

Eixo Temático ET-05-017 - Recursos Hídricos

PROPOSTA DE ÍNDICE DE SALINIDADE DOS RESERVATÓRIOS DO ALTO JAGUARIBE ALÉM DA VARIABILIDADE TEMPORAL

Geovane Barbosa Reinaldo Costa¹, Helba Araújo de Queiroz Palácio²,
José Ribeiro de Araújo Neto³, Daniel Lima dos Santos⁴, Diego Pereira de Araújo⁵

¹ Discente de Graduação em Tecnologia em Irrigação e Drenagem. Bolsista de Iniciação Científica da FUNCAP; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará; Iguatu, Ceará; e-mail: geovanebarbosa09@gmail.com.

² Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará, DENA/CCA/UFC. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Iguatu.

³ Doutorando em Engenharia Agrícola na DENA/CCA/UFC, Técnico em laboratório de solos, água e tecidos vegetais, LABAS/IFCE Campus Iguatu.

⁴ Discente de Graduação em Tecnologia em Irrigação e Drenagem. Bolsista de Iniciação Científica da FUNCAP – IFCE Campus Iguatu

⁵ Discente de Graduação em Tecnologia em Irrigação e Drenagem. Bolsista de Iniciação Científica do CNPQ – IFCE Campus Iguatu

RESUMO

Objetivou-se com esta pesquisa, avaliar a qualidade das águas superficiais para fins de irrigação e variabilidade temporal dos sais dessas águas dos reservatórios, durante o período de 2011 a 2015 na sub-bacia do Alto Jaguaribe, como também gerar um índice de salinidade (ISal) para classificar as águas dos reservatórios no Estado do Ceará, Brasil, empregando-se a técnica de agrupamento para análise de similaridade dos reservatórios. O estudo foi realizado em 10 reservatórios, com dados provenientes do banco de dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), utilizando os seguintes parâmetros: condutividade elétrica (CE), cloreto (Cl⁻), sódio (Na⁺) e magnésio (Mg²⁺). Foram desenvolvidos mapas que identificam a escala de vulnerabilidade dos reservatórios e correspondentes a bacia do Alto Jaguaribe quanto à salinidade. O íon que apresentou maiores restrições foi o Mg²⁺, seguido do Na⁺, Cl⁻ e da CE. Os valores do ISal proposto variaram muito, que classificaram as águas entre moderada a alta restrição de uso. Distinguem-se principalmente 2 reservatórios com moderada a alta restrição quanto à salinidade das águas dos reservatórios. São eles os reservatórios Brôco e Favelas em que obtiveram as maiores concentrações de sais dentre os estudados.

Palavras-chave: Irrigação; Semiárido; Sais.

INTRODUÇÃO

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). Este uso tem sofrido restrições significativas devido à poluição dos rios e outras fontes, provenientes das ações naturais e antrópicos, as quais alteram os aspectos de qualidade e, dessa forma, a quantidade de água de boa qualidade disponível para ser utilizada nas atividades humanas (SOUSA *et al.*, 2014).

Reservatórios de barragens recebem o excedente hídrico escoado nos eventos pluviométricos capazes de superar as abstrações iniciais de sua bacia e os guarda para disponibilizar a água nos períodos de estio (ARAÚJO, 2012). Para Cruz *et al.*, (2010), o processamento das vazões afluentes e das cargas de materiais dissolvidos e em suspensão, ocorrido no interior do reservatório, as características construtivas e a operação da barragem irão determinar a quantidade e a qualidade das águas para a jusante.

A escassez de água decorrente da pouca incidência de chuvas, aliada a ocorrência de altas taxas de evaporação, é responsável pela intermitência de quase toda a rede hidrográfica, com os cursos apresentando vazão mínima igual a zero em torno de 9 a 10 meses do ano (ARAÚJO et al., 2014). Este fato representa um severo problema para a captação e armazenamento de água nesta região. Portanto, milhares de reservatórios foram construídos na região do semiárido brasileiro com a finalidade de armazenar água para múltiplos usos e perenização dos rios durante, principalmente, os períodos de estiagem PALÁCIO *et al.*, 2011).

