



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

FIAMA BEATRIZ TAVARES

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA SALINIDADE DA ÁGUA EM
RESERVATÓRIO SUPERFICIAL NAS CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

MOSSORÓ

2018

FIAMA BEATRIZ TAVARES

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA SALINIDADE DA ÁGUA EM
RESERVATÓRIO SUPERFICIAL NAS CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Luis César de Aquino Lemos Filho,
Prof. Dr.

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

TTAVA TAVARES, FIAMA BEATRIZ .
RESa ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA SALINIDADE DA ÁGUA
EM RESERVATÓRIO SUPERFICIAL NAS CONDIÇÕES
SEMIÁRIDAS / FIAMA BEATRIZ TAVARES. - 2018.
50 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Luis César de Aquino
Lemos Filho.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Administração,
2018.

1. Qualidade de água. 2. Sazonalidade. 3.
Mapeamento. I. Lemos Filho, Prof. Dr. Luis César
de Aquino, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

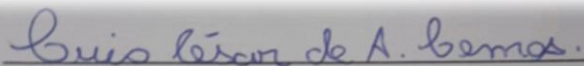
FIAMA BEATRIZ TAVARES

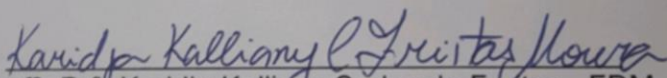
**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA SALINIDADE DA ÁGUA EM
RESERVATÓRIO SUPERFICIAL NAS CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

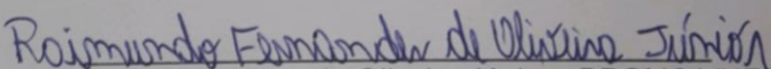
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como
requisito para obtenção do título de Bacharel
em Agronomia.

APROVADO EM: 19/04/2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Luis César de Aquino Lemos Filho - UFERSA
Presidente


Prof.^a Dr.^a Karidja Kalliany Carlos de Freitas - FDM
Membro


Me. Raimundo Fernandes de Oliveira Júnior - PPGMSA/UFERSA
Membro

In memoriam

*A Dr. Aldo da Fonseca Tinoco,
por ter me incentivado e apoiado por
todo o tempo que pude conviver com
ele, e obrigado por todos os
ensinamentos.*

*A Paulo César Pinto por todas as
alegrias e todo o apoio que sempre me
deu.*

*A pessoa que mais amo no mundo, que
me deu a vida, me ensinou a caminhar
com minhas próprias pernas, que
sempre foi o motivo pelo qual eu
batalhei e batalho diariamente, o meu
exemplo de vida e de mulher, a
“Mainha”. Ao meu namorado André,
que me apoia e aguenta a barra dos
meus estresses.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda força nos momentos difíceis.

Agradeço a minha família de sangue, minhas tias Larrimê Tavares, Joana Dar’c e Marinalva, ao meu tio Danilo Tavares que sempre esteve presente na minha vida acadêmica.

Agradeço também a minha família do coração, minha prima, Livia, minhas tias Suzana e Larrimê Medeiros, tia Socorro, tia Aparecida, a minha avó de sangue Nazaré e as de coração Francisca e Raimunda que sempre me deram todo o tipo de apoio possível. Aos meus sogros Mana e Aldo, meus cunhados Andrezza e Aldo Filho, e ao meu sobrinho Geovane Filho.

Agradeço as minhas amigas de infância sempre presentes, Nayane, Mara, Mariana, Leilane, Crislayne, Amanda, Jandriele, Ana Paula, Aline, Alana, Maira, Neidjane e Corrinha por todo o apoio. As minhas sobrinhas Julia, Vitória e Ana Sofia.

Agradeço a minha família UFERSA, o meu irmão de outra mãe John Lenon, a Uri, a todos os moradores e ex-moradores da casa dois da vila masculina, em especial Cleyton, Adênio e Ariel. As minhas amigas de turma “as agrogatas”, e os “primos” que sempre comigo nas provas difíceis. A Isadora que é como meu espelho, e que me incentiva diariamente, a Ana Carla e Henrique campos, Lincon e Nicolas, que durante essa caminhada também me alegraram os dias.

Agradeço aos que me acompanharam em Jundiaí, Elayne, Terezinha e Marta, e aos funcionários que muito tenho carinho, seu Bira, seu Zé e seu Salviano.

Agradeço aos Meus amigos do portal e aos meus irmãos de condomínio Andrea, Kenia e HigoRaulino.

Agradeço aos que apareceram recentemente na minha vida, David, Zuelinton, Conceição, Clarise e Rafaela, que me ajudam todos os dias. Aos meus colegas da Emater-RN, Wilson e Alyana.

Agradeço aos meus professores Jailma, Espinola e aos meus orientadores Luis César e Karidja por tudo, por todo o apoio e compreensão e principalmente o carinho de mãe que sempre teve.

Agradeço a UFERSA pela oportunidade de aprendizagem e ao Cnpq pelo incentivo a pesquisa, nos períodos em que fui bolsista.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVOS GERAIS	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1. SEMIÁRIDO E ÁGUAS SUPERFICIAIS	12
3.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO SEMIÁRIDO	14
3.3. MONITORAMENTO E ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA	16
3.4. ESTUDOS SOBRE A VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DE ÁGUAS EM RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS NO SEMIÁRIDO	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1. ÁREA DE ESTUDO	23
4.2. AMOSTRAGEM E COLETAS	24
4.3. ANÁLISES QUÍMICAS DA ÁGUA	25
4.4. ESTATÍSTICA E MAPEAMENTO	26
4.4.1. Preparação dos dados para uso no SIG	26
4.4.2 Interpolação dos parâmetros de salinidade no reservatório Pataxó	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. PLUVIOMETRIA E COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO	30
5.2. ANÁLISE TEMPORAL DA SALINIDADE NO RESERVATÓRIO PATAXÓ	31
5.3. ANÁLISE ESPACIAL DA SALINIDADE NO RESERVATÓRIO PATAXÓ	35
6. CONCLUSÕES	41
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

RESUMO

Os fatores climáticos influenciam intrinsecamente na qualidade da água dos reservatórios em regiões semiáridas. O presente estudo objetivou avaliar o comportamento espaço-temporal de parâmetros indicadores de salinidade da água, em um reservatório superficial na região semiárida em um ano hidrológico (2016/2017). O trabalho foi realizado no açude Pataxó, município de Ipanguaçu- RN, utilizando 25 pontos amostrais dispostos aleatoriamente no espelho d'água. Foram realizadas 4 coletas em épocas distintas. Buscou-se analisar os parâmetros de salinidade: pH, CE, Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e a RAS. Foram realizadas análises de estatística descritiva e análise exploratória de dados. Através do software livre QGIS, e por meio de interpolação, foram gerados os mapas especializados para as variáveis estudadas. Podemos constatar que o volume do reservatório responde rapidamente aos índices pluviométricos da região, e com isso alteram-se significativamente os indicadores de salinidade da água. Além da clara ocorrência de uma variação espaço-temporal das variáveis de salinidade no reservatório ao longo de um ano hidrológico.

Palavras-Chave: Qualidade de água. Sazonalidade. Mapeamento.

1. INTRODUÇÃO

A condição climática da região nordeste é predominante semiárida, apresentando um regime pluviométrico irregular, marcado por longos períodos veranicos e secos, intercalados por curtos períodos úmidos e chuvosos, geralmente iniciando no mês de fevereiro e estendendo-se até o fim de maio.

Na Região Semiárida brasileira os rios são, na maioria, intermitentes e condicionados ao período chuvoso, quando realmente se tornam rios superficiais, ao passo que no período seco parecem se extinguir e na realidade estão submersos nas aluviões dos vales, ou baixadas, compondo o lençol freático já com pouca reserva de água (ARAÚJO, 2011). O que vem a condicionar a região nordeste a conviver com a escassez hídrica durante o período seco.

Para diminuir os problemas com a falta d'água na região semiárida brasileira, que além da baixa pluviosidade ainda conta com altas temperaturas, aliadas a altas taxas de evaporação, adotou-se a tecnologia de represar os rios e riachos, formando reservatórios superficiais, e perenizando os rios outrora anuais. Formando assim a principal fonte de água da região no período de estiagem.

Devido a essa condição de principal fonte de água da região nordeste, sendo utilizada para diversos fins, como uso doméstico, industrial e agrícola, surge uma preocupação com o controle da poluição desses corpos hídricos. Para isso é necessário que se analise a qualidade da água presente. Segundo Ramos et. al. (2014) a investigação das diferentes condições de uso e manejo e são fundamentais para entender os processos de degradação dos solos e o potencial de contaminação das águas.

A qualidade da água reflete os efeitos agregados de vários processos ao longo do caminho percorrido pela mesma e é influenciada pelas características da bacia hidrográfica (MASSOUD, 2012). As águas represadas estão sujeitas à deterioração de sua qualidade devido à alta taxa de evaporação e aos aportes de nutrientes oriundos da agricultura e esgotos domésticos (LIU et al., 2011).

Contudo percebemos nesse contexto a real necessidade da análise qualitativa das águas em reservatórios presentes na região semiárida, devido a sua predominância de vegetação pouco densa, hiperxerófila, ou seja, com poucas folhas, o que sofre uma maior propensão à ação degradativa dos solos e consequentemente o carreamento desses sedimentos para o reservatório. Além dos resíduos gerados pela produção agrícola, e do desmatamento para a utilização dessas áreas para fins agrícolas, que na região nordeste geralmente ocorre ou em áreas próximas aos rios e reservatórios ou as margens destes.

A utilização dessa fonte hídrica é essencial para a vida humana, assim como animais. Necessitando de uma água de boa qualidade principalmente para o uso doméstico. Porém a urbanização gera resíduos hídricos que muitas vezes são despejados nos corpos hídricos sem quaisquer tratamentos, tendo isso como uma forte fonte de contaminação.

É extrema importância que se conheça a qualidade da água que estamos utilizando para produzir nossos alimentos, para o nosso consumo próprio, tanto a curto quanto em longo prazo. Pois em recursos hídricos, os parâmetros envolvidos, relativos à qualidade de água, exibem um comportamento variável no espaço, requerendo uma boa análise para interpretação dos dados. Nessa análise, o estudo espacial é uma poderosa ferramenta que tem contribuído cada vez mais para as pesquisas. Uma de suas aplicações é a elaboração de mapas temáticos que permitam analisar a variável em estudo e o seu comportamento no espaço. Esse artifício é cada vez mais utilizado para definir zoneamentos e, assim, identificar subáreas para traçar estratégias de manejo inovador dos recursos naturais (FERREIRA et al. 2015).

