Barragem de Pedras Altas transborda e melhora o abastecimento de água para Riachão do Jacuípe e cidade da região**. Disponível em: <<http://smneews.blogspot.com.br/2016/01/barragem-de-pedras-altas-transborda-e.html>>. Acesso em 04/05/2016.

SIHS, Secretaria de Infraestrutura Hídrica e Saneamento. **Barragens do estado operadas pela CERB**. Disponível em: <<http://www.sih.ba.gov.br/2016/01/186/Barragens-do-estado-serao-operadas-pela-Cerb.html>>. Acesso em 12/12/2016.



SNIS, Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Manual de fornecimento de dados – Informação sobre água e esgoto**. Brasília 2015.

SUASSUNA, J. **A pequena e média açudagem no semiárido nordestino: uso da água na produção de alimentos.** Ministério do Meio Ambiente, Fortaleza, 2002. Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=756&Itemid=376>. Acesso em: 04/05/2016.


SUASSUNA, J. **O processo de salinização das águas superficiais e subterrâneas no nordeste brasileiro.** Ministério do Meio Ambiente, Fortaleza, 1996. Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=772&Itemid=376> Acesso em: 05/08/2016.

TEIXEIRA, Léo Rodrigues. **O complexo Caraíba e a Suíte São José do Jacuípe no Cinturão Salvador – Curuçá (Bahia, Brasil): Petrologia, Geoquímica e potencial metalogenético.** Salvador, 1997.


ANEXO A – Relatório de Análise das Águas da Barragem de São José do Jacuípe

	- Unidade Regional de Senhor do Bonfim - UNS Relatório de Análises	RUMO A ISO 17025:2005					
<p>Cliente: JONES PINA DOS SANTOS Laboratório Regional de Senhor do Bonfim - UNS Amostra: 161745209 Origem da Amostra: PART Data da Coleta: 14/09/16 Hora da coleta: 10:00 Sistema de Abastecimento: Tempo: Categoria: PARTICULAR Classe: BRUTA Município: SÃO JOSE DO JACUIPE Coletor: JONES Localidade: SÃO JOSE DO JACUIPE Ponto: BARRAGEM SÃO JOSE Endereço: BARRAGEM SÃO JOSE Órgão Regulamentador:</p>							
ANÁLISE	RESULTADO	UNIDADE	MÉTODO	INCERTEZA (u)	LDM	LIOR	LSOR
Cloretos	485,0	mg/L Cl-	Titulométrico		0,5	-	250
Dureza	469,4	mg/L CaCO ₃	Titulométrico		0,5	-	500
Manganês	-	mg/L Mn	Espectrofotométrico		-	-	0,1
Salinidade	1,2	‰	Conducométrico		-	-	-
Turbidez (Águas Ambientais)	-	NTU	Turbidimétrico		0,1	-	-
Cor Aparente (Águas Ambientais)	-	uC	Fotométrico		1	-	-
ENDEREÇO DAS SALAS DE ENSAIOS							
Av. do Contorno s/n- Bairro Populares - Senhor do Bonfim - BA (74) 3541-8442/ laboratorio.uns@embasa.ba.gov.br							
LEGENDAS / INFORMAÇÕES							
LDM - Limite de Detecção do Método LIOR - Limite Inferior do Órgão Regulamentador LSOR - Limite Superior do Órgão Regulamentador P - Presente / A - Ausente				UFC - Unidade Formadora de Colônia NMP - Número Mais Provável LSOR - Limite Superior do Órgão Regulamentador			
 Valdirene Ferreira Lima Bióloga CRBio 46.695/8D Mat. 35.256					Data: 15/9/2016		