Os principais problemas avaliados na água para a irrigação são relacionados à salinidade e a toxicidade por íons (SILVA *et al.*, 2011). A prática de irrigação é indispensável para a garantia da produção das culturas nas regiões áridas e semiáridas Nordeste (MENDES et al., 2008; SANTOS et al., 2009; FIGUEREDO JÚNIOR et al., 2013).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade das águas superficiais para fins de irrigação e variabilidade temporal dos sais dessas águas, além de um índice de classificação da salinidade das águas superficiais (ISal), de na bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, localizada no Estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo está localizada na sub-bacia do Alto Jaguaribe, na porção sudoeste do Estado do Ceará, Brasil, entre as latitudes 5°54'55" e 7°04'50" S e as longitudes 38°55'22" e 40°24'47" W (Figura 1).

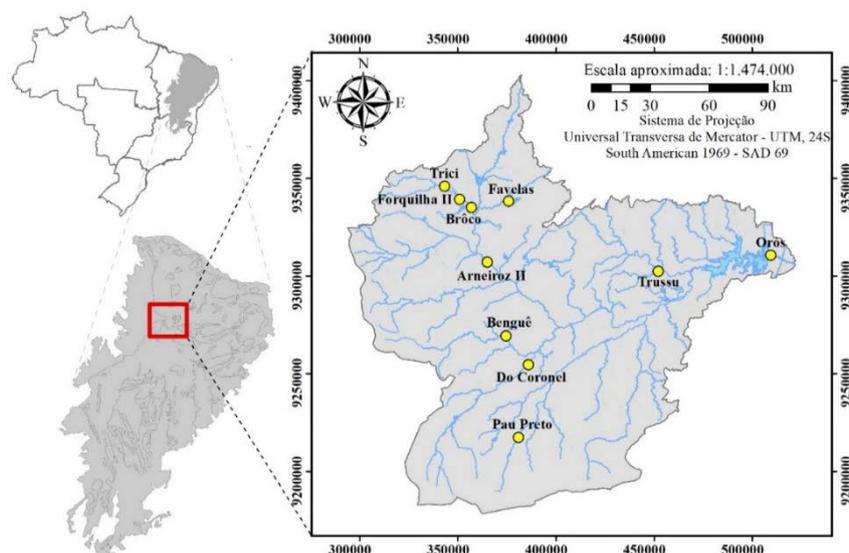


Figura 1. Localização dos reservatórios na sub-bacia do Alto Jaguaribe, Brasil.

O clima da bacia hidrográfica é do tipo BSh' (semiárido quente), de acordo com a classificação climática de Köppen. A precipitação média anual na região é de cerca de 780 mm de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) entre os anos de 1974 a 2015, enquanto a evapotranspiração potencial da região oscila entre 1.500 e 2.000 mm ano⁻¹ e as temperaturas médias anuais registram valores de 23 a 27 °C (Araújo Neto et al., 2014). O regime pluviométrico da bacia do Alto Jaguaribe, como em todo o Estado, se caracteriza por uma alta variabilidade espacial e temporal, portanto, a principal limitação com relação à pluviometria na região é em decorrência muito mais na irregularidade do regime do que da altura pluviométrica anual (ARRAES, 2010).

Para pesquisa, 10 reservatórios da sub-bacia (Arneiroz II, Benguê, Broco, Do Coronel, Favelas, Forquilha II, Orós, Pau Preto, Trici e Trussu) deram suporte. Os dados das concentrações químicas das águas dos reservatórios para o período de 2011/2015, foram provenientes do banco de dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH).

Para este trabalho foram considerados os seguintes parâmetros: condutividade elétrica (CE) em dS m^{-1} , cloreto (Cl^-), sódio (Na^+) e magnésio (Mg^{2+}) em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, sendo estes os atributos considerados para o cálculo do índice de salinidade das águas superficiais (ISal), proposto pela classificação de Araújo Neto et al. (2014).