A análise desses índices de qualidade no reservatório como um todo, ou seja, em todo o espelho hidráulico, principalmente os parâmetros relacionados a salinidade da água, tanto químicos, como físicos e biológicos, o que poderá através de um monitoramento, nos dizer em que época do ano e qual a região do reservatório teremos uma melhor qualidade da água para determinado fim, como para o uso na irrigação, captação para consumo humano, entre outros, mapeando os dados encontrados.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento espaço-temporal de parâmetros indicadores de salinidade da água, em um reservatório superficial na região semiárida.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

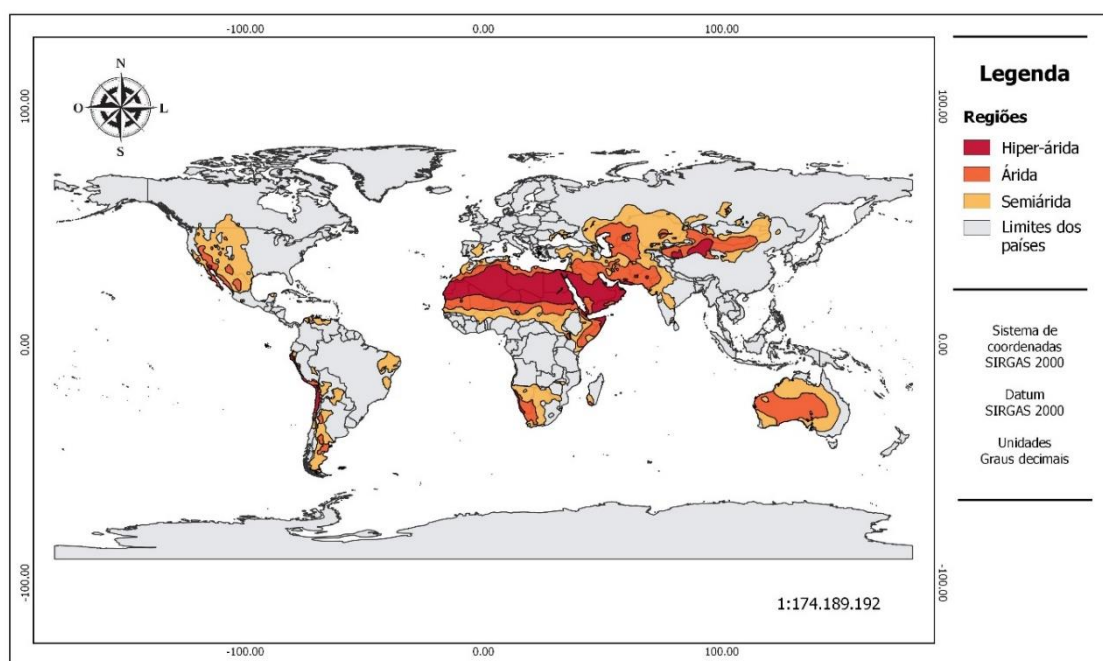
- Monitorar e determinar a qualidade das águas do reservatório, levando em consideração indicadores de salinidade da água, em distintas épocas dentro de um ano hidrológico (2016-2017) e em diversos pontos distribuídos no espelho hidráulico do reservatório;
- Mapear e geoespacializar os indicadores de qualidade da água, relacionados a salinidade, para cada época dentro do ano hidrológico;
- Correlacionar a variação espaço-temporal da qualidade da água no reservatório com a sazonalidade pluviométrica e a variação de volume do reservatório ao longo do ano hidrológico.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. SEMIÁRIDO E ÁGUAS SUPERFICIAIS

As zonas áridas e semiáridas constituem um conjunto de formações naturais complexas, dispersas em vários pontos do planeta e muito diferenciadas entre si, conforme a Figura 01, mas guardando pontos comuns de identificação que as tornam singulares em relação a outros ecossistemas e devem ser consideradas nas suas inter-relações e correlações com outras zonas ecológicas do planeta. Apesar de sua complexidade, as zonas áridas e semiáridas apresentam comumente um potencial natural e cultural que permitem um desenvolvimento sustentável (ECO 92, 1992).

Figura 01: Distribuição das regiões hiper-áridas, áridas e semiáridas no mundo.



Fonte: Ribeiro Filho (2018), adaptado de UNEP-WCMC (2007).

A região semiárida do Brasil é caracterizada por longos períodos veranicos e secos, com altas temperatura e evaporação, seguida de períodos úmidos e chuvosos, predominando chuvas de alta intensidade e curta duração, se dispondo de forma irregular durante o período chuvoso.

De acordo com Morengo et. al. (2011) o clima semiárido no interior da região Nordeste apresenta, em média, precipitação acumulada inferior a 600 mm ano⁻¹. No norte da região, área que abrange a maior parte do semiárido, o período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro a maio. Este setor se destaca em virtude de nele ocorrerem as maiores secas. A estação seca ocorre, na maior parte da região, entre os meses de agosto e outubro.

Segundo Araújo et. al. (2011) a região semiárida do nordeste do Brasil apresenta como fator de destaque o clima, responsável pela variação dos outros elementos que compõem as paisagens. Ao clima estão adaptados a vegetação e os processos de formação do relevo, com predomínio de um processo sobre outro e de acordo com a época do ano, período seco ou chuvoso; os solos são, em geral, pouco desenvolvidos em função das condições de escassez das chuvas, tornando os processos químicos mitigados.

A maioria dos rios predominantes na região semiárida são caracterizados como rios anuais, diminuindo o acesso que o sertanejo tem a água, limitando o desenvolvimento da região. Sendo a água um recurso escasso, há muito tempo os nordestinos sofrem os efeitos dessa escassez, chegando em períodos de seca drástica a castigar grande parte da população, levando alguns a morte. Com isso adotou-se a tecnologia de barragens, onde o barramento dos rios gera um reservatório e a perenização desses rios, proporcionando um acesso contínuo a água. Segundo Andrade; Meireles; Palácio, (2010) a política de açudagem tem o propósito de minimizar a escassez de água principalmente no período de estiagem. Constituindo assim a principal fonte hídrica par uso doméstico, industrial e agrícola.

A escassez dos sistemas hídricos atrelados a efeitos extremos como a seca é um grande desafio para os gestores desses recursos, uma vez que o aquecimento global mina a vulnerabilidade do recurso hídrico, afetando o desenvolvimento econômico (KUSANGAYA et al., 2014; VARGASAMELIN; PINDADO, 2014).

3.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO SEMIÁRIDO

A água dentre os recursos naturais é o mais importante, pois ela é um bem essencial para a sobrevivência de todas as espécies do planeta, sendo também o recurso natural que mais enfrenta problemas em termos de qualidade e quantidade (BATISTA et. al. 2014).

A água é disponibilizada sempre, prioritariamente para o abastecimento humano e uso doméstico, seguidas do uso industrial e agrícola. No caso de regiões áridas e semiáridas a água de boa qualidade destinada ao uso agrícola, principalmente para irrigação, é limitada, porém a necessidade de aumentar a produção de alimentos aumenta a necessidade da utilização de águas de inferior qualidade, que vão limitando a produtividade agrícola e posteriormente degradando os solos dessas regiões (ALMEIDA, 2010).

A ação antrópica altera tanto os processos biológicos, como químicos e físicos do ambiente, devido ao uso e ocupação dos solos e dos corpos hídricos, que podem gerar a contaminação das águas superficiais, tanto pela geração de resíduos domésticos e industriais, como provenientes de áreas agrícolas, vindo a comprometer a qualidade da água, assim como assoreamento dos reservatórios, diminuindo a capacidade volumétrica destes.

A utilização indevida dos solos acarreta em fontes de poluição, pontual ou difusa, para os reservatórios, alterando a qualidade das águas do mesmo, por intermédio do escoamento superficial ao longo de toda bacia hidrográfica.

O escoamento superficial é um fenômeno sazonal, extremamente afetado pelas condições climáticas da bacia, onde a qualidade da água é determinada por processos naturais como intensidade das precipitações, intemperismo, cobertura vegetal, e pela influência da ação antrópica, como agricultura, concentração urbana, atividade industrial e uso excessivo da água. Logo, o uso correto dos solos na área da bacia hidrográfica de contribuição influencia intrinsecamente na qualidade da água (VEGA et. al., 1998).

Os sedimentos carregados para dentro dos reservatórios influenciam intrinsecamente na qualidade da água destes. Trazendo com si elementos químicos, que se depositam nos corpos hídricos. Esses elementos são provenientes de toda a área da bacia. Além deste pode-se tomar como fator contaminante os resíduos gerados por indústrias, agroindústrias, ou doméstico.

Atrelado aos fatores gerados pela ação antrópica, as altas temperaturas e consequentemente altas taxa de evaporação, que ocorrem em maior período do ano, aliado ao baixo índice pluviométrico, influenciam no comprometimento da qualidade das águas superficiais na região semiárida.

De acordo com Suassuna (2010), na região semiárida, em especial na pequena e média açudagem, o ponto crucial para a problemática da salinização dos açudes, é devido a esses reservatórios mostrarem formas geométricas variadas em virtude da falta de planejamento inicial no momento da sua construção acarretando sérias falhas de dimensionamento, existindo, desta forma, açudes que nunca sangraram, e com isso houve uma concentração de salinidade nas águas armazenadas nesse reservatório devido a evaporação acentuada da região (ANDRADE et al., 2006; ARAÚJO NETO et al., 2010; LEMOS; NETO; DIAS, 2010).

Além dos problemas de qualidade das águas superficiais no tangente a salinidade, os reservatórios localizados em regiões semiáridas sofrem com altos índices de eutrofização de suas águas. O processo de eutrofização descreve-se como o aumento da fertilidade dos ambientes aquático ocasionado devido a entrada excessiva de nutrientes, especialmente o fósforo total e nitrogênio nos corpos hídricos, acarretando no crescimento acelerado das plantas aquáticas. A eutrofização tornou-se um problema bastante relatado de deterioração da qualidade de água em reservatórios (RIBEIRO et al., 2005).

O excesso de nutrientes gerado pelo escoamento superficial acelera o processo de eutrofização que pode ocorrer naturalmente. Segundo Fragoso Junior et al. (2007), este processo de enriquecimento provoca o aumento de biomassa de algas, geralmente acompanhado por florações de cianobactérias ou algas verdes, do desaparecimento de macrófitas aquáticas submersas e da predominância de peixes que se alimentam de bentos e plantas, além de maior turbidez da água.

Para Cordeiro et al. (2009), o Índice do Estado Trófico (IET) tem como finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, de forma confiável, através do levantamento das concentrações do nutriente limitante e da clorofila "a". O IET funciona como um registro das atividades humanas nas várias bacias hidrográficas, além de oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, mediante estratégias

que direcionem a sustentabilidade dos recursos hídricos e que garantam os usos múltiplos da água, em médio e longo prazo (FIA et al., 2009).

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos. Esses procedimentos permitem a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades, tais como planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água (ANA, 2011). Possibilitando traçar estratégias importantes para o manejo sustentável do uso dos recursos hídricos (TRINDADE, 2013).

Segundo Fuller (2008), um sistema de monitoramento baseia-se em análises da qualidade da água, do uso e ocupação do solo e através de mapas temáticos, que visam organizar os dados e informações, o que resulta em uma gestão integrada de recursos hídricos.

3.3. MONITORAMENTO E ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Para se acompanhar a qualidade das águas é necessário o monitoramento, através de métodos simples, objetivos e interpretáveis que utilizem características peculiares de cada corpo hídrico. Nesse contexto, os índices de qualidade de água que indicam possíveis alterações (degradação ou recuperação) dos recursos hídricos no tempo e no espaço estão sendo bastante empregados (ANDRADE et al, 2005; LOPES et al., 2008; LOBATO et al., 2008; MEIRELES et al., 2010). Utilizando o método de monitoramento espaço-temporal é necessário a determinação de muitas características da água em vários locais e períodos, o que gera um grande número de informações correlacionadas. Porém, somente uma estreita parcela dos dados coletados podem apresentar informações significativas. A medida que a maior fatia das variáveis encontradas pouco pode adicionar em termos de informações importantes para caracterização da qualidade das águas (SIMEONOV et al., 2003; ANDRADE et al., 2007).

