

VARIAÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO NA IRRIGAÇÃO EM RESERVATÓRIO DO TRÓPICO SEMIÁRIDO

Stephanie de Oliveira Souza*, Fernando José Araújo da Silva

* Universidade Federal do Ceará. stephanie_souza@hotmail.com

RESUMO

Nas regiões áridas e semiáridas é comum a captação e armazenamento de água em reservatórios superficiais, que constituem a principal fonte de abastecimento para os múltiplos usos da água. O clima semiárido potencializa o processo de salinização das águas, o que representa um dos principais problemas de qualidade da água enfrentado em reservatórios destas regiões. Nesse contexto, avaliou-se a qualidade iônica das águas superficiais do reservatório cearense Sítios Novos através do cômputo de índices de qualidade da água para uso na irrigação. Realizou-se a abordagem estatística dos dados de qualidade de água desse reservatório, fornecidos pela COGERH, referentes ao período de 2004 a 2014. Determinou-se a influência do ciclo climático anual e a variação temporal dos seguintes índices e razões: Razão de Adsorção de Sódio, Índice de Permeabilidade, Razão de Magnésio, Razão de Kelly, Percentual de Sódio e Dureza Total. Os resultados apontaram águas do tipo cloretadas sódicas, evidenciando a influência da litologia local e a proximidade com o oceano. Quanto à adequação ao uso na irrigação, as águas eram de média salinidade, baixo risco de sodicidade, moderadamente duras e seguras para fins de irrigação quanto a permeabilidade e o efeito perigoso do CO_3^{2-} e HCO_3^- . As estações chuvosa e seca não apresentaram influências estatisticamente significativas sobre os índices avaliados, mesmo sendo perceptível no cômputo desses índices a deterioração da qualidade de água no período de estiagem. A avaliação das águas superficiais do Trópico Semiárido através de índices de qualidade da água para uso na irrigação é uma excelente ferramenta para a gestão da qualidade desses recursos.

PALAVRAS-CHAVE: Índices de qualidade da água, irrigação, trópico semiárido.

INTRODUÇÃO

No Trópico Semiárido o comportamento irregular das chuvas, em sua distribuição e intensidade, e a intensa evaporação ocasionam secas periódicas. Tradicionalmente, o cenário de escassez hídrica é enfrentado com a implantação de reservatórios artificiais (AMMAR *et al.*, 2017). Desta forma, o semiárido nordestino se torna a região com maior densidade de reservatórios com usos múltiplos do país. No entanto, a influência das condições climáticas do semiárido nordestino pode tornar as águas desses reservatórios em verdadeiros depósitos de elementos químicos (MEIRELES *et al.*, 2007). Assim, avaliação da qualidade dessas águas e a detecção de possíveis deteriorações são importantes para o manejo das bacias hidrográficas e seus múltiplos usos.

O termo “água para irrigação” diz respeito à água utilizada para suprir as necessidades de culturas e plantas, que não foram supridas pelas chuvas, e todas as outras utilizações que se pode ter nesse ambiente. Essa água pode gerar uma série de impactos resultantes de alterações na sua qualidade, como a redução da fertilidade e produtividade dos solos. Esses solos podem desenvolver um caráter salino e alcalino devido ao excesso de sais solúveis ou sódio trocável, resultado de práticas impróprias de irrigação, manejo do solo ou drenagem inadequada (HARITASH *et al.*, 2008). Segundo Ayers e Westcot (1985), a qualidade da água de irrigação varia de acordo com o tipo e a quantidade de sais dissolvidos.

Vários parâmetros físicos e químicos são descritores dos efeitos da água de irrigação na produção de culturas e na qualidade do solo. Esses parâmetros incluem: risco de salinidade (teor total de sal solúvel), risco de sódio (proporção relativa de sódio para cálcio e magnésio), pH (ácido ou básico), alcalinidade (carbonato e bicarbonato) e íons específicos (cloreto, sulfato, boro e nitrato). Os patógenos microbianos também são parâmetros de qualidade da água de irrigação, já que podem afetar a sua adequação ao sistema agrícola (TAK *et al.*, 2012).

O excesso de íons solúveis pode reduzir a disponibilidade de água para as plantas, além de causar toxicidade em culturas sensíveis e problemas de impermeabilização no solo. O excesso de salinidade, portanto, afeta quimicamente e fisicamente as culturas e o solo. A interrupção do metabolismo das plantas, a diminuição da pressão osmótica das suas células estruturais e a interferência na absorção de água e nutrientes do solo são alguns exemplos de problemas causados pela qualidade da água de irrigação (ARUMUGAM; ELANGO, 2009).