Índice de Salinidade de Água (ISal)

A salinidade das águas de reservatório foi avaliada com base no índice proposto por Meireles *et al.* (2010). Este índice identifica os parâmetros que contribuíram para a maior explicabilidade na salinidade da água por meio da Análise Multivariada e posteriormente pondera o valor de cada parâmetro (q_i) através do seu peso correspondente de agregação (w_i). Portanto, na primeira etapa, identificou-se os parâmetros que contribuíram para a maior explicabilidade na salinidade da água de irrigação por meio da Análise Multivariada e na segunda etapa, os valores de medidas da qualidade para cada parâmetro (q_i) e os pesos de agregação (w_i) foram determinados, seguindo a metodologia proposta por Meireles *et al.* (2010) em classificação para irrigação das águas superficiais da bacia do Acaraú, Ceará.

O índice de salinidade das águas dos reservatórios foi calculado através da Equação (1), seguindo a metodologia proposta por Araújo Neto et al. (2014).

$$\text{ISal} = \sum_{i=1}^n q_i w_i \quad (1)$$

em que,

ISal - índice de salinidade das águas, um número adimensional entre 0 e 100;

q_i - qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, em função de sua concentração ou medida;

w_i - peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, atribuído em função da sua importância para a explicação da variação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1.

O índice de salinidade de água (ISal), foi dividido em 5 classes, indicado na Tabela 1. Os limites foram baseados em estudos de índices de qualidade de água existentes, e as classes foram definidas considerando o risco de salinidade e a toxidez às plantas, semelhante à classificação apresentada por Meireles *et al.* (2010).

Tabela 1. Limites e restrições das classes do ISal para as águas superficiais.

Classes	Classificação da Salinidade
$85 < \text{ISal} \leq 100$	Sem restrição
$70 < \text{ISal} \leq 85$	Baixa restrição
$55 < \text{ISal} \leq 70$	Moderada restrição
$40 < \text{ISal} \leq 55$	Alta restrição
$0 < \text{ISal} \leq 40$	Restrição Severa

Adaptado de Araújo Neto et al. (2014).

Aplicação do SIG para geração dos Mapas

De posse das matrizes de pontos, foram construídos mapas relativos ao q_i de cada variável no software ArcGIS 10.1. Os mapas do ISal para o Estado do Ceará foram desenvolvidos a partir da Equação 1 em processo interativo com o software ArcGIS 10.1 através da ferramenta ArcToolbox, Analyst Tools e Map Álgebra. Processo semelhante foi empregado por Andrade et al. (2006) e por Lopes et al. (2008).

Empregou-se a técnica estatística multivariada, através da análise de agrupamento hierárquico (AAH), para formação de grupos de similaridade entre os reservatórios, processada no software SPSS20.0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sub-bacia do Alto Jaguaribe durante o período de 2011 a 2015, com exceção o ano de 2011, as precipitações pluviométricas foram inferiores à precipitação média anual histórica da região de 780 mm (Funceme, 2017). Segundo Marengo et al. (2016), a seca que se intensificou em 2012-2013 e se estendeu em menor grau até 2015, foi considerada a mais grave nas últimas décadas. Sendo assim, os níveis de água nos reservatórios foram diretamente influenciados pelas chuvas em torno da bacia hidrográfica.

A similaridade das águas superficiais dos reservatórios definida pela análise de agrupamento hierárquico (AAH) é mostrada no dendrograma (Figura 2). Observa-se que há presença de 2 grupos, formado a partir do ponto de corte, definido pelo segundo maior salto da distância reescalada, assim efetuou-se, ponto de corte no valor 5 da distância reescalada.