De acordo com Almeida e SchwRzbold (2003), Boy Acioglu (2007) e Kulandaivel et al. (2009), atualmente utiliza-se largamente os intitulados “índices de qualidade da água” com a finalidade de caracterizar e monitorar a qualidade dos recursos hídricos na escala de bacias hidrográficas, os quais

refletem o nível de salubridade desse recurso natural. Segundo Boy Acioglu (2007) e Basso e Carvalho (2007), esses índices operam como integradores das características físico-químicas e biológicas da água, resumindo várias informações em um único resultado numérico, expondo as alterações do ecossistema e contribuindo para as deliberações mais eficazes no manejo de bacias.

Segundo Araújo Neto et. al (2014), os índices de qualidade de água com base na opinião de especialistas e em métodos estatísticos são comumente citados na literatura, contemplando, no entanto, um certo grau de subjetividade, pois dependem da escolha das variáveis que constituirão os indicadores principais das alterações da qualidade de água. No entanto, como instrumentos de avaliação da evolução espacial e temporal da qualidade das águas para irrigação, estes índices permitem acompanhar as alterações ocorridas nos corpos hídricos de maneira direta através da conversão de informações variadas, em um único resultado numérico (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003; LOPES et al., 2008; MEIRELES et al., 2010).

Através da aplicação de índices, a correlação de informação acerca da qualidade de água pode ser realizada utilizando-se Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na implementação e interpretação de dados para um diagnóstico ambiental mais preciso, rápido e de menor custo (ANDRADE et al., 2005; LEÃO et al., 2004). De acordo com Rosa e Brito (1996) e Lopes et al., (2008), o objetivo geral de um SIG é servir de instrumento eficiente para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, possibilitando integrar em uma única base de dados, informação representando vários aspectos do estudo de uma região.

De acordo com Almeida e Schwarzbald (2003), os índices de qualidade das águas são aplicados nas mais diferentes formas como uma metodologia integradora, por converter várias informações em um único resultado numérico. Além disso, evidencia o nível de qualidade de água e elimina tendências individuais de pesquisadores. O mais conhecido e aceito é o proposto pela National Sanitation Foundation, o qual vem sofrendo adaptações nas mais diferentes regiões do globo (JONNALAGADDA; MHERE, 2001). O uso desses índices é uma experiência que todo programa de monitoramento de águas superficiais pressupõe como forma de observar, através de informações

resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Além de refletir a interferência de substâncias orgânicas, nutrientes, sólidos e microbiológicos na qualidade das águas.

O conhecimento do teor total de sais solúveis ou condutividade elétrica, geralmente expressa como CE, presente na água, assim como do teor de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio ou razão de adsorção de sódio, possibilita a utilização e manejo da água de forma mais adequada na agricultura irrigada (PIZARRO, 1985; FREIRE et al., 2003; BRITO et al., 2005; CHAVES et al., 2009).

De acordo com Maia (1998), a composição química da água ou da solução do solo pode ser expressa como uma relação entre os íons solúveis existentes. Essa relação é chamada Razão de Adsorção de Sódio (RAS). Segundo Fageria (1989), a RAS é importante determinação da qualidade da água de irrigação, em relação à presença do íon sódio, e é a melhor característica para avaliar o problema de sódio nos solos, por levar em consideração a concentração do cálcio e do magnésio, isto é, é um índice que expressa a possibilidade de que a água de irrigação provoque a sodificação do solo, no que depende da proporção do sódio em relação ao cálcio e magnésio. Nos solos sódicos, a percolação de água é muito baixa e o controle da salinidade é o principal problema associado a esses solos. Devido a terem baixa concentração de sais solúveis e pH alto, os solos sódicos podem apresentar toxicidade direta para muitas culturas em decorrência da ação direta do sódio (QUEIROZ et al, 1997).

As águas podem ser classificadas para uso na irrigação por meio de diferentes diagramas, sendo o mais utilizado o diagrama proposto pelo United States Department Agricultural - USDA que considera a CE como indicadora do perigo de salinização do solo e a RAS como indicadora do risco de sodificação e redução da infiltração no solo. O conceito proposto por Richards (1954), diz que à medida que a salinidade da água aumenta diminui o risco de causar sodicidade. No entanto, ele tem sido frequentemente criticado por subestimar o risco de sodicidade e por não levar em consideração outros íons (ânions como HCO_3^- e CO_3^{2-}). Porém, a classificação expressa pela FAO leva em consideração a CE, como indicador do perigo de salinidade, e a RAS corrigida

ou RAS ajustada (ou simplesmente RAS), como indicador do perigo de sodicidade. Cada modalidade de cálculo tem como objetivo avaliar melhor o provável efeito do sódio existente na água em relação ao solo em que a mesma vai ser utilizada na irrigação (WILCOX e DURUM, 1967; RHOADES e LOVEDAY, 1990; HOLANDA e AMORIM, 1997). A RAS prevê melhor os problemas de infiltração causados nos solos por concentrações altas de sódio ou baixas de cálcio nas águas utilizadas para irrigação (AYERS; WESTCOT, 1999; MEIRELES, 2007; GHEYI; DIAS; LACERDA, 2010).

A principal divergência entre algumas classificações é que o USDA tem como hipótese: o cálcio e o magnésio tem a mesma seletividade de troca iônica, o que não corresponde à realidade; para uma mesma RAS a adsorção de sódio cresce ao aumentar a relação Ca/Mg devido à menor energia de adsorção do magnésio, não levando em conta a possibilidade de precipitação de sais, fenômeno que pode aumentar o risco de sodicidade, já que o cálcio é o cátion mais sujeito a reação, precipitando na forma de carbonato e sulfato que são de baixa solubilidade. Já a classificação do UCCC (University of California Committee of Consultants) considera a precipitação do cálcio, levando em consideração os ânions como carbonato (CO_3^{2-}) e sulfato (SO_4^{2-}). Outra diferença entre as classificações é que a classificação do USDA ou mais conhecida como teoria de RICHARDS tem um erro conceitual, pois, os sais da solução do solo tem um efeito floculante, oposto ao efeito dispersante do sódio trocável. Dessa forma, para uma mesma RAS o risco de sodicidade será menor quanto maior for a CE, assim as linhas descendentes no diagrama não são descendentes como proposto pelo USDA, mas sim ascendentes como traçadas empiricamente com os valores das classes de salinidade do UCCC, citado por Pizarro (1985) e das classes de sodicidade/infiltração apresentadas por Ayers e Westcot (1999).

3.4. ESTUDOS SOBRE A VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DE ÁGUAS EM RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS NO SEMIÁRIDO

Lopes (2008) desenvolveu um trabalho com o propósito de avaliar a variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas superficiais da bacia

hidrográfica do Acaraú, localizada na região Norte do Estado do Ceará, usando um Índice de Qualidade de Água – IQA associado a um Sistema de Informações Geográficas – SIG. Realizado nos anos de 2003 e 2004, o estudo analisou a percentagem de saturação de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, pH, fósforo total, nitrato, coliformes termos tolerantes, turbidez e sólidos em suspensão. Foram construídos mapas que apresentam as áreas de maior ou menor vulnerabilidade da qualidade das águas superficiais da bacia do Acaraú. Encontrou-se, em locais onde os esgotos são lançados ao rio, os indices mais baixos de IQA. Não houve diferença significativa nos IQA entre as estações chuvosa e seca, e concluiu-se que as águas da bacia do Acaraú enquadrou-se em classes que vão de regular a boa.

Chaves (2010) estudou a qualidade da água para a irrigação através da elaboração de um perfil potencial da distribuição espacial da qualidade da água superficial para irrigação no Estado do Ceará, nos períodos seco e chuvoso. Os dados foram provenientes das coletas de água nos reservatórios do estado, realizadas pela COGERH, no período de 1998 a 2006. Utilizando a Condutividade Elétrica (CE) e a Razão de Adsorção de Sódio (RAS), ele classificou as águas para fins de irrigação, conforme a classificação proposta pelo USSL, e, através da ferramenta SIG, espacializou esses dados para todo o Estado, que apresentou a maior parte do seu território com um potencial de boa qualidade das águas superficiais para fins de irrigação (C2S1) nos períodos seco e chuvoso, não apresentando restrições de uso para a maioria das culturas. Porém, apenas no período chuvoso, 0,01% do território revelou potencial para águas do tipo C4S2.

Araújo Neto (2014) utilizou o geoprocessamento para mapear a qualidade da água para irrigação nos reservatórios do Estado do Ceará, empregando-se a técnica multivariada através análise de componentes principais (ACP). O estudo foi realizado no período de 1998/2009, com um total de 807 coletas realizadas em 48 reservatórios georeferenciados. Com fins de gerar um índice de salinidade (ISal) para classificar as águas desses reservatórios. Foram desenvolvidos mapas que identificam a escala de vulnerabilidade dos reservatórios e correspondentes sub-bacias quanto à salinidade. O íon que apresentou maiores restrições foi o Na^+ , seguido do Mg^{+2} , Cl e da CE. Os valores do ISal proposto variaram entre 40,6 e 95,3, que

classificaram as águas entre moderada a alta restrição de uso. Tendo como resultados algumas regiões que apresentaram alta restrição ao uso da água superficial de reservatórios para irrigação, composta por parte da bacia Metropolitana e do Médio Jaguaribe, regiões estas que apresentaram maiores restrições em decorrência de altas salinidades. Outras duas regiões apresentaram moderada restrição ao uso da água para irrigação, sendo que uma região envolve parte das bacias do Acaraú, Coreaú e Parnaíba e a outra é definida pela bacia do Salgado e parte do Alto Jaguaribe, sendo que as restrições moderadas são em virtude das baixas salinidades.

Silva (2016) avaliou a qualidade das águas superficiais e detectou possíveis degradações que são de fundamental importância para monitoramento do manejo de bacia do alto Jaguaribe, Ceará. O estudo foi realizado de 2001 a 2015 analisando condutividade elétrica (CE), cloreto (Cl), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), de 750 amostras. Foi aplicada a técnica de Estatística Multivariada Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH) para formação da similaridade entre os reservatórios. E encontrou como resultados que, as águas dos reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe apresentaram moderado risco à salinidade, com exceção dos reservatórios da região dos Inhamuns, em que foram encontradas elevadas concentrações de sais. Os açudes Broco e Favelas obtiveram as maiores concentrações de sais dentre os estudados, com valores acima dos limites para consumo humano e irrigação, fato ocorrido pela baixa capacidade dos reservatórios, elevada taxa de evaporação e baixa pluviosidade, acarretando aumento da concentração de sais do corpo hídrico.

Silva (2017) realizou um trabalho com a finalidade de avaliar a qualidade de água do vale perenizado no rio Trussu, através do emprego de índice de qualidade de água - IQA, em dois períodos distintos. Um estudo inicial foi realizado nos períodos de 2002 a 2004, com coletas pontuais nos meses de setembro e fevereiro, no vale perenizado do rio Trussu, Ceará, em águas superficiais e subterrâneas. Depois, o estudo foi realizado no período de 2013 a 2015, sendo realizadas coletas mensais no primeiro período e bimestrais no segundo. Os atributos analisados foram sódio (Na^+), cloreto (Cl), nitrato (NO_3^-), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e razão de adsorção de sódio (RAS). A partir das concentrações dos parâmetros, foi-se aplicado um

Índice de Qualidade de Água – IQA para possíveis avaliações tanto espacial como temporalmente. As águas superficiais não sofreram ao longo do tempo grandes degradações comparando os dois períodos. As águas subterrâneas obtiveram uma maior oscilação temporal, porém não diferiram estatisticamente entre as médias. Em uma avaliação espacial, nas águas superficiais todos os pontos foram classificados como bons e as águas subterrâneas houve classificação de pontos distintos, sendo dois classificados como bons e dois como ruins.