A adequação da água para irrigação pode ser avaliada a partir de índices e razões, como Razão de Adsorção de Sódio, Índice de Permeabilidade, Razão de Magnésio, Razão de Kelly, Percentual de Sódio e Dureza Total (HOWLADAR; DEB; MUZEMDER, 2017; RAMESH; ELANGO, 2012).

OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo avaliar a variação de índices determinantes da qualidade da água para irrigação em reservatório do semiárido brasileiro e determinar a influência do ciclo climático anual sobre estes índices no período analisado.

METODOLOGIA

O reservatório do estudo, açude Sítios Novos, está localizado no município de Caucaia, no norte do estado do Ceará, pertence à Bacia Metropolitana e represa o rio São Gonçalo (Figura 1). Possui bacia hidrográfica de 446 km², bacia hidráulica de 2.010 ha e capacidade de 126.000.000 m³. Foi construído em 1999 para abastecer o Complexo Portuário e Industrial do Pecém, a sede do município de São Gonçalo e os distritos de Umarituba, Catuana, Siupé e Sítios Novos através do Projeto de Desenvolvimento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos (PROURB) (COGERH, 2008). Esse açude nos últimos anos (2004 a 2017) apresentou redução considerável no volume disponível devido à estiagem prolongada na região.

O presente estudo foi desenvolvido utilizando os dados de qualidade de água do banco de dados da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH). Para avaliar a qualidade das águas desse reservatório quanto à adequação ao uso na irrigação foi considerado o período de 2004 a 2014. Para cada ano do estudo foram considerados dois períodos para avaliação (1º e 2º semestres), a fim de determinar a influência do ciclo climático anual. Os índices de qualidade da água para uso na irrigação, suas equações e critérios de classificação seguem na Tabela 1.