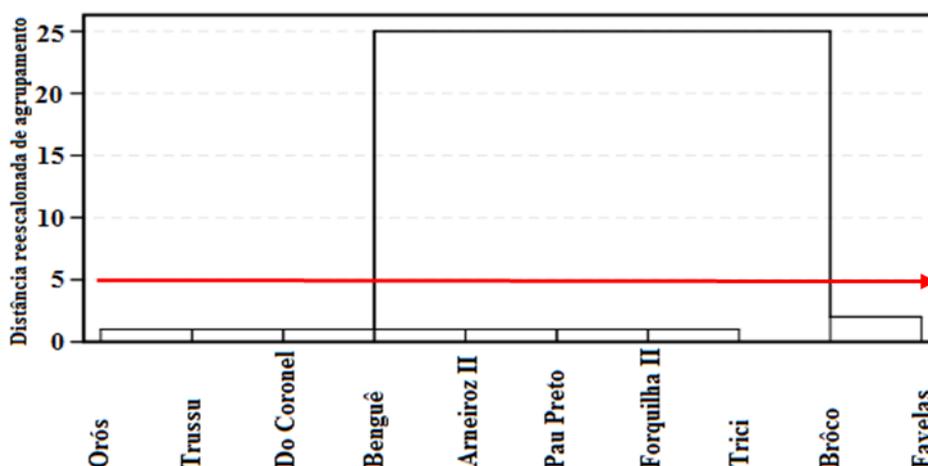


Figura 2. Dendrograma da AAH quanto à similaridade entre os reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará, Brasil.

Os grupos formados pela AAH foram divididos em dois grupos e os 2 reservatórios que ficaram separados no grupo 2 foi o Brôco e Favelas, segundo Silva & Araújo Neto (2016), avaliando a qualidade das águas superficiais para fins de irrigação durante o período de 2001 a 2015 na sub-bacia do Alto Jaguaribe, afirmaram que os reservatórios Brôco e Favelas obtiveram as maiores concentrações de sais dentre os reservatórios estudados.

Qualidade q_i para avaliação do ISal

Os limites para o enquadramento dos valores de medida de cada parâmetro de qualidade q_i (qualidade do iésimo parâmetro) estão apresentados na Tabela 5 e foram determinados com base nos padrões de qualidade de água para irrigação proposto pelo University of California Committee of Consultants – UCCC e nos critérios estabelecidos por Ayers e Westcot (1999).

Tabela 2. Valores limites definidos para os parâmetros utilizados no cálculo de q_i .

q_i	CE (dS m^{-1})	Cl^- ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	Na^+ ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	Mg^{+2} ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)
85 - 100	$0,200 \leq \text{CE} < 0,750$	$1 \leq \text{Cl}^- < 4$	$2 \leq \text{Na}^+ < 3$	$1 \leq \text{Mg}^{+2} < 9$
60 - 85	$0,750 \leq \text{CE} < 1,500$	$4 \leq \text{Cl}^- < 7$	$3 \leq \text{Na}^+ < 6$	$9 \leq \text{Mg}^{+2} < 12$
35 - 60	$1,500 \leq \text{CE} < 3,000$	$7 \leq \text{Cl}^- < 10$	$6 \leq \text{Na}^+ < 12$	$12 \leq \text{Mg}^{+2} < 15$
0 - 35	$\text{CE} < 0,200$ ou $\text{CE} \geq 3,000$	$\text{Cl}^- < 1$ ou $\text{Cl}^- \geq 10$	$\text{Na}^+ < 2$ ou $\text{Na}^+ \geq 12$	$\text{Mg}^{+2} < 1$ ou $\text{Mg}^{+2} \geq 15$

Adaptado de Araújo Neto et al. (2014).

A qualidade da água para cada parâmetro foi representada por um número adimensional que variou de 0 a 100, de modo que quanto maior o valor, melhor a qualidade da água para aquele parâmetro. Critérios similares para desenvolvimento dos qi foram utilizados por Meireles et al. (2010) nas águas superficiais da bacia do Acaraú, Ceará.

Mapas de qi

Na Figura 2 verifica-se os mapas dos qi para a bacia do Alto Jaguaribe, dos indicadores Cloreto (Figura 3A) e Sódio (Figura 3B). Observa-se que para os valores de qi para o Cloreto, (Figura 3A), apresentando a maior parte dos valores de qi na classe entre 85 a 100. Tais resultados mostram menores riscos de uso da água para irrigação em comparação com os valores de qi para o Sódio, uma vez que os valores variaram mais entre as classes de 60 a 85 e de 85 a 100 (Figura 3B).