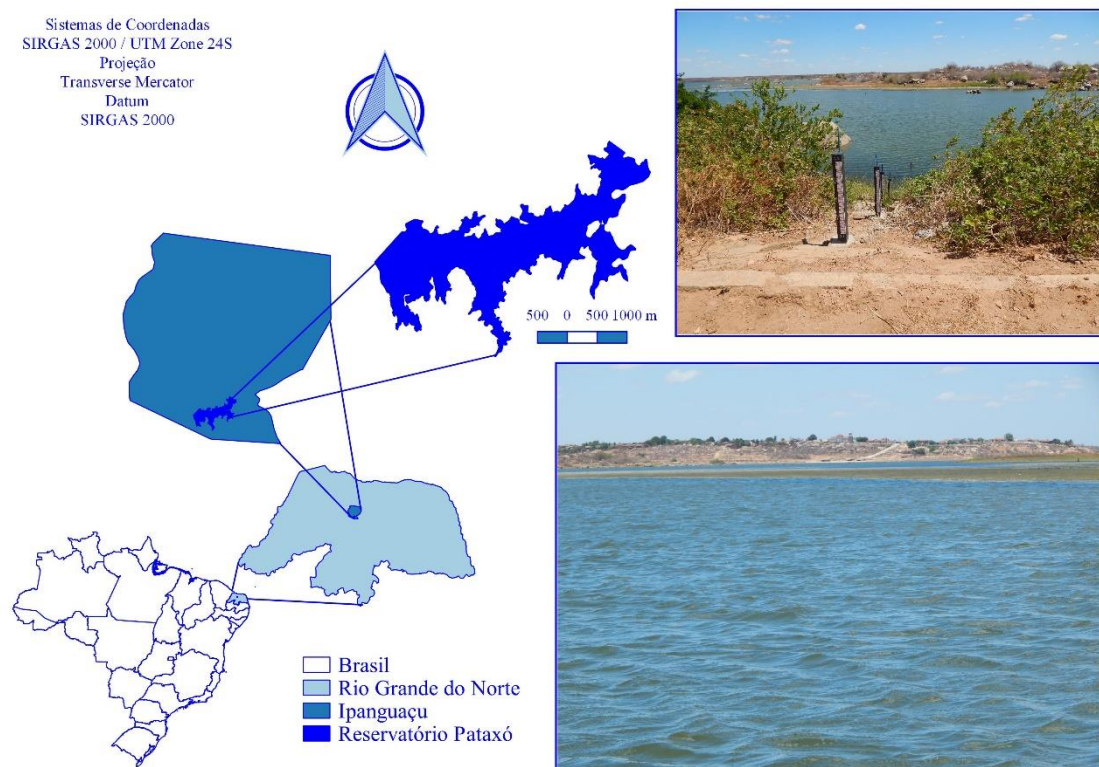
Araújo (2017) percebeu que áreas ambientalmente frágeis, como o semiárido brasileiro, necessita ter seu uso do solo controlado. Sobretudo regiões que possuem reservatórios estratégicos, como é o caso do Armando Ribeiro Gonçalves, que está inserido na Unidade de Planejamento Hidrológico “Médio Piranhas Potiguar”, onde sabemos que esse tipo de processos na bacia, pode vir a comprometer a qualidade da água. Com isso utilizando técnicas de geoprocessamento e utilização de imagens de satélite obteve informações ambientais e de respostas rápidas e eficazes sobre o padrão de uso e ocupação do solo e suas mudanças ao longo do tempo. Para isso, ele utilizou o software QGis e o complemento Semi-AutomaticClassification Plugin (SCP), para realizar classificações supervisionadas do uso e ocupação do solo para os anos de 2002 e 2017, e calculou os percentuais de área de cada classe. A ocupação foi classificada em: água, agricultura, vegetação aberta, vegetação densa e solo exposto. Foi possível evidenciar que houve mudanças no uso e ocupação do solo nesse período de 15 anos, e que devido às características ambientais da região, isso pode intensificar a fragilidade ambiental natural, aumentando os processos de degradação ambiental.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no reservatório do açude público Pataxó (Figura 1), localizado no município de Ipanguaçu, estado do Rio Grande do Norte, mais precisamente na comunidade de Pataxó.

Figura 1. Localização da área de estudo e imagens do reservatório Pataxó.



Fonte: Autoria própria (2018).

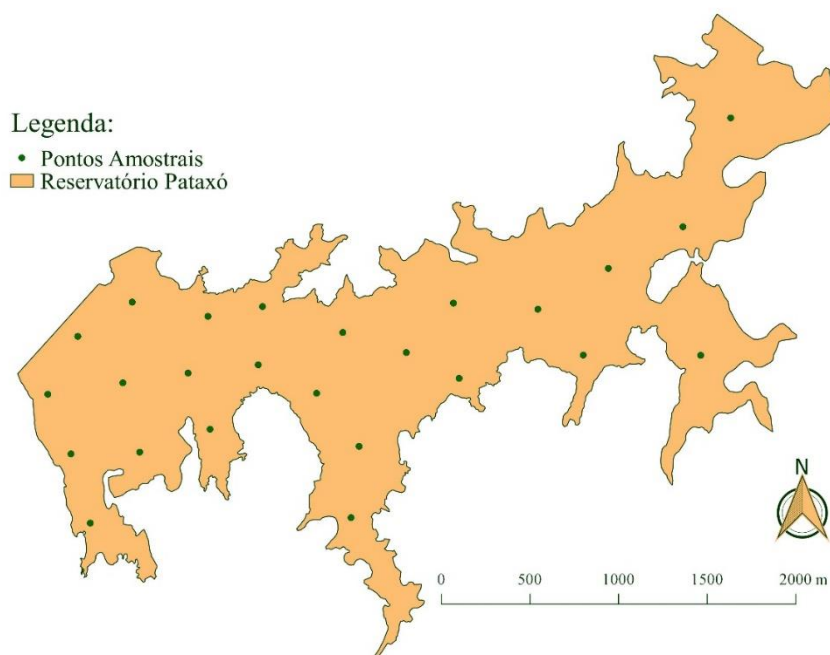
O reservatório está sob as coordenadas 05°37'03,33" Sul e 36°49'50,76" Oeste. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo BSwh' (CARMO FILHO; ESPINOLA SOBRINHO; MAIA NETO, 1991), que significa "Clima seco, com evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual". A região apresenta dois períodos climáticos bem definidos e distintos, o chuvoso e o seco. Segundo a EMPARN (2017), o período chuvoso vai dos meses de fevereiro a maio, com precipitações máximas nos meses de março e abril e média da precipitação total anual de

aproximadamente 630 mm. O reservatório possui capacidade máxima de 15,02 milhões de m³ e é destinado aos usos múltiplos, principalmente abastecimento urbano, irrigação e pesca extrativista.

4.2. AMOSTRAGEM E COLETAS

Para a realização das coletas, foi pré-estabelecido um grid com 25 pontos amostrais distribuídos na superfície do espelho d'água do reservatório, abrangendo toda área de forma mais representativa possível, conforme se observa na Figura 2. Esses pontos foram georreferenciados no Google Earth e suas coordenadas embutidas num GPS, para fins de localização *"in situ"*.

Figura 2. Distribuição espacial dos pontos amostrais na bacia hidráulica do reservatório de Pataxó.



Fonte: Autoria própria (2018).

O trabalho foi desenvolvido durante um ano hidrológico completo, iniciando em novembro de 2016, período que antecede a estação chuvosa na região, até novembro de 2017. Ao longo desse período foram realizadas 4 coletas de água, espaçadas no tempo em 3 meses cada, sendo elas: novembro/2016, fevereiro/2017, maio/2017 e agosto/2017.

As 4 coletas de água, ocorridas em épocas distintas, foram realizadas sempre nos mesmo pontos amostrais. Para isso, utilizou-se um GPSMAP 78s Garmim (Figura 3a) para realizar a localização de cada ponto e uma embarcação a remo, do tipo canoa (Figura 3b), para locomoção no espelho d'água do reservatório.

Figura 3. GPS (a) e embarcação (b) utilizados nas coletas de água.

a.



b.



Fonte: Acervo do pesquisador (2017).

As amostras de águas foram coletadas utilizando garrafas de Polietileno tereftalato (PET), com volume de 500 ml cada, a uma profundidade de aproximadamente 15 cm da superfície do espelho d'água. No momento de cada coleta, era realizada uma tríplice lavagem dos recipientes com a água do próprio reservatório. Após coletadas, as garrafas eram vedadas, identificadas e devidamente acondicionadas em caixas isotérmicas isoladas, para em seguida serem transportadas ao laboratório de Solo, Água e Planta (LASAP) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), onde foram analisadas.

4.3 ANÁLISES QUÍMICAS DA ÁGUA

Uma vez no LASAP/UFERSA, as amostras foram submetidas as análises químicas laboratoriais para a determinação dos seguintes parâmetros indicadores de salinidade: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica

(CE), cloro (Cl^-), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). Todas as análises seguiram as metodologias descritas em Donagema et al. (2011).

Uma vez determinados os valores de dos elementos químicos Sódio, Cálcio e Magnésio, foi realizado o cálculo da razão de adsorção de sódio (RAS), conforme equação 1.

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\left[\frac{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}{2} \right]^{0,5}} \text{ (Eq. 01)}$$

Em que,

RAS - Razão de adsorção de sódio;

Na^+ - Concentração de sódio, em meq L^{-1} ;

Ca^{2+} - Concentração de cálcio, em meq L^{-1} ;

Mg^{2+} - Concentração de magnésio, em meq L^{-1} .

4.4. ESTATÍSTICA E MAPEAMENTO

Foram realizadas análises de estatística descritiva e análise exploratória de dados, com o objetivo de visualizar o comportamento geral e identificar possíveis valores discrepantes, sem considerar a posição geográfica dos dados observados. Nessas análises, foram determinadas as medidas de posição (média, valores máximo e mínimo) e dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação).

A comparação entre os diferentes períodos de coletas, dentro do ano hidrológico, foi realizada pelo teste de comparação de médias por Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2016).

4.4.1. Preparação dos dados para uso no SIG

Para que os dados pudessem ser manipulados pelo SIG foi necessário conhecer a posição geográfica de cada um dos pontos amostrais, o que permitiu caracterizar o chamado sistema georreferenciado. O conjunto de dados foi georreferenciado por meio das latitudes e longitudes em UTM (Universal

Transversa de Mercator). O Datum dos pontos utilizados no estudo foi SIRGAS 2000.

Para realizar o mapeamento dos parâmetros de salinidade da água no reservatório, ao longo do ano hidrológico, foi escolhido o software livre QGIS versão 2.18.

Para espacialização dos parâmetros de salinidade da água, foi necessário criar um arquivo contendo as informações X, Y e Z, em que X é a latitude do ponto amostral, Y a longitude do ponto amostral e Z o valor da variável a ser espacializada.