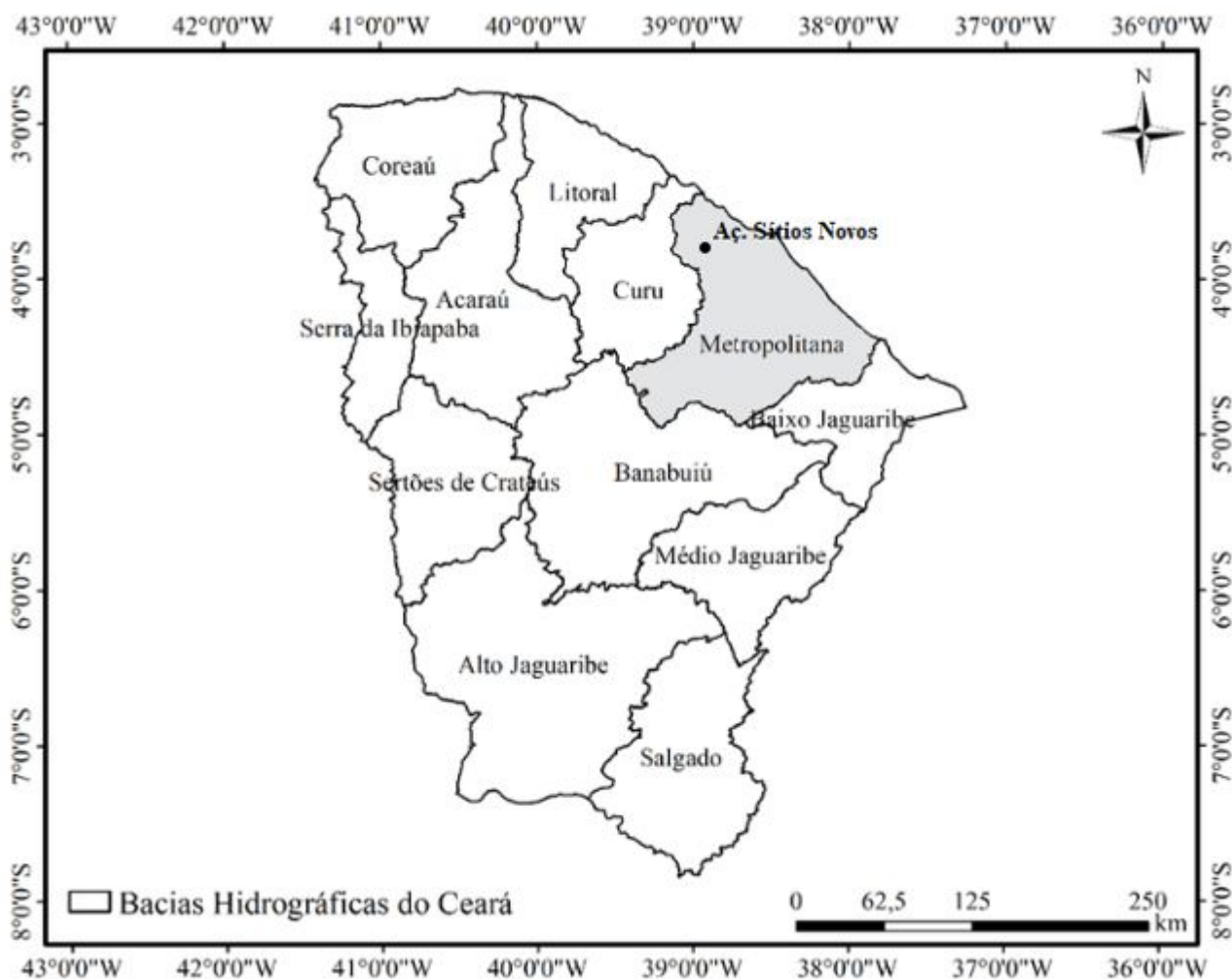


Figura 1: Localização do Açude Sítios Novos.

Tabela 1. Índices de qualidade da água para irrigação.
As concentrações de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- e CO_3^{2-} em miliequivalentes por litro (meq/L).

Índice	Equação	Valor do Índice	Condição da Água
Razão de Adsorção de Sódio (RAS) ¹	$\text{RAS} = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{\frac{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]}{2}}}$	RAS < 10 10 < RAS < 18 18 < RAS < 26 RAS > 26	Baixo risco de sodificação Médio risco de sodificação Alto risco de sodificação Muito alto risco de sodificação
Carbonato de Sódio Residual (RSC) ¹	$\text{RSC} = ([\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]) - ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}])$	RSC < 1,25 1,25 < RSC < 2,50 RSC > 2,50	Boa (Aceitável) Regular (Tolerável) Ruim (Inadequado)
Índice de Permeabilidade (IP) ²	$\text{IP} = \frac{([\text{Na}^+] + \sqrt{[\text{HCO}_3^-]}) \times 100}{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+]}$	IP < 25% 25% < IP < 75% IP > 75%	Inadequada para irrigação Razoável para Irrigação Boa para Irrigação
Razão de Magnésio (RMg) ³	$\text{RMg} = \left(\frac{[\text{Mg}^{2+}]}{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]} \right) \times 100$	RMg < 50% RMg > 50%	Uso adequado para irrigação Uso inadequado para irrigação
Razão de Kelly (RK) ⁴	$\text{RK} = \frac{[\text{Na}^+]}{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]}$	RK < 1 RK > 1	Adequado Inadequado
Percentual de Sódio (%Na) ⁵	$\text{Na}\% = \frac{([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) \times 100}{[\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]}$	%Na < 20 20 < %Na < 40 40 < %Na < 60 60 < %Na < 80 %Na > 80	Excelente Boa Razoável Duvidosa Inadequada
Dureza Total (DT) ⁶	$\text{DT} = ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]) \times 50$	DT < 75 75 < DT < 150 150 < DT < 300 DT > 300	Mole Moderadamente dura Dura Muito dura

Razão de Adsorção de Sódio

O risco de sodificação é geralmente expresso em termos de RAS, razão entre o teor de sódio e os teores de cálcio e magnésio, que permite o manejo e a utilização da água de forma mais adequada à agricultura irrigada (NISHANTHINY *et al.*, 2010). A RAS avalia potenciais problemas de infiltração relativos ao desequilíbrio de sódio na água de irrigação.

Índice de Permeabilidade

Permeabilidade é a facilidade com que a água flui pelo solo, que é influenciada pelos teores de sódio, cálcio, magnésio e bicarbonato. O Índice de Permeabilidade (IP) também é utilizado para avaliar a adequação da água para irrigação. O IP é dividido nas classes I, II e III. No caso das classes I (IP > 75%) e II (25% ≤ IP ≤ 75%), as águas são agrupadas como boas para irrigação, enquanto a classe III (IP < 25%) é tida como não adequada para irrigação (HOWLADAR; DEB; MUZEMDER, 2017).

Razão de Magnésio

O excesso de íons de magnésio nas águas reduz a qualidade do solo, aumentando a sua alcalinidade e reduzindo a produtividade das culturas (HOWLADAR; DEB; MUZEMDER, 2017; RAMESH; ELANGO, 2012).

Razão de Kelly

Na Razão de Kelly (RK) o teor de sódio tem sua concentração comparada aos teores de cálcio e magnésio, sob a hipótese de que estes últimos mantêm um estado de equilíbrio na maioria das águas. Portanto, em equilíbrio, o aumento de cálcio e magnésio afetarão negativamente o rendimento das culturas (HOWLADAR; DEB; MUZEMDER, 2017; RAMESH; ELANGO, 2012).