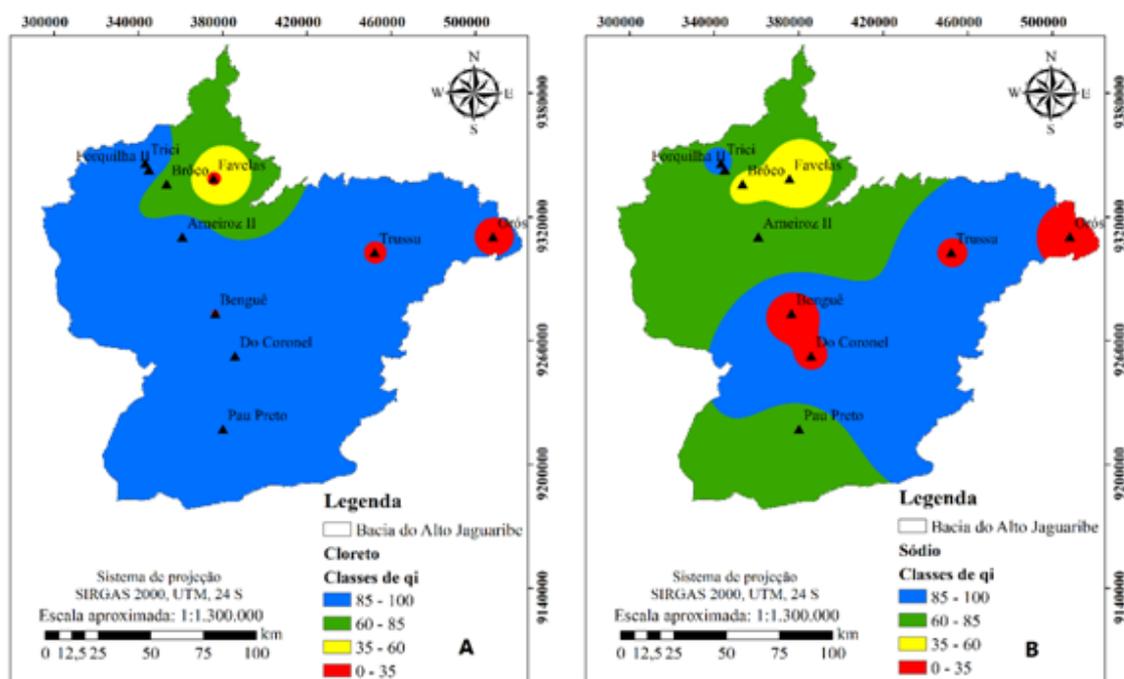


Figura 3. Mapas do qi para a bacia do Alto Jaguaribe (A) Cloreto e (B) Sódio.

Quanto ao parâmetro do Cloreto, observa-se na Figura 3A a existência de quatro regiões com alta restrição ao uso da água na irrigação na bacia do Alto Jaguaribe. A primeira zona de alta restrição quanto ao Cl⁻ é caracterizada por apresentar baixos valores do qi em decorrências de elevadas concentrações desse parâmetro, principalmente nos reservatórios Favelas, Trussu, Orós e uma pequena parte do Benguê. Altas concentrações de cloreto também foram observadas por Andrade et al. (2010). Concentrações de cloreto ($\text{Cl}^- > 3 \text{ mmolc L}^{-1}$) podem ocasionar toxicidade à maioria das culturas, bem como gerar problemas de salinização do solo.

De acordo com Ayers e Westcot (1999), elevados teores de Cloreto podem ser tóxicos para diversas culturas, e que a irrigação por aspersão pode ocasionar problemas de queima das folhas e consequentes perdas de produtividade.

Considerando-se o mapa do Sódio (Figura 2B), observa-se que baixos valores de qi foram verificados em quatro reservatórios. Esse fato é atribuído às baixas concentrações de Sódio, notadamente $< 2 \text{ mmolc L}^{-1}$ que gera baixos valores dos pesos qi (Tabela 2). Esses valores de concentrações foram verificados principalmente nas regiões de drenagem de água em estruturas geológicas sedimentares que é o caso do Benguê, Do Coronel, Trussu e Orós. Baixas concentrações de Na⁺ quando associados a baixas salinidades podem provocar problemas severos de sodificação dos solos (ANDRADE et al., 2006).