O mapa vetorial do contorno do reservatório Pataxó, que foi usado como a “máscara” para a espacialização dos parâmetros de salinidade, foi obtido por meio da vetorização do espelho d’água do reservatório, utilizando imagens de satélites do Google Earth, correspondente ao período de coleta das amostras. O Datum dos mapas vetoriais do contorno do reservatório também foi o SIRGAS 2000.

4.4.2 Interpolação dos parâmetros de salinidade no reservatório Pataxó

De posse dos arquivos vetoriais dos pontos amostrais e do espelho d’água do reservatório, além dos vários arquivos dos parâmetros de salinidade, foram gerados os mapas interpolados propriamente ditos. Esses mapas foram criados em um terceiro tipo de arquivo, no formato grade (ou grid, ou imagem, ou raster). A interpolação dos dados medidos permite estimar outros valores para qualquer ponto no mapa, com base nos valores dos pontos amostrais mais próximas (PELLEGRINO et al., 1998).

De acordo com Pellegrino et al. (1998), para dados quantitativos com distribuição espacial contínua, como no caso das variáveis estudadas, a interpolação pode ser feita por meio do método do inverso quadrado da distância (IDW). Esse método assume que o valor a ser estimado para a variável em um ponto X qualquer é proporcional ao valor medido em n pontos vizinhos (Y_i) e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o ponto X e cada um destes n pontos (D_i^2). Portanto, quanto mais distante o

posto estiver do ponto X, menor será seu peso, ou, em outras palavras, menor sua influência sobre o valor a ser estimado (Y_x) (PELLEGRINO et al., 1998).

Na equação 2, pode-se observar como é feita a interpolação pelo IDW.

$$Y = \frac{(\sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{D_i^2})}{(\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i^2})} \quad (\text{Eq. 02})$$

Em que,

Y - valor estimado;

Y_i - valor medido no ponto amostral i;

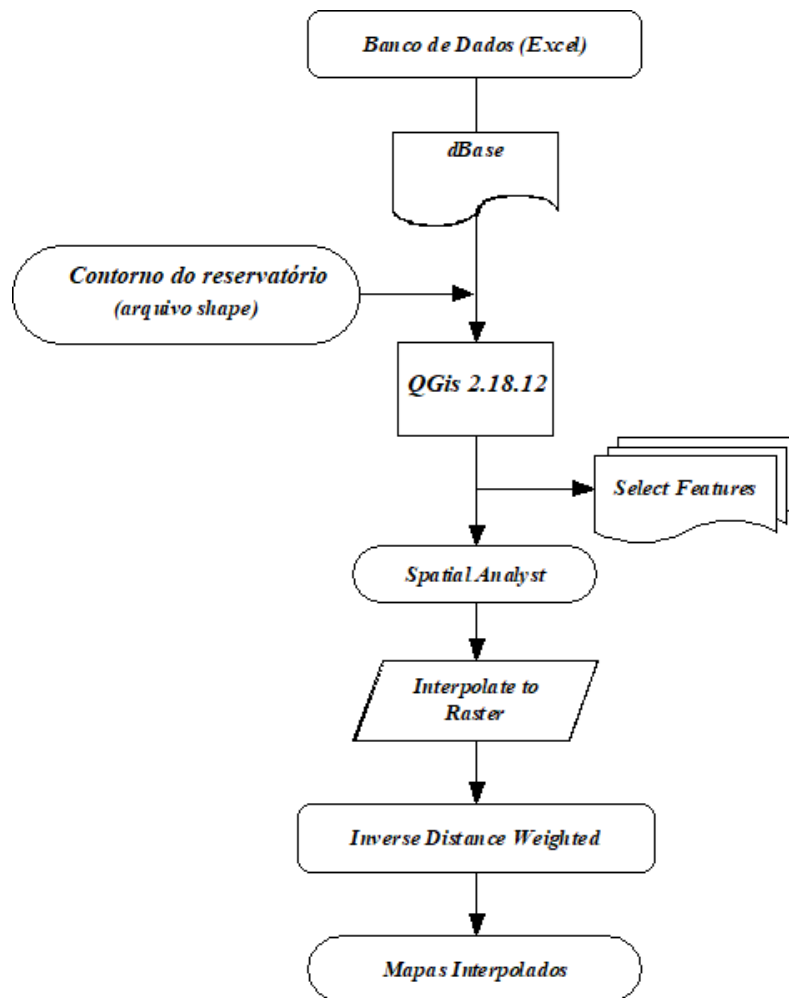
D_i - distância entre o ponto estimado e o ponto amostral i;

n - número de pontos amostrais usados para estimativa de Y;

i - número do ponto amostral (variando de 1 a n).

A Figura 4 descreve o fluxograma da rotina da interpolação dos mapas.

Figura 4. Fluxograma da geração dos mapas interpolados.



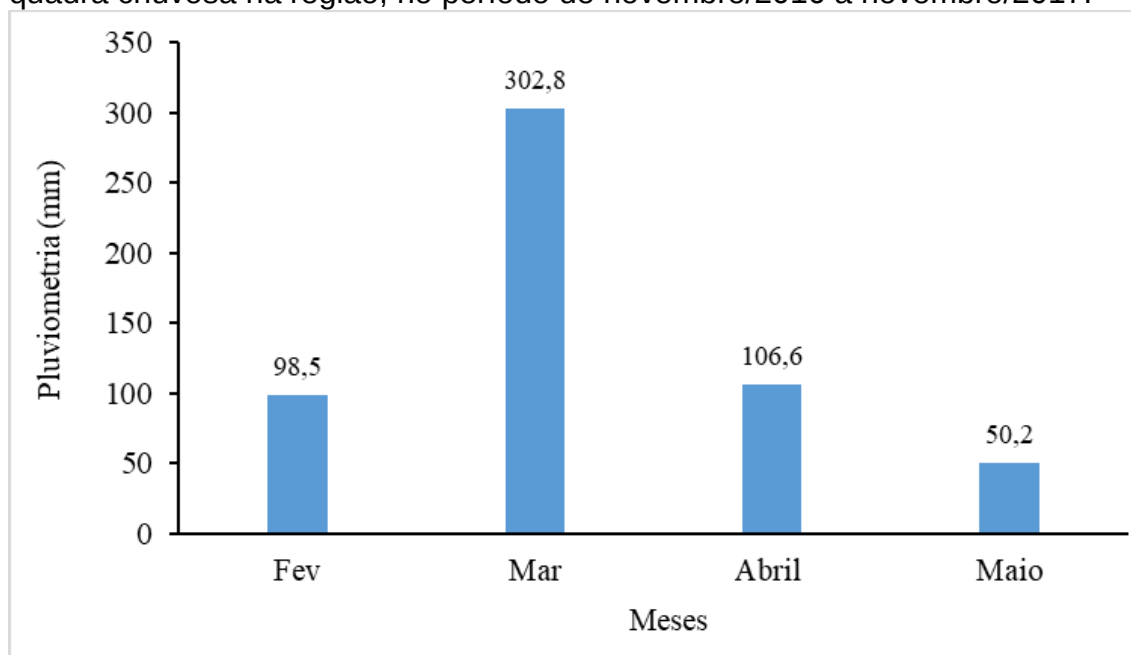
Fonte: Autoria própria (2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PLUVIOMETRIA E COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO

Na Figura 5 observa-se o hietograma com a distribuição temporal das chuvas durante a quadra chuvosa na região (fevereiro, março, abril e maio), no período de execução desta pesquisa (novembro/2016 a novembro/2017), na região onde o reservatório está inserido, totalizando um volume precipitado no período de 558,1 mm. Nela, verifica-se que o mês mais chuvoso foi março, seguido de abril, corroborando com a descrição climática da região feita pela EMPARN (2017).

Figura 5. Hietograma para a região do reservatório de Pataxó, durante a quadra chuvosa na região, no período de novembro/2016 a novembro/2017.

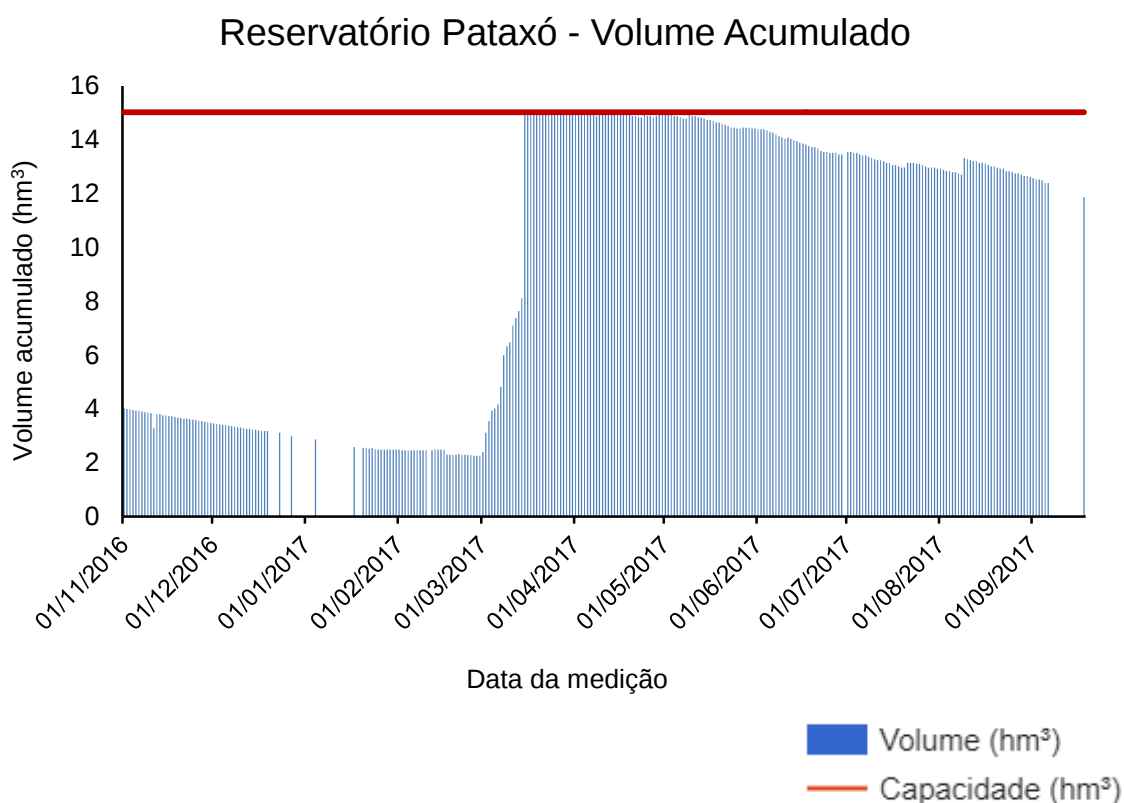


Fonte: Adaptado de EMPARN (2017).

O gráfico da Figura 6 mostra o armazenamento acumulado de água no reservatório de Pataxó, em função do total precipitado de chuva na região, no período de novembro de 2016 a novembro de 2017. Nele, observa-se que, no mês de fevereiro, o reservatório de Pataxó apresentava-se com aproximadamente 2,4 milhões de m³ (aproximadamente 16% da sua capacidade total). A partir do início do mês de março, onde os volumes pluviométricos foram maiores (Figura 5), observa-se um crescimento

acentuado do volume de água acumulado pelo reservatório de Pataxó, chegando a atingir sua capacidade máxima (15,02 milhões de m³) e sangria ainda durante mês de março, levando apenas 15 dias para sair de 16% para 100% da capacidade máxima, evidenciando uma rápida resposta aos índices pluviométricos da região.