ANEXO C – Relatório de Análise das Águas da Barragem de Pedras Altas

embasa		Unidade Regional de Senhor do Bonfim - UNS Relatório de Análises				RUMO A ISO 17025:2005	
Cliente: JONES PINA DOS SANTOS Laboratório Regional de Senhor do Bonfim - UNS Amostra: 161745210 Origem da Amostra: PART Data da Coleta: 14/09/16 Hora da coleta: 11:00 Sistema de Abastecimento: Tempo: Categoria: PARTICULAR Classe: BRUTA Município: CAPIM GROSSO Coletor: JONES Localidade: PEDRAS ALTAS Ponto: BARRAGEM PEDRAS ALTAS Endereço: BARRAGEM PEDRAS ALTAS Órgão Regulamentador:							
ANÁLISE	RESULTADO	UNIDADE	MÉTODO	INCERTEZA (u)	LDM	LIOR	LSOR
Cloretos	127,5	mg/L Cl-	Titulométrico		0,5	-	250
Dureza	132,0	mg/L CaCO ₃	Titulométrico		0,5	-	500
Manganês	-	mg/L Mn	Espectrofotométrico		-	-	0,1
Salinidade	0,4	‰	Conduutométrico		-	-	-
Turbidez (Águas Ambientais)	-	NTU	Turbidimétrico		0,1	-	-
Cor Aparente (Águas Ambientais)	-	uC	Fotométrico		1	-	-
ENDEREÇO DAS SALAS DE ENSAIOS							
Av. do Contorno s/n- Bairro Populares - Senhor do Bonfim - BA (74) 3541-8442/ laboratorio.uns@embasa.ba.gov.br							
LEGENDAS / INFORMAÇÕES							
LDM - Limite de Detecção do Método				UFC - Unidade Formadora de Colônia			
LIOR - Limite Inferior do Órgão Regulamentador				NMP - Número Mais Provável			
LSOR - Limite Superior do Órgão Regulamentador				LSOR - Limite Superior do Órgão Regulamentador			
P - Presente / A - Ausente							
 Valdirene Ferreira Lima Bióloga CRBio 46.695/8D Mat. 35.256				Data: 15/9/2016			

ANEXO D – Relatório de Análise das Águas da Barragem de Ponto Novo

embasa		Unidade Regional de Senhor do Bonfim - UNS Relatório de Análises					RUMO A ISO 17025:2005	
Cliente: JONES PINA DOS SANTOS Laboratório Regional de Senhor do Bonfim - UNS Amostra: 161745211 Origem da Amostra: PART Data da Coleta: 14/09/16 Hora da coleta: 12:20 Sistema de Abastecimento: Tempo: Categoria: PARTICULAR Classe: BRUTA Município: PONTO NOVO Coletor: JONES Localidade PONTO NOVO Ponto: BARRAGEM DE PONTO NOVO Endereço: BARRAGEM DE PONTO NOVO Órgão Regulamentador:								
ANÁLISE	RESULTADO	UNIDADE	MÉTODO	INCERTEZA (u)	LDM	LIOR	LSOR	
Cloretos	90,0	mg/L Cl-	Titulométrico		0,5	-	250	
Dureza	82,2	mg/L CaCO ₃	Titulométrico		0,5	-	500	
Manganês	-	mg/L Mn	Espectrofotométrico		-	-	0,1	
Salinidade	0,2	‰	Conducométrico		-	-	-	
Turbidez (Águas Ambientais)	-	NTU	Turbidimétrico		0,1	-	-	
Cor Aparente (Águas Ambientais)	-	uC	Fotométrico		1	-	-	
ENDEREÇO DAS SALAS DE ENSAIOS								
Av. do Contorno s/n- Bairro Populares - Senhor do Bonfim - BA (74) 3541-8442/ laboratorio.uns@embasa.ba.gov.br								
LEGENDAS / INFORMAÇÕES								
LDM - Limite de Detecção do Método				UFC - Unidade Formadora de Colônia				
LIOR - Limite Inferior do Órgão Regulamentador				NMP - Número Mais Provável				
LSOR - Limite Superior do Órgão Regulamentador				LSOR - Limite Superior do Órgão Regulamentador				
P - Presente / A - Ausente								
 Valdirene Ferreira Lima Bióloga CRBio 46.695/8D Mat. 35.256				Data: 15/9/2016				