Pelos mapas de q_i para os parâmetros Magnésio e Condutividade Elétrica (Figura 4), observa-se que os pesos de q_i para Magnésio foi extremamente baixo em quase toda a Bacia do Alto Jaguaribe, (Figura 4A).

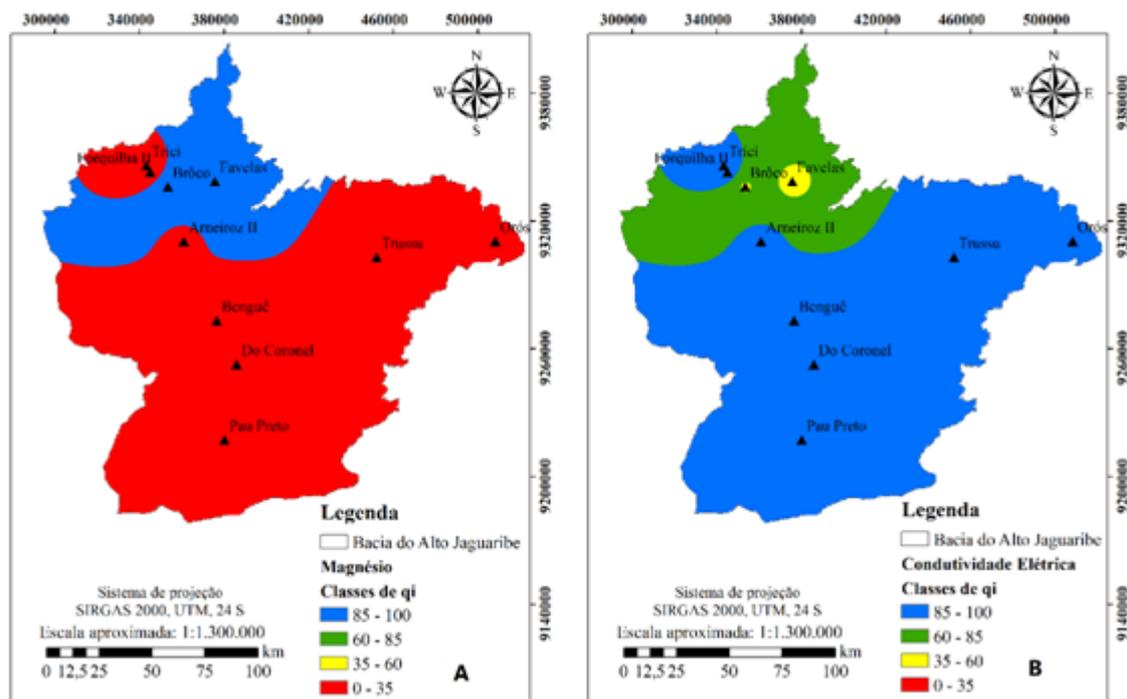


Figura 4. Mapas do q_i para a bacia do Alto Jaguaribe (A) Magnésio e (B) Condutividade Elétrica (CE).

Observa-se ainda a grande preocupação dos baixos valores de Magnésio em grande parte dos reservatórios. Segundo Junior et al (2014) em termos de salinidade, pode ser um grave risco para uso na irrigação pelo fato de comprometer a relação $Na/Ca+Mg$, sendo que baixas concentrações de Mg^{+2} pode potencializar o efeito dispersante do sódio.

Os valores de q_i para a CE (Figura 4B) com a maioria dos reservatórios apresentando valores de q_i entre 85-100, no entanto, é válido destacar que o reservatório Favelas foi o que teve baixa concentração de CE em relação aos demais além de uma pequena parte do reservatório Brôco com águas de altas restrições quanto a condutividade elétrica foram verificadas. Uma baixa concentração de CE já foi encontrada em outro reservatório do semiárido. Alta evaporação potencial do semiárido favorece a concentração de sais e junto com o superdimensionamento do reservatório Pompeu Sobrinho, que ocasiona longos períodos sem renovação das águas por extravasamento, sendo a última ocorrida em 1974, o que proporciona o acúmulo de sais (PALÁCIO *et al.*, 2011).