Percentual de Sódio

Uma vez que sódio reage com o solo reduzindo a permeabilidade deste. O teor de sódio é comumente utilizado para avaliar a adequação de uma água para fins de irrigação. Isto pode ser expresso como Percentual de Sódio (Na%) (HOWLADAR; DEB; MUZEMDER, 2017).

Dureza Total

A dureza da água (DT) é atribuível à presença de minerais alcalinos, principalmente cálcio, magnésio e ocasionalmente bicarbonatos. Geralmente, águas muito duras são pouco recomendáveis em solos pesados, solos compactos e sistemas de irrigação por gotejamento, neste último há o entupimento e a redução da taxa de fluxo do emissor no sistema (ALMEIDA, 2010).

Abordagem estatística

Utilizou-se para a organização e abordagem estatística dos dados (parâmetros físicos, químicos e índices computados) pertencentes ao reservatório do estudo entre os anos de 2004 e 2014: planilha eletrônica, *software R: A Language and Environment for Statistical Computing* com a interface *Rstudio* e o *software Paleontological Statistical (PAST)*.

Testes de aderência auxiliaram na decisão quanto à adequação ou não de um certo modelo distributivo à distribuição empírica da amostra. A possibilidade de utilização das distribuições de probabilidade teóricas Normal, *Gama*, *Lognormal* e *Weibull* foram verificadas através do teste de aderência de *Kolmogorov-Smirnov (KS)* a um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). Posteriormente, aplicou-se o Critério de Informação de *Akaike (AIC)* com intuito de identificar entre os modelos distributivos classificados pelo teste de aderência o que melhor se ajustou a distribuição dos dados amostrais. A distinção sobre a influência do ciclo climático anual (período chuvoso *versus* período de estiagem) foi verificada a partir de testes de análise de variância paramétrico (ANOVA) e não paramétrico (*Kruskal-Wallis*), a fim de determinar a ocorrência de diferenças estatisticamente significativas entre os dados.

RESULTADOS

Classificação iônica das águas do reservatório de estudo

A partir dos dados de concentração dos íons presentes nas amostras de água dos reservatórios do estudo foi possível determinar os íons dominantes com base no diagrama de Piper. Este traçado é comumente utilizado para classificação e comparação de grupos distintos de águas quanto aos íons dominantes. Utilizou-se o *software Qualigraf* para a plotagem do diagrama de Piper. Averiguou-se, conforme mostrado na Figura 2, que as águas do açude Sítios Novos foram somente do tipo cloretadas sódicas durante as estações chuvosa e seca no período estudado (2004 a 2014).

As águas superficiais do reservatório estudado apresentaram maiores concentrações dos íons cloreto e sódio como decorrência natural da litologia local. Segundo Leprun (1983), as águas superficiais do semiárido nordestino de embasamento cristalino são do tipo cloretadas sódicas e obedecem às seguintes relações para cátions e ânions, respectivamente: $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ e $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$. Ademais, as concentrações de sais contidas na precipitação atmosférica, notadamente cloretos, tendem a decrescer com a distância entre o local de precipitação e o oceano (SOUZA FILHO; CAMPOS, 2005). Os fatos expostos podem explicar o que ocorreu com o açude Sítios Novos, já que dista aproximadamente 30 Km da costa e a geologia da região é constituída 80% por rochas cristalinas pertencentes ao Pré-cambriano (Complexo Gnaisse Migmatítico – PEgn) (DEMES, 2013).