Figura 6. Variação do volume acumulado de água no reservatório de Pataxó, no período de fevereiro a maio de 2017.



Fonte: Adaptado de ANA (2017).

5.2. ANÁLISE TEMPORAL DA SALINIDADE NO RESERVATÓRIO PATAXÓ

A Tabela 1 apresenta os resultados médios (μ), valores máximos ($V_{\text{máx}}$) e mínimos ($V_{\text{mín}}$), desvio padrão (σ) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros indicadores de salinidade: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), cloro (Cl^-), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}) + magnésio (Mg^{2+}) e razão de adsorção de sódio (RAS), das águas do reservatório de Pataxó, para os 25 pontos amostrais (N), dentro do ano hidrológico 2016/2017, nos meses de novembro/2016, fevereiro/2017, maio/2017 e agosto/2017. Nela,

podemos observar que ocorreram modificações significativas para todos os parâmetros avaliados em função das épocas de coletas e, conseqüentemente, do volume de água acumulado no reservatório.

Tabela 1. Estatísticas descritivas de pH, CE, Cl⁻, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e RAS, no reservatório do Pataxó, no período estudado.

Período	Estatística	Parâmetros					RAS
		pH	CE (dS/m)	Cl ⁻ -----	Na ⁺ (meq l ⁻¹)	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ -----	
Nov/2016 (1º Coleta)	N	25	25	25	25	25	25
	μ	8,28	0,60	1,86	8,86	2,62	7,77
	V _{máx}	9,01	0,66	2,10	10,90	3,40	9,56
	V _{mín}	8,02	0,55	1,40	7,70	2,10	6,59
	Σ	0,27	0,02	0,18	0,93	0,34	0,81
	CV (%)	3,30	3,95	9,41	10,50	12,98	10,44
Fev/2017 (2º Coleta)	N	25	25	25	25	25	25
	μ	9,10	0,91	3,03	7,73	2,55	6,86
	V _{máx}	9,77	1,03	4,00	9,20	3,22	8,35
	V _{mín}	8,60	0,83	2,50	5,00	1,95	4,60
	Σ	0,31	0,04	0,33	0,91	0,26	0,78
	CV (%)	3,37	4,55	11,06	11,73	10,20	11,40
Mai/2017 (3º Coleta)	N	25	25	25	25	25	25
	μ	6,88	0,16	0,83	0,73	1,08	1,00
	V _{máx}	7,10	0,24	1,10	1,00	1,53	1,52
	V _{mín}	6,70	0,10	0,50	0,70	0,81	0,80
	Σ	0,10	0,02	0,16	0,07	0,18	0,15
	CV (%)	1,50	15,63	19,23	10,13	16,53	14,49
Ago/2017 (4º Coleta)	N	25	25	25	25	25	25
	μ	8,44	0,17	1,16	2,06	1,49	2,42
	V _{máx}	9,19	0,23	1,50	2,90	2,43	3,67
	V _{mín}	7,90	0,15	0,90	1,80	1,16	1,63
	Σ	0,40	0,01	0,17	0,22	0,33	0,38
	CV (%)	4,79	8,69	15,00	10,70	22,03	15,75

* Médias assinaladas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando os resultados da Tabela 1, de uma maneira geral, observa-se que todas as variáveis indicadoras de salinidade que foram estudadas sofreram interferências grandes em seus valores por conta do volume de água acumulado no reservatório.

Os valores médios de pH no início da pesquisa (novembro/2016), quando o reservatório possuía aproximadamente 26% da sua capacidade máxima de acumulação, apresentou-se mais alcalino (8,28). Sendo que, em fevereiro de 2017, momento da segunda coleta, quando o reservatório

apresentava aproximadamente 16% da sua capacidade, essa alcalinidade aumentou (9,1). Esse resultado pode ser associado ao fato do açude encontrar-se em um volume muito baixo, devido a baixa incidência de chuvas e a alta evaporação do espelho d'água. Porém, na terceira coleta, realizada em maio/2017, onde o reservatório estava com 100% da sua capacidade de armazenamento, o valor de pH saiu da alcalinidade passando para uma leve acidez (6,88). Na última coleta, em agosto de 2017, com aproximadamente 85% da capacidade máxima de armazenamento, o valor de pH voltou para alcalinidade (8,44).

Em resumo, observou-se que os valores de pH sofreram decréscimo, saindo da condição de alcalinidade para uma pequena acidez, em função do aumento do volume acumulado de água no reservatório. Ou seja, pode-se observar que quanto maior o volume de água mais ácido é o montante de água represado, e a medida que esse nível de água vai caindo, por diversos usos, além de evaporação, o volume de água acumulado vai tornando-se alcalino. Em trabalho semelhante, Tavares et al (2017), também observou resultados parecidos e atribuiu esse comportamento ao acréscimo de nutrientes na água em função dos sedimentos carregados pelas enxurradas a montante do reservatório.

Todos os outros parâmetros de salinidade estudados (CE , Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} + Mg^{2+} e RAS) apresentaram comportamento semelhante ao pH, apresentando variação em seus valores em função do volume armazenado no reservatório, uns em maior e outros em menor intensidade. Porém, para todos eles, na coleta do mês de maio/2017, quando o reservatório apresentava seu maior volume (100% da sua capacidade), foi quando eles apresentaram seus menores valores. Já os maiores valores foram registrados nas coletas dos meses de novembro/2016 (pH, CE e Cl^-) e fevereiro/2017 (Na^+ , Ca^{2+} + Mg^{2+} e RAS), quando o reservatório possuía 26% e 16% da capacidade máxima de armazenamento, respectivamente.

Dessa forma, verifica-se que a medida que o volume de água presente no reservatório diminui, os sais se concentram e elevam os valores das variáveis, conseqüentemente, quando ocorre um aumento de volume do reservatório, gera uma diluição desses sais, reduzindo suas concentrações e diminuição de seus valores. Conforme Tavares et. al. (2017), dentre os fatores

que afetam a qualidade da água superficial, a pluviometria possui grande magnitude de influência, podendo interferir tanto de forma positiva, aumentando o volume armazenado nos reservatórios e consequentemente diluindo sais e poluentes, como de forma negativa, carreando sedimentos, poluentes e sais para dentro do reservatório.

Os íons Ca^{+} e Mg^{+} conferem a água a condição de dureza, verificou-se que com a diminuição do nível do reservatório, ocorre um aumento nos íons conferindo uma maior dureza a água, e a medida que o nível se eleva, essa dureza diminui.

Pegando como referência apenas os parâmetros CE e RAS, nos meses de fevereiro/2017 (reservatório com 16% do volume máximo) e maio/2017 (reservatório com 100% da sua capacidade máxima), sendo os períodos de menor e maior volume do reservatório ao longo do estudo, observa-se que esses parâmetros sofreram reduções de 82,42% e 85,42%, respectivamente. Provavelmente isso se deu por conta da diluição dos nutrientes e sais contidos na água por conta do acréscimo do volume de água no reservatório, ocasionados principalmente pelas chuvas do mês de março.

Seguindo a classificação de Warrick e Nielsen (1980), observa-se que os valores dos coeficientes de variação (CV), para todos os parâmetros estudados e em todos os períodos de coletas, durante o ano hidrológico 2016/2017, foram classificados na sua maioria como de baixa variação, com algumas exceções, em que a classificação foi de média variação. Entre as exceções estão CE, Cl^{-} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e RAS, para a coleta 3 (maio/2017) e Cl^{-} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e RAS, para a coleta 4 (agosto/2017). Isso indica que as águas do reservatório sofreram pequenas variações em relação a esses indicadores ao longo da distribuição espacial do espelho d'água. Essa variação entre os períodos de coletas também pode ser um indicativo da interferência da profundidade da lâmina de água no reservatório na variação dos indicadores de salinidade avaliados, visto que quanto maior o volume acumulado no reservatório maiores serão as variações de profundidade na distribuição espacial do espelho d'água.

De acordo com Ferreira et. al. (2015), os dados de desvio padrão e coeficiente de variação dão ideia da magnitude de variabilidade das propriedades analisadas, porém nada informa quanto ao comportamento

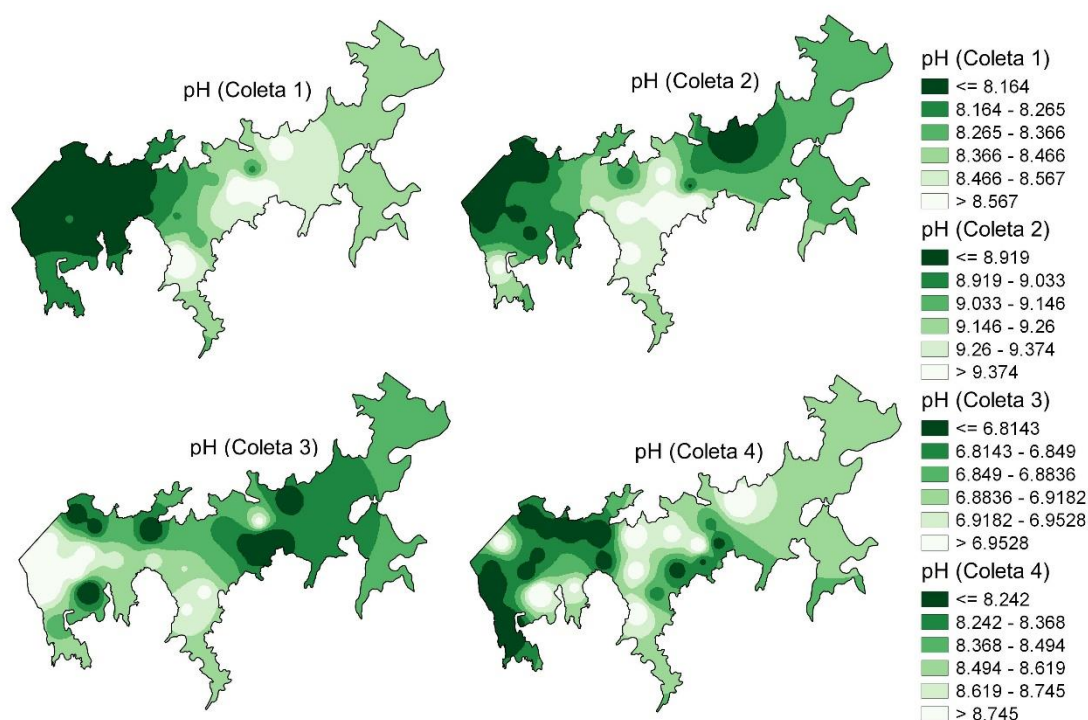
espacial das mesmas, o que só é possível por meio de técnicas de mapeamento.

5.3. ANÁLISE ESPACIAL DA SALINIDADE NO RESERVATÓRIO PATAXÓ

As Figuras 7, 8 e 9 apresentam a distribuição espacial ao longo do tempo para os resultados dos parâmetros indicadores de salinidade: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e razão de adsorção de sódio (RAS), respectivamente. Nelas, observa-se a espacialização dos parâmetros de salinidade para as coletas 1 (novembro/2016), 2 (fevereiro/2017), 3 (maio/2017) e 4 (agosto/2017), dentro do ano hidrológico 2016/2017.

Analisando a Figura 7, observa-se que os valores de pH variaram espacialmente no espelho d'água do reservatório para todas as coletas.

