

## VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DE ÁGUA NO VALE DO RIO TRUSSU, CEARÁ

Eldir Bandeira da Silva<sup>1</sup>, José Ribeiro de Araújo Neto<sup>2</sup>, Helba Araújo de Queiroz Palácio<sup>3</sup>,  
Camila Alves de Souza<sup>4</sup>, Eunice Maia de Andrade<sup>5</sup>

### RESUMO

O monitoramento dos recursos hídricos quer seja quantitativamente como qualitativamente é fundamental para a gestão de abastecimento da população dependente do mesmo. Diante disso objetivou-se com este trabalho 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. O estudo foi realizado no vale perenizado do rio Trussu, Ceará, Brasil nas águas superficiais e subterrâneas, em dois períodos distintos de monitoramento, compreendidos entre set/2002 a fev/2004 (dados de outra pesquisa) e abr/2013 a jul/2015 (dados da pesquisa atual), sendo realizada coletas mensais no primeiro período e bimestrais no segundo. Os atributos analisados foram sódio ( $\text{Na}^+$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), 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. Apesar de estatisticamente não houve diferença entre os períodos, não se deve descuidar do monitoramento e da preservação da qualidade da água, mantendo sempre um nível apto para abastecimento animal e agricultura.

**Palavras-chave:** IQA, irrigação, salinidade, semiárido.

## SPACE-TEMPORAL VARIABILITY OF WATER QUALITY IN THE RIVER TRUSSU VALLEY, CEARÁ

### ABSTRACT

The monitoring of water resources, both quantitatively and qualitatively, is fundamental for the management of supply of the population dependent on it. The objective of this study was to

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, UFC, e-mail: eldir\_2005@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, Professor Colaborador do IFCE Capus Iguatu, e-mail: juniorifcelabas@gmail.com

<sup>3</sup> Doutora em Engenharia Agrícola, Professora do IFCE Campus Iguatu, e-mail: helbaraujo23@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Graduada em Tecnologia de Irrigação e Drenagem, IFCE Campus Iguatu, e-mail: camilaifce2014@gmail.com

<sup>5</sup> Doutora em Recursos Naturais Renováveis, Professora Associada da UFC, e-mail: eandrade.ufc@gmail.com

evaluate the water quality of the perennial valley in the Trussu River by using a water quality index (IQA) in two different periods. The study was carried out in the perennial valley of the Trussu river, Ceará, Brazil, in surface and groundwater, in two different monitoring periods, from September 2002 to February 2004 (data from another research) and from April / 2013 to July / 2015 (data from current research), with monthly collections in the first period and bimonthly in the second. The attributes analyzed were sodium ( $\text{Na}^+$ ), chloride ( $\text{Cl}^-$ ), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), hydrogenation potential (pH), electrical conductivity (EC) and sodium adsorption ratio (RAS). From the concentrations of the parameters a Water Quality Index (IQA) was applied for possible spatial and temporal evaluations. The surface waters have not suffered major degradations over time comparing the two periods. Groundwater showed a greater temporal oscillation, but did not differ statistically between averages. In a spatial evaluation, in the surface waters all points were classified as good and the groundwater was classified as distinct points, two being classified as good and two as bad. Although there was no statistically difference between the periods, water quality monitoring and preservation should not be neglected, always maintaining a level suitable for animal supply and agriculture.

**Keywords:** IQA, irrigation, salinity, semiarid.

## INTRODUÇÃO

Atualmente o ciclo hidrológico global tem sido alterado por mudanças climáticas e desenvolvimento socioeconômico, ameaçando a segurança hídrica e a biodiversidade aquáticas (JACOBSEN et al., 2012; VAN VLIET et al., 2013). 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; VARGAS-AMELIN; PINDADO, 2014).

Esses efeitos já estão sendo vivenciadas na última década por regiões como a África, Oriente Médio, sul da Ásia, norte da China, México e Nordeste do Brasil, que vem enfrentando secas severas que impactam setores da economia, saúde dos ecossistemas, agricultura, produção, quantidade e qualidade de água (KUSANGAYA et al., 2014; SELBY; HOFFMANN, 2014).