Mapa do Índice de Salinidade (ISal)

A qualidade da água em forma de um índice apresenta grande vantagem de ser facilmente assimilável pela comunidade, pois os resultados são expressos em forma de números adimensionais entre zero (qualidade muito ruim, ou seja, inadequada) e 100 (água excelente, ou seja, água sem e/ou com baixa restrição de uso), (JUNIOR *et al.*, 2014).

O Índice de Salinidade proposto para as águas dos reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe apresentou valores variados (Figura 5), com percentuais para as classes salinidade (Tabela 1), sendo a maioria com baixa restrição seguido por moderada, alta, nenhuma restrição e nenhum valor na classe restrição severa, respectivamente.

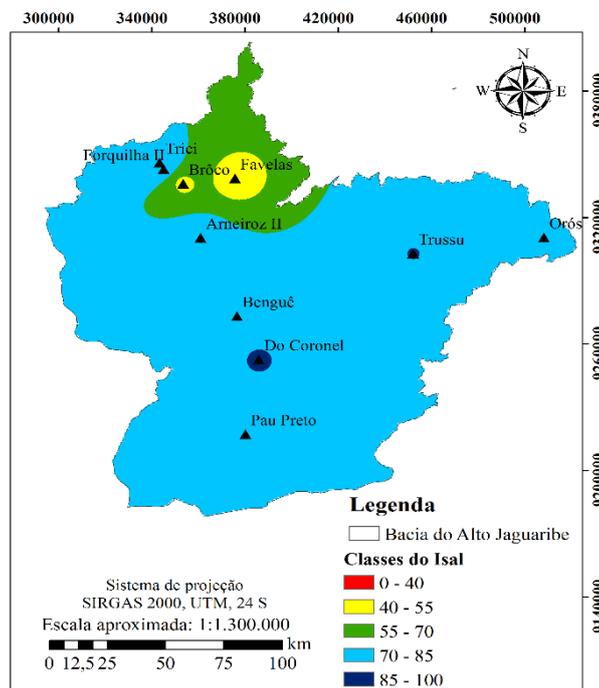


Figura 5. Índice de Salinidade das águas superficiais dos reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe enquadrado na classificação da Tabela 1

Valores mais baixos do ISal e restrições de alta a moderada foram verificadas em principalmente 2 reservatórios da bacia do Alto, área isolada da bacia do Alto Jaguaribe marcadas da cor verde e amarela: O primeiro açude é o Brôco seguido do Favelas (Figura 5). Restrições moderadas a alta, de acordo com as classes da Tabela 1, verificadas por uma pequena parte da bacia do Alto Jaguaribe devem-se aos elevados valores de sais verificados, principalmente o Cloreto ($7,09 \text{ mmol L}^{-1}$), Sódio ($8,39 \text{ mmol L}^{-1}$) e a CE ($1,58 \text{ dS m}^{-1}$) e o outro reservatório com Cloreto ($10,37 \text{ mmol L}^{-1}$), Sódio ($8,23 \text{ mmol L}^{-1}$) e CE ($1,69 \text{ dS m}^{-1}$), sendo o Brocô e Favelas respectivamente, o que definem os baixos valores dos pesos q_i e consequentemente do ISal.

Valores de CE próximos já foram encontrados em outro reservatório do Estado. Pompeu Sobrinho (CE = $2,15 \text{ dS m}^{-1}$) é o de maior problema de salinidade no Estado, devendo-se ao fato do superdimensionamento do açude, que ocasiona longos períodos sem renovação das águas, agravando o processo de acumulação de sais ao longo do tempo proporcionado pela evaporação (PALÁCIO *et al.*, 2011).