LEGENDA

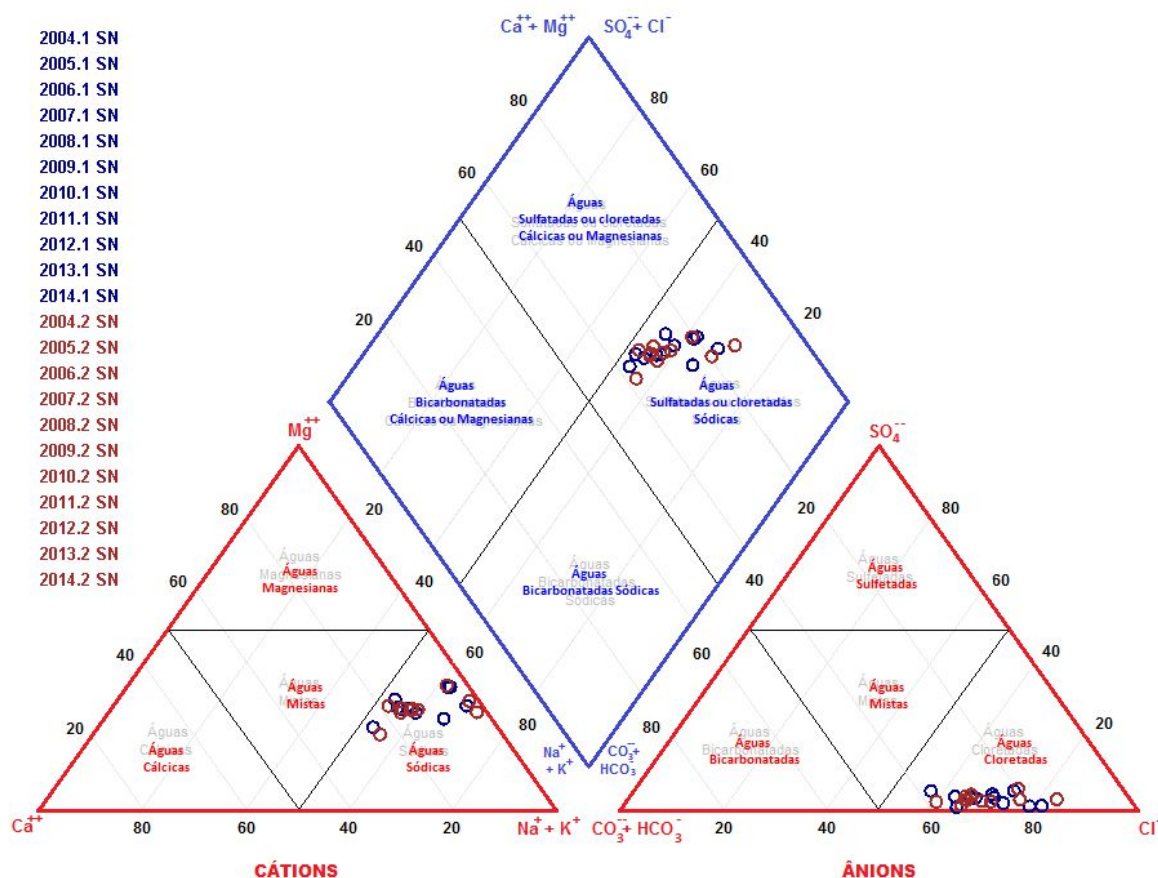


Figura 2: Diagrama de Piper para as águas do açude Sítios Novos no período chuvoso e de estiagem (1º e 2º semestres de cada ano).

Índices de qualidade da água para uso na irrigação

Conforme o diagrama de classificação da água para irrigação (Figura 3), as águas do açude Sítios Novos foram predominantemente C2S1, representando águas de boa qualidade, com salinidade média e risco baixo de sodicidade. Essas águas podem ser recomendadas para a irrigação na maioria dos solos e culturas, desde que tenha um grau moderado de lixiviação de sais e baixo risco de desenvolvimento de níveis prejudiciais de sódio trocável.

De acordo com os resultados das Tabelas 2 e 3, os valores do IP sugerem que as águas estudadas foram boas para irrigação (*i.e.*, classe I = IP > 75%). Os valores da RMg média (> 50%), como também os obtidos nos primeiros e segundos semestres classificaram as águas do açude do estudo como prejudiciais e inadequadas para fins de irrigação. A presença de mais Mg²⁺ nas águas pode afetar a qualidade do solo, convertendo-o em alcalino e assim diminuir o rendimento das culturas (RAMESH; ELANGO, 2012).

Os valores da RK média, bem como os valores obtidos nos primeiros e segundos semestres classificaram as águas avaliadas como inadequadas, indicando excesso de Na⁺ na água. Já o %Na médio e a maioria dos valores obtidos nos primeiros e segundos semestres se classificaram como razoáveis para fins de irrigação. Quanto a dureza total, a maioria dos valores obtidos se enquadraram como moderadamente dura. Verificou-se também a ocorrência da classe dura em alguns semestres, o que é pouco recomendável para solos pesados e compactos.