Figura 7. Variação espacial do pH no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (nov/2016 - Coleta 1), (fev/2017 - Coleta 2), (mai/2017 - Coleta 3) e (ago/2017 - Coleta 4).



Fonte: Autoria própria (2018).

Nas coletas 1 e 2, na Figura 7, quando o reservatório possuía 26% e 16% da sua capacidade máxima, respectivamente, os menores valores de pH

ocorreram próximos a área da parede do barramento, onde as profundidades são maiores. Já os maiores valores de pH (maior alcalinidade) foram observados nas partes mais rasas do espelho d'água, principalmente na região central, onde existem muitas ilhas.

Na coleta 3, Figura 7, quando o reservatório possuía 100% da sua capacidade de armazenamento, logo após a quadra chuvosa da região, percebe-se que, mesmo em condições de acidez, ocorreu uma inversão no comportamento espacial do pH, em relação as coletas 1 e 2. Percebe-se que as áreas mais próximas a parede do reservatório apresentaram maiores valores de pH quando comparada com as áreas mais a montante da parede (áreas mais rasas).

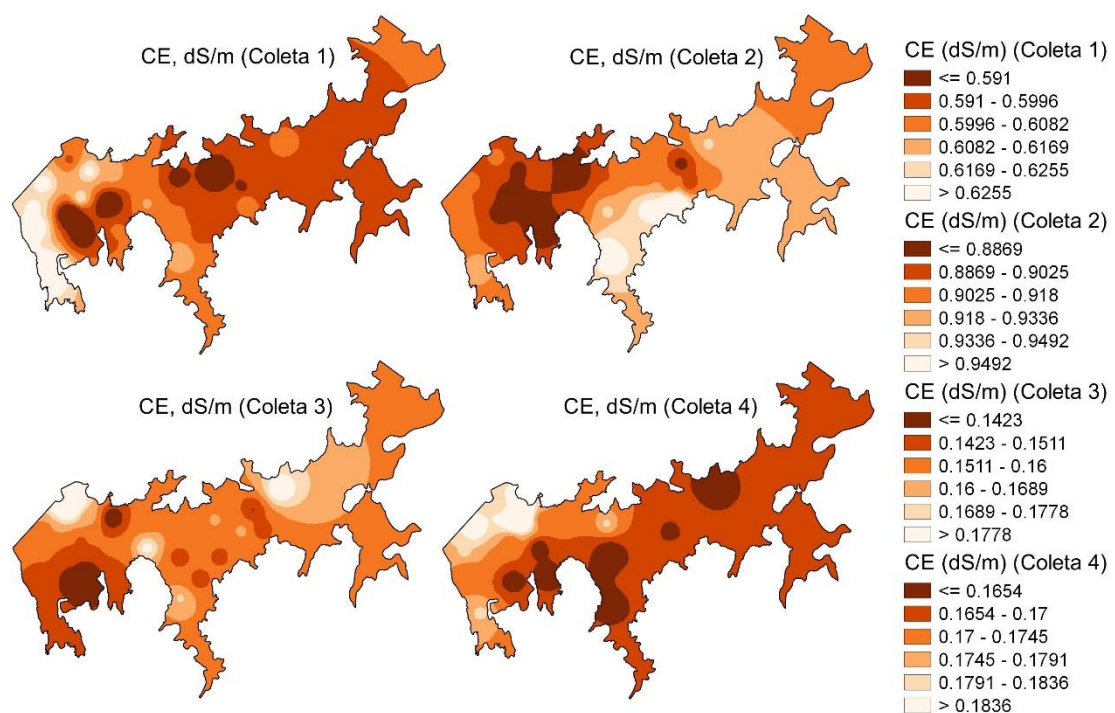
Na coleta 4, ainda na Figura 7, o nível de água do reservatório já apresentava decréscimo em relação a coleta 3, estando com aproximadamente 85% da sua capacidade, devido ao período de estiagem. Em consequência disso, podemos observar mais uma variação no comportamento espacial dos valores de pH, no espelho d'água do reservatório, onde as maiores alcalinidades são predominantes nas partes mais rasa do reservatório. Nas áreas próximas a parede do barramento aparentemente mostrou uma tendência de comportamento espacial semelhantes aos das coletas 1 e 2, indicando que, com a diminuição do volume acumulado no reservatório, a tendência seria o comportamento espacial do pH apresentar o mesmo padrão das coletas 1 e 2, quando o reservatório estava bem mais seco.

A salinidade da água depende da concentração total de sais solúveis, a qual pode ser determinada pela condutividade elétrica (CE). Analisando a Figura 8, observa-se que os valores de CE também variaram espacialmente no espelho d'água do reservatório para todas as coletas, porém apresentando padrões espaciais bem distintos para todas as coletas (1, 2, 3 e 4).

Para a coleta 1, na Figura 8, a região que apresentou CE mais elevada foram as áreas próximas a parede do barramento, além da região de captação para o abastecimento da comunidade. Uma fatia da área agrícola no entorno do reservatório, apresentou valores medianos de CE. Porém a outra fatia apresentou menores valores, expandindo-se para a região central do espelho d'água, que além de valores mais baixos, a partir de certo ponto, quando iniciava-se a aproximação da margem de um dos braços d'água, apresentou

valores medianos. Os valores mais baixos de CE encontrados na coleta 1 apresentam-se dispostos de forma pontual na região da borda esquerda central do espelho d'água e próximo a região de maior CE, que conseguimos visualizar na área de captação para abastecimento.

Figura 8. Variação espacial da CE (dS/m) no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (nov/2016 - Coleta 1), (fev/2017 - Coleta 2), (mai/2017 - Coleta 3) e (ago/2017 - Coleta 4).



Fonte: Autoria própria (2018).

Na coleta 2, Figura 8, devido ao baixo nível de água do reservatório, quando comparada a coleta anterior, podemos observar que a concentração de sais encontrada foi bem maior. Os maiores valores foram observados em um pequeno ponto na região da borda esquerda central e no braço d'água direito em três pontos. A região de captação e do barramento apresentaram valores mais baixos, porém quando comparadas a coleta anterior esses valores são mais altos. Os menores valores de CE encontrados para essa coleta, mostraram-se em pontos semelhantes aos da coleta anterior, porém com valores mais altos em relação aos valores médios encontrados na coleta 1.

Continuando na Figura 8, percebe-se que na coleta 3 ocorre uma queda abrupta nos valores de CE. Nas regiões onde apresentavam-se concentrações elevadas de sais, agora mostram-se baixíssimas, em todo o espelho d'água do reservatório.

Ainda na Figura 8, coleta 4, os níveis de sais concentrados mostraram-se de forma semelhante a coleta anterior, aumentando muito pouco. Os menores valores de CE apresentam-se nessa coleta em pontos espaçados, sendo um na borda esquerda do centro do espelho d'água, um pequeno ponto literalmente no centro do reservatório, uma grande mancha na borda esquerda do braço d'água, e ao se aproximar da região de captação. As regiões que apresentaram os maiores valores de CE para esta coleta, são as áreas próximas a parede do barramento, além de um pequeno ponto próximo a região de captação e um ponto isolado entre a borda esquerda da região central e o sangradouro. Mesmo apresentando maiores valores de CE que a coleta anterior, a coleta 4, ainda apresenta baixos valores de concentração de sais.

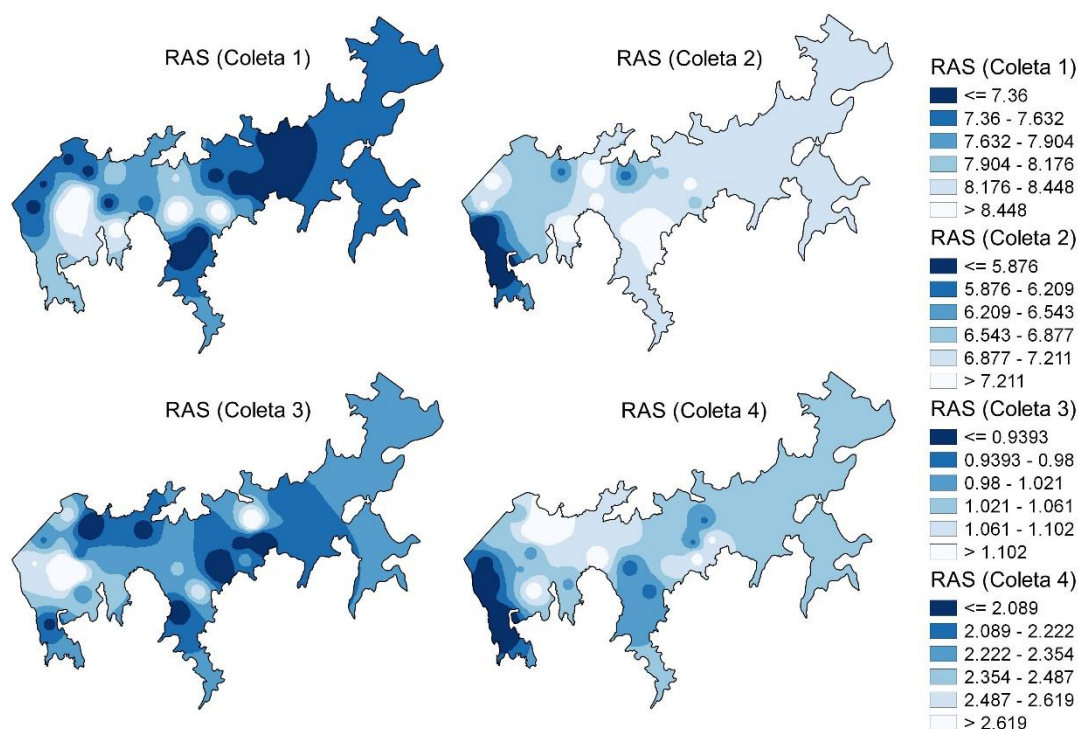
Analisando a Figura 9, observa-se que os valores de RAS também variaram espacialmente no espelho d'água do reservatório para todas as coletas.

Níveis elevados de RAS podem acarretar problemas de infiltração em solos, devido a altas concentrações de sódio e baixas concentrações de cálcio. Na ocasião da coleta 1, na Figura 9, os valores encontrados de razão de adsorção de sódio mostraram-se elevados. Se dispendo espacialmente baixos na região agrícola, na região do braço d'água e do barramento e sangradouro. Com os menores valores encontrados em pequenas pontuações na região do sangradouro e barramento, além de um ponto próximo ao braço d'água e uma fatia da região central. Os maiores valores encontram-se logo após os menores se aproximando da região do barramento e do braço d'água.

Na coleta 2, Figura 9, ocorre um decréscimo nos valores de RAS. A maior parte do espelho d'água no período dessa coleta apresenta razão de adsorção de sódio mais baixa em relação aos valores obtidos na coleta 1. Comportando-se de forma diferente a coleta anterior, os pontos mais altos de RAS, encontram-se dispostos em pontos próximos a região do barramento, do braço d'água e em um estreitamento da forma geométrica do reservatório que

se encontra entre o sangradouro e o braço d'água. A região de menor valor de RAS apresenta-se próximo a área de captação de água para o abastecimento da comunidade.

Figura 9. Variação espacial da RAS no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (nov/2016 - Coleta 1), (fev/2017 - Coleta 2), (mai/2017 - Coleta 3) e (ago/2017 - Coleta 4).



Fonte: Autoria própria (2018).