No entanto valores baixos de salinidade é encontrado na maior parte da bacia do Alto Jaguaribe. Baixos valores de salinidade podem resultar em lixiviação dos sais, o que torna um risco para o uso na irrigação (JUNIOR *et al.*, 2014). Autores como Freire *et al.* (2003), Andrade *et al.* (2006) e Meireles *et al.* (2007) apontam a necessidade de um controle criterioso da água usada na irrigação quando a CE apresenta valores inferior a ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$).

CONCLUSÃO

O parâmetro Magnésio foi o que determinou mais áreas de restrições em quase toda a bacia Alto Jaguaribe em decorrência de baixas concentrações que quando associados a baixas salinidades podem provocar problemas severos de sodificação dos solos, seguidos na ordem de restrição por Sódio, Cloreto e Condutividade elétrica. Não houve diferença significativa na

avaliação sazonal no Índice de Salinidade (ISal) das águas superficiais dos reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe.

A técnica estatística multivariada, através da análise de agrupamento hierárquico (AAH), mostrou-se uma ferramenta eficiente para definir grupos entre os reservatórios quanto à similaridade dos valores médios dos parâmetros utilizados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a FUNCAP pelo apoio financeiro e pelas bolsas de produtividade e de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- 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. 3, p. 279-286, 2006.
- ARAÚJO, J. C. Recursos Hídricos em regiões semiáridas. p.33. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Ed.) Recursos Hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações, 258p. Instituto Nacional do Semiárido – INSA e Universidade Federal do Recôncavo Bahiano – UFRB, 2012.
- 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 Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 184-193, 2014.
- ARAÚJO NETO, J. R.; SALES, M. M.; MEIRELES, A. C. M.; QUEIROZ PALÁCIO, H. A.; CHAVES, L. C. G. Modelagem da estrutura iônica das águas superficiais de reservatórios da bacia Metropolitana do Ceará, Brasil usando regressão linear múltipla. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8 n. 1, p. 29-38, 2014.
- ARRAES, F. D. D. Dinâmica do balanço de energia na bacia hidráulica do açude Orós e suas adjacências. 2010. 31 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura: estudos, irrigação e drenagem**. Manual FAO 29. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999.
- CRUZ, R. C.; CRUZ, J. C.; SILVEIRA, G. L.; VILELLA, F. S. Tendências na Análise de Impactos da Implementação de Barragens: Lições do Estudo de Caso das Barragens de Uso Múltiplo da Bacia do Rio Santa Maria, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, p. 47-66, 2010.
- FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M.; FERREIRA, J. R.; FERNANDES, C. N. V.; ANDRADE, A. C.; AZEVEDO, B. M.; SARAIVA, K. R. Avaliação da qualidade da água do distrito de irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí - DITALPI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 3, p. 213-223, 2013.
- FREIRE, M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 227-232, 2003.
- FUNCEME. Calendário das chuvas no Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/municipios/chuvas-diarias>>. Acesso em: 11 jun. 2017.
- 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.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil: past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 20, p. 1-12, 2016.
- 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.
- MENDES, J. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B. Qualidade de águas para fins de irrigação da região do Congo, PB. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p.131-138, 2008.
- PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; MEIRELES, A. C. M.; CHAVES, L. C. G.; Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 395-402, 2011.
- SANTOS, J. C. N.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; ARAUJO NETO, J. R. Modelagem da concentração de sódio, cálcio e magnésio nas águas superficiais da bacia do rio Acaraú. In: XIX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem – CONIRD, Montes Claro. **Anais...** Montes Claros – MG, 2009.
- SILVA, E. B.; ARAÚJO NETO, J. R. Caracterização das variáveis hidroquímicas na sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará utilizando análise multivariada e SIG. *Revista Engenharia na Agricultura*, V.24, n.5, p. 417-426, 2016.
- SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. **Qualidade de Água na Irrigação**. ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido, v.07, n 03, 2011.
- SOUZA, J.R.; MORAES, M.E.B.; SONODA, S.L; SANTOS, H.R.G. A importancia da qualidade da água e os seus múltiplos usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE Revista Eletrônica do Prodema**, v. 8, n. 1, p. 26-45, 2014.