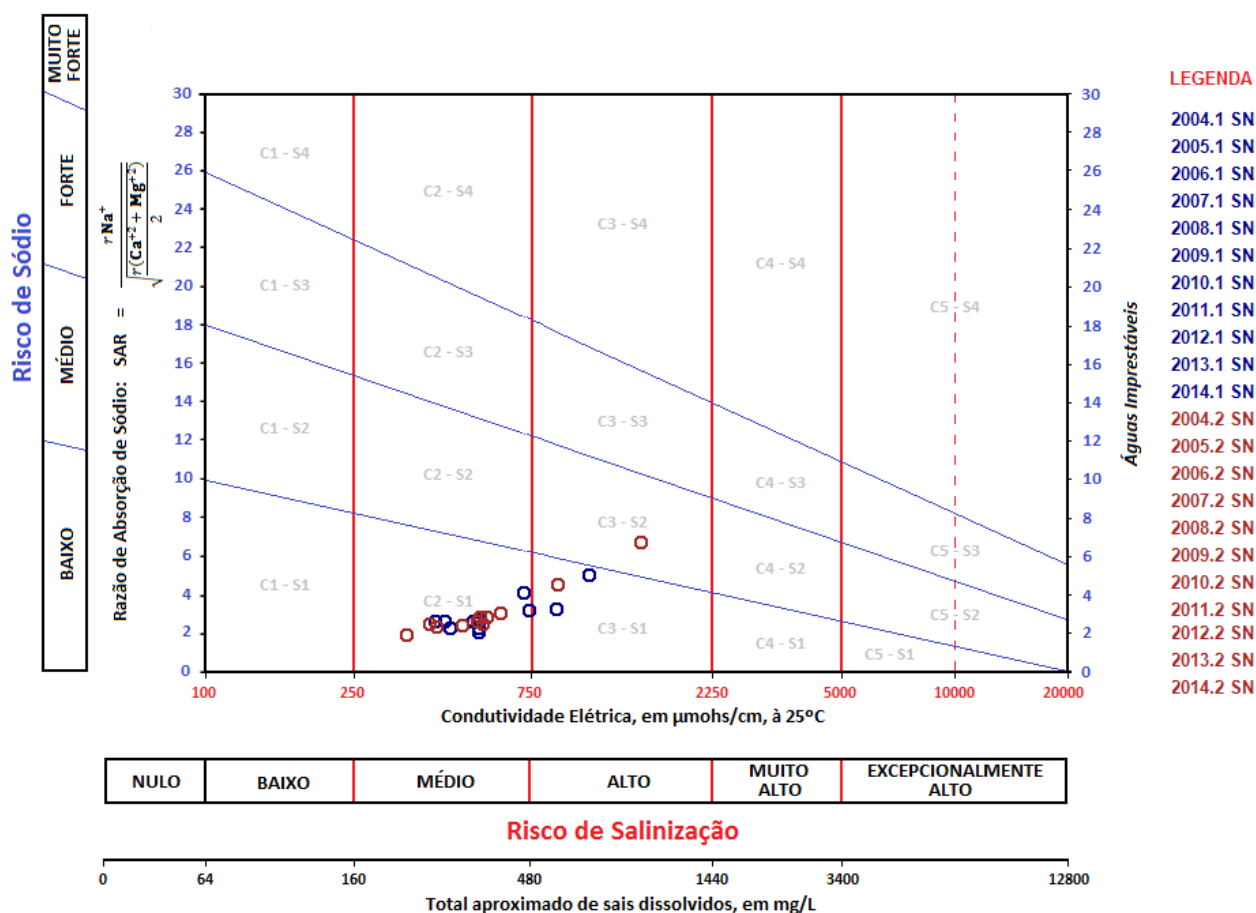


Figura 3: Classificação das águas do açude Sítios Novos no período chuvoso e de estiagem (1º e 2º semestres de cada ano) segundo o diagrama de salinidade do USSL.

Tabela 2. Índices de qualidade da água para irrigação no período chuvoso.

* Classificação; B: Boa; I: Inadequado; R: Razoável; DU: Duvidosa; MD: Moderadamente dura; D: Dura.

Ano/Semestre	CE	RAS	*	IP	*	RMg	*	RK	*	Na%	*	DT	*
2004.1	452	2,31	C2S1	82	B	63,25	I	1,10	I	54,8	R	109,17	MD
2005.1	540	2,32	C2S1	80	B	65,82	I	1,04	I	53,2	R	124,40	MD
2006.1	712	4,16	C2S1	82	B	73,45	I	1,74	I	65,2	DU	142,04	MD
2007.1	864	3,29	C3S1	77	B	66,28	I	1,37	I	59,0	R	143,55	MD
2008.1	411	2,65	C2S1	77	B	63,81	I	1,17	I	55,8	R	128,94	MD
2009.1	540	2,10	C2S1	81	B	49,00	I	1,01	I	52,7	R	108,27	MD
2010.1	519	2,64	C2S1	81	B	65,71	I	1,22	I	56,9	R	116,98	MD
2011.1	435	2,69	C2S1	82	B	90,46	I	1,50	I	62,2	DU	80,68	MD
2012.1	543	2,75	C2S1	80	B	66,50	I	1,26	I	57,5	R	119,77	MD
2013.1	735	3,22	C2S1	81	B	89,25	I	1,51	I	61,8	DU	113,03	MD
2014.1	1058	5,09	C3S1	81	B	90,53	I	2,04	I	67,8	DU	156,34	D
Média	619	3,02	C2S1	80	B	71,28	I	1,36	I	58,8	R	122,11	MD
DP	202	0,89	-	2	-	13,38	-	0,32	-	4,9	-	20,66	-

Tabela 3. Índices de qualidade da água para irrigação no período de estiagem de qualidade da água para irrigação no período chuvoso.