Os valores apresentados de RAS na coleta 3 (Figura 9) como nas variáveis anteriores (pH e CE) caiu abruptamente, se dispondo no espelho d'água de forma completamente diferente em relação as coletas anteriores, porém todos os valores de RAS foram inferiores aos das demais coletas. A região agrícola apresentou baixos valores de RAS. Já a região central apresentou uma grande variação nas manchas apresentando todos os níveis de muito baixo ao mais alto. Assim como a região do barramento e do sangradouro, que exceto os valores mais baixos apresentaram todas as outras variações.

Ainda na Figura 9, a coleta 4 apresentou comportamento espacial muito semelhante a coleta 2, embora tenha mostrado valores bem inferiores de RAS.

A região do sangradouro apresentou os maiores valores de RAS na ocasião da coleta 4, assim como outras pequenas áreas pontuais espaçadas na parte inferior do espelho d'água. As demais regiões foram muito semelhantes a coleta 2, embora o nível de água e os valores de RAS tenham sido completamente diferentes.

6. CONCLUSÕES

O monitoramento dos parâmetros de salinidade da água no reservatório Pataxó, em distintas épocas, e o mapeamento dessas informações mostraram claramente a ocorrência de uma variação espaço-temporal dessas variáveis no reservatório ao longo de um ano hidrológico.

A geoespacialização e mapeamento da distribuição no espelho d'água do reservatório, também apresentou variações distintas nos indicadores de salinidade, em função do ponto amostral e ao comum uso deste local, além da profundidade do ponto amostrado.

O volume de acumulação do reservatório superficial do Pataxó responde rapidamente aos índices pluviométricos da região, que por sua vez alteram de forma significativa os indicadores de salinidade da água.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. (2011) Portal da Qualidade das Águas. Disponível em: < <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> Acesso em: 10 de janeiro de 2018.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26783/1/livro-qualidade-agua.pdf>>. Acesso em: 05 de mar. de 2018.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1791-1797, 2007.

ANDRADE, E. M.; BATISTA, T. M.; TEIXEIRA, A. S.; MEIRELES, M.; SOUSA, B. F. S. Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 03, p. 279-286, 2006.

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, I. H.; TEIXEIRA, A. S. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 135-142, 2005.

ARAÚJO NETO, J. R.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. Q. Proposta de índice da salinidade das águas superficiais de reservatórios do Ceará, Brasil. **Revista Agroambiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 184-193, 2014.

ARAÚJO NETO, J. R.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; Q., P. A.; PAULINO, W. D. Modelagem da concentração de cloreto nas águas dos açudes poço da pedra e favelas. In: III WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: IFCE, 2010.

ARAÚJO, I. N. F. **Caracterização física do médio piranhas potiguar com o uso de técnicas de geoprocessamento**. 2017. 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

ARAÚJO, S. M. S. DE; A REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE DO BRASIL: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. Rios Eletrônica- Revista Científica da FASETE ano 5 n, 2011.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 93p.

BASSO, E. R.; CARVALHO, S. L. Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira (SP). **HOLOS Environment**, v. 7, n. 1, p.16-29, 2007.

BERNARDO, S. SOARES, A. A. MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV/ ImprensaUniversitária, 2006.

BOYACIOGLU, H. Development of a water quality index based on a European classification scheme. **Water SA**, v. 33, n. 1, p.101-106, 2007.

CHAVES, L. C. G.; ANDRADE, E. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; NESS, R. L. L.; LOPEZ, J. F. B. Risco de degradação em solo irrigado do distrito de irrigação do perímetro araras norte, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 292–298, 2009.

CHAVES, L. C. G.; ANDRADE, E. M.; FEITOZA, R. M.; RODRIGUES, J. O.;

ALEXANDRE, D. M. B. Distribuição espacial da qualidade da água superficial para irrigação no estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE, 1., 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INCT, 2010.

CORDEIRO, E. M. S.; ROCHA, F. N. S.; PEQUENO, M. N. C.; BUARQUE, H. L. B. GOMES, R. B. Avaliação comparativa dos índices de estado trófico das lagoas do Opaia e da sapiranga. In: IX ENCONTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, SIMPÓSIO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., Fortaleza, 2009. **Anais...** Fortaleza: IFCE, 2009.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtdosdeAnilisedeSolo.pdf>> Acesso e: 05 de dezembro de 2016.

ECO 92. **Tratado sobre as zonas áridas e semi-áridas**. Disponível em: <http://www.aspan.org.br/tratado_ongs/30-ZONAS_ARIDAS.PDF> Acesso em: 06 de mar. de 2018.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. 1. ed. Brasília: EMPRAPA-DPU, 1989. 425p.

FERREIRA L. L. N.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. F.; ARRUDA, L. E. V.; VALE, C. N. C.; LEMOS FILHO, L. C. A. Dependência espacial da qualidade da água para irrigação em reservatório superficial do semiárido. In: III INOVAGRI INTERNACIONAL MEETING, Fortaleza, 2015. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2015.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente &**

Água, v. 4, n. 1, p. 132-141, 2009.

BATISTA, A. A.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; IZIDIO, N. S. de C. Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude Orós, Ceará, Brasil. **Revista Agro Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 39-48, janeiro-abril, 2014.

CARMO FILHO, F do.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. Dados meteorológicos de Mossoró. Mossoró, **Coleção Mossoroenses**, série C, V. 639 ESAM, V. 2. 1991.

FRAGOSO JUNIOR, C. R.; TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W.; MARQUES, M. D. M. L. Simulação de Eutrofização em Lagos Rasos II: Sistema do Taim (RS). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 4, p. 37-48, 2007.

FULLER, B. B. **Caracterização espaço-temporal dos recursos hídricos superficiais da sub-bacia do Ribeirão do Ouro**. 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, Araraquara, 2008.

FUNCEME. **Estudo da salinidade das águas em pequenas bacias hidrográficas. Relatório final**. Fortaleza: SRH/ Funceme/ Proureb-RH, 2002.

GANGBAZO, G.; PESANT, A. R.; BARNETT, G. M; CHARUEST, J. P.; CLUIS, D. Water contamination by ammonium nitrogen following the spreading of manure and mineral fertilizers. **Journal EnviromentQuality**, v. 24, n. 3, p. 420-425, 1995.

GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceitos para a avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. 1. ed. Porto Alegre, RS: ABRH, 2001. p. 428-451.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSAL, 2016. 504p.

GHEYI, H. R.; LUZ, M. J. S.; BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. Qualidade da água para irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. 1. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. p. 331-377.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. Qualidade da água para irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997.

JONNALAGADDA, S. B.; MHERE, G. Water quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. **Water Research**, v. 35, n. 10, p. 2371-2376, 2001.

KULANDAIVEL, A. R. K.; KUMAR, P. E.; PERUMALAND, V.; MAGUDESWARAN, P. N. Water quality index of river cauvery at erode region, Tamilnadu, India. **Nature, Environment and Pollution Technology**, v. 8, n. 2, p. 343-346, 2009.

KUSANGAYA, S.; Warburton, M.L.; VAN GARDEREN, E.A.; JEWITT, G.P.W. Impacts of climate change on water resources in southern Africa: a review. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 67, p. 47–54, 2014.

LEÃO, R. A. O. Identificação de bacias hidrográfica com características físicas similares no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 1, p. 26-35, 2004.

LEMOS, M.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 155–164, 2010.

LIU, Y. *et al.* Cyanobacteria-/cyanotoxin-contaminations and eutrophication status before Wuxi Drinking Water Crisis in Lake Taihu, China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 23, n. 4, p. 575-581, 2011.

LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; CRISÓSTOMO, L. A. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 167-172, 2008.

LOPES, L. B.; TEIXEIRA, A. S.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; ARAÚJO, L. F. P. Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 392-402, 2008.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, M. Classificação da água de irrigação utilizando quatro metodologias de cálculo para a Razão de Adsorção de Sódio - I. Região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, v. 11, n. 1-2, p. 41-46, 1998.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Instituto Nacional do Semiárido. Campina Grande, 2011.

MASSOUD, M. F. Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 7, p. 4151-4160, 2012.

MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G.; FRISCHKORN, H.; CRISOSTOMO, L. A. A new proposal of the classification of irrigation water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 349-357, 2010.

MEIRELES, A. C. M.; FRISCHKORN, H.; ANDRADE, E. M. Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, Bacia do Acaraú, no Semiárido cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 25-31, 2007.

PELLEGRINO, G.Q. et al. O uso de um sistema de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. In: Embrapa. **Sistema de informações geográficas – aplicações na agricultura**. 2. ed. 1998. p. 329–348

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. 2. ed. Madrid: Agrícola Española, 1985.

QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C.; SOUTO, J. S. & FOLEGATTI, M. V. (1997). Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (eds). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, p. 69-111.

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agriculture, 1990. p. 1091-1142 (Agronomy Series, 30)

RIBEIRO FILHO, J. C. **Mensuração e modelagem da interceptação vegetal em uma microbacia perene de vertente**. 2018. 62 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

RIBEIRO, L. H. L.; BRANDIMARTE, A. L.; KISHI, R. T. Formation of the Salto Caxias Reservoir (PR) – an approach of the eutrophication process. **Acta Limnologia Brasiliensia**, v. 17, n. 2, p. 155-165, 2005.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soil**. Washington, DC, 1954. (USDA Agriculture Handbook, 60).

ROSA, R. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: Universidades Federais de Uberlândia, 1996. 142p.

SILVA, E. B.; ARAÚJO NETO, J. R. Caracterização das Variáveis Hidroquímicas na Sub-Bacia Do Alto Jaguaribe, Ceará Utilizando Análise Multivariada e SIG. **Engenharia na agricultura**, v. 24, n.5, p. 417-426, 2016.

SILVA, E. B.; ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; SOUZA, C. A.; ANDRADE, E. M. Variabilidade espaço-temporal da qualidade de água no vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.3, p. 1420-1429, 2017.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v. 11, n.39, p. 3733-3740, 2016.

SIMEONOV, V.; ATRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, T. Assessment of the surface water quality in northern Greece. **Water Research**, v. 37, n. 17, p. 119-124, 2003.

SUASSUNA, J. A. **Pequena e média açudagem no semiárido nordestino: uso da água na produção de alimentos**. 2010. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/images/stories/nesa/acudagem.pdf>>. Acesso em: 08 de mar. de 2018.

TAVARES, F. T.; LEMOS FILHO, L. C. DE A.; FERREIRA, L. L. N.; RIBEIRO FILHO, J. C.; DUARTE, C. DE F.; FERNANDES, M. DA S. Alteração dos indicadores de salinidade em reservatório superficial no semiárido em função da pluviometria e do volume de armazenamento. **Anais II Simpósio de manejo de solo e água**, 2017.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p.181-186, 2002.

TRINDADE, A. L. C. Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do Rio São Francisco. **Dissertação** xi, 165 f. 2013.

VARGAS-AMELIN, E.; PINDADO, P. The challenge of climate change in **Spain: water resources, agriculture and land**. **Journal of Hydrology**, v. 518, p. 243–249, 2014.

VEGA, M.; PARDO, E.; BARRADO, E.; DEBAN, L. Assessement of seasonal and polluting effectson the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, v. 32, n. 12, p. 3581-3592, 1998.

WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980. 350p.

WILCOX, L.V., DURUM, W.H. Quality of irrigation water. In. HAGAN, R.M., HAISE, R.H., EDMINISTER, T.W. (ed.) **Irrigation of agricultural lands**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 104 - 122. (Agronomy, 11).