* Classificação; B: Boa; I: Inadequado; A: Adequada; R: Razoável; DU: Duvidosa; MD: Moderadamente dura; D: Dura.

Ano/Semestre	CE	RAS	*	IP	*	RMg	*	RK	*	Na%	*	DT	*
2004.2	414	2,39	C2S1	83	B	61,94	I	1,18	I	56,1	R	101,75	MD
2005.2	544	2,88	C2S1	79	B	66,05	I	1,25	I	57,8	R	131,97	MD
2006.2	534	2,65	C2S1	78	B	63,90	I	1,16	I	55,5	R	130,15	MD
2007.2	567	2,85	C2S1	80	B	66,89	I	1,28	I	57,9	R	123,11	MD
2008.2	550	2,53	C2S1	77	B	61,48	I	1,04	I	52,7	R	147,69	MD
2009.2	345	1,96	C2S1	83	B	47,17	A	1,09	I	55,1	R	80,99	MD
2010.2	400	2,49	C2S1	85	B	89,48	I	1,43	I	61,2	DU	75,45	MD
2011.2	486	2,47	C2S1	81	B	64,19	I	1,16	I	55,7	R	113,81	MD
2012.2	617	3,07	C2S1	79	B	68,40	I	1,35	I	59,0	R	128,97	MD
2013.2	875	4,56	C3S1	84	B	94,24	I	2,01	I	67,7	DU	128,50	MD
2014.2	1453	6,73	C3S1	80	B	93,42	I	2,36	I	70,8	DU	202,38	D
Média	617	3,14	C2S1	81	B	70,65	I	1,39	I	59,0	R	124,07	MD
DP	311	1,36	-	3	-	15,06	-	0,42	-	5,6	-	34,14	-

Análises estatísticas

Realizou-se testes de análise de variância paramétrico (ANOVA) e não paramétrico (*Kruskal-Wallis*) para a detecção de tendências entre o ciclo climático anual. De acordo com esses testes, a hipótese nula (H_0) é igual à inexistência de tendência na série temporal, ou seja, a variação de um ou mais conjuntos de dados não difere significativamente dos demais, enquanto a hipótese alternativa (H_1) é igual à existência de tendência. As tendências semestrais de cada índice de estabilidade da água para o período de 2004 a 2014 foram avaliadas ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). As distribuições dos conjuntos de dados, que tiveram como base o Critério de Informação de *Akaike* (AIC), e os resultados da análise de variância podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4. Distribuições teóricas e testes de variância dos índices de qualidade da água para uso na irrigação.

Açude Sítios Novos	FDP	ANOVA			<i>Kruskal-Wallis</i>			
		F _{calculado}	F _{crítico}	p-valor	H _{teste}	H _{crítico}	p-valor	
RAS	1º semestre	Lognormal	0,06	4,35	0,80	0,02	3,84	0,90
	2º semestre							
CE	1º semestre	Lognormal	4,30x10 ⁻⁴	4,35	0,98	0,05	3,84	0,82
	2º semestre							
IP	1º semestre	Weibull	0,24	4,35	0,63	0,001	3,84	0,97
	2º semestre							
RMg	1º semestre	Lognormal	0,01	4,35	0,92	0,03	3,84	0,87
	2º semestre							
RK	1º semestre	Lognormal	0,05	4,35	0,83	0,02	3,84	0,90
	2º semestre							
%Na	1º semestre	Lognormal	0,01	4,35	0,92	0,004	3,84	0,95
	2º semestre							
DT	1º semestre	Weibull	0,03	4,35	0,87	0,01	3,84	0,82
	2º semestre							

As distribuições semestrais comparadas dos seguintes índices de qualidade da água para uso na irrigação: RAS, CE, IP, RMg, RK, %Na e DT, não foram significativamente diferentes para o período de 2004 a 2014 no açude Sítios Novos. Isto foi determinado pelos resultados dos testes paramétrico ANOVA (p -valor $> 0,05$ e $F_{\text{calculado}} < F_{\text{crítico}}$) e não paramétrico *Kruskal-Wallis* (p -valor $> 0,05$ e $H_{\text{teste}} < H_{\text{crítico}}$). Desse modo, o ciclo climático anual não influenciou de forma expressiva a qualidade das águas avaliadas para seu uso na irrigação.

CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou a qualidade das águas superficiais do açude Sítios Novos entre 2004 e 2014 para uso na irrigação. De acordo com os resultados obtidos e discutidos anteriormente, houve o predomínio de águas do tipo cloretadas sódicas no reservatório analisado, associada à proximidade deste com a costa e à litologia local.

A avaliação da adequação das águas para irrigação mostrou que as águas eram de média salinidade e de baixo risco de sodicidade. Baseado no IP e RSC, 100% das amostras analisadas foram seguras para fins de irrigação. Os valores da RMg e da RK apontaram implicações prejudiciais e inadequadas à irrigação dada a concentração dos íons Mg^{2+} e Na^{+} , respectivamente. Conforme o %Na, a maioria das amostras foram classificadas como razoáveis à irrigação. E quanto ao grau de dureza da água, apurou-se que a maioria das amostras analisadas foram moderadamente duras.

Como um todo, não houve diferenças estatísticas significativas ao longo de cada ano para os índices computados. No entanto, observou-se a deterioração desses índices com a estiagem. Mediante o exposto, o conhecimento do conteúdo iônico das águas superficiais e a representação de seus atributos através de índices são primordiais para avaliação da qualidade dessas águas. É possível, assim, apontar possíveis limitações de usos e se tornar uma ferramenta para a gestão da água, dos solos e das culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, O. A. **Qualidade de água para irrigação**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2010. 227 p.
- Ammar, R.; Kazpard, V.; El Samrani, A. G.; Amacha, N.; Saad, Z.; Chou, L. Hydrodynamic influence on reservoir sustainability in semi-arid climate: A physicochemical and environmental isotopic study. **Journal of Environmental Management**, v. 197, p. 571-581, 2017.
- Arumugam, K.; Elangovan, K. Hydrochemical characteristics and groundwater quality assessment in Tirupur region, Coimbatore district, Tamil Nadu, India. **Environmental Geology**, v. 58, n. 7, p. 1509, 2009.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, v. 29, 1985. 153 p.
- Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Inventário ambiental do açude Sítios Novos 2008**. Fortaleza: COGERH, 2008. 37p.
- Demes, F. O. C. **Acompanhamento da implantação das medidas mitigadoras propostas para a recuperação das áreas degradadas na execução dos açudes públicos Aracoiaba e Sítios Novos, no Estado do Ceará**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- Haritash, A. K.; Kaushik, C. P.; Kaushik, A.; Kansal, A.; Yadav, A. K. Suitability assessment of groundwater for drinking, irrigation and industrial use in some North Indian villages. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 145, n.1-3, p. 397- 406, 2008.
- Howladar, M. F.; Deb, P.; Muzemder, A. S. H. Monitoring the underground roadway water quantity and quality for irrigation use around the Barapukuria Coal Mining Industry, Dinajpur, Bangladesh. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 4, p. 23-34, 2017.
- Imran, S. A.; Dietz, J. D.; Mutoti, G.; Taylor, J. S.; Randall, A. A. Modified Larsons ratio incorporating temperature, water age, and electroneutrality effects on red water release. **Journal of Environmental Engineering**, v. 131, n. 11, p. 1514-1520, 2005.
- Leprun, J.C. **Primeira Avaliação das Águas Superficiais do Nordeste. Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro**. Recife: SUDENE-DRN, 1983, p. 91-141.
- Meireles, A. C. M. **Dinâmica qualitativa das águas superficiais da bacia do Acaraú e uma proposta de classificação para fins de irrigação**. 2007. 180 f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- Nishanthiny, S. C.; Thushyanthy, M.; Barathithasan, T.; Saravanan, S. Irrigation water quality based on hydro chemical analysis, Jaffna, Sri Lanka. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci**, v. 7, n. 1, p. 100-102, 2010.
- Ramesh, K.; Elango, L. Groundwater quality and its suitability for domestic and agricultural use in Tondiar river basin, Tamil Nadu, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 6, p. 3887-3899, 2012.



14. Souza Filho, F. A.; Campos, J. N. B. Um método paramétrico de avaliação do potencial de salinização de reservatórios aplicado a regiões semi-áridas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 2, p. 5-14, 2005.
15. Tak, H. I.; Bakhtiyar, Y.; Ahmad, F.; Inam, A. Effluent quality parameters for safe use in agriculture. *In*: Water Quality, Soil and Managing Irrigation of Crops. **InTech**, 2012.