O homem como fator modificante do meio, agindo de forma desordenada, promove prejuízos na qualidade e disponibilidade de água, comprometendo os seus múltiplos usos. Dessa forma, há uma

crescente necessidade de monitoramento das alterações causadas a este recurso, visando à minimização do impacto negativo no meio ambiente (BRAGA; PORTO; TUCCI, 2006).

As avaliações destes impactos tornaram-se umas das maiores preocupações e prioridades de pesquisa deste século, na busca de mecanismos capazes de reduzir os impactos gerados aos sistemas hídricos (CORBI et al., 2006). Segundo Tundisi (2003), na medida em que cresce a demanda pelos múltiplos usos da água, cresce também a complexidade dos impactos resultantes das atividades humanas, e consequentemente, aumenta a dificuldade de solucioná-los.

Fontes de poluição próximas à mananciais superficiais e subterrâneos são fatores observados em diversos ambientes. Logo a determinação da qualidade de água é uma tarefa bastante complexa e deve-se levar em considerações diversas variáveis, como interação água e rocha, interferência humana, incremento de substâncias que promovem alteração na qualidade água, etc. (LEAL et al., 2009).

O conceito de qualidade de água está relacionado à suas características e as finalidades de sua aplicabilidade (AYERS; WESTCOT, 1999). Especialmente quando

a finalidade da água é agrícola, pois na irrigação, a qualidade da água depende da cultura em que se vai irrigar, havendo uma maior exigência quanto a qualidade de água para culturas alimentícias em relação as não alimentícias, sendo aplicado o mesmo conceito as indústrias pelos métodos de processamento (PATEMIANI; PINTO, 2001).

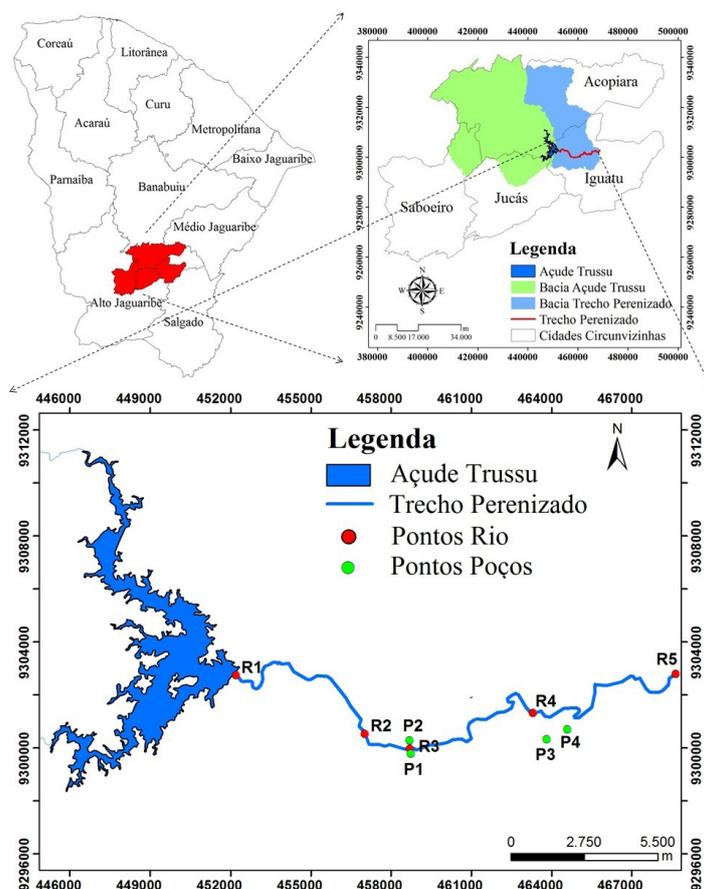
Portanto a análise da qualidade de água tanto de fontes superficiais como de fontes subterrâneas é de fundamental importância tendo em vista que a mesma é vital para sobrevivência humana e essencial para as diversas atividades (ELOI; BARRETO, 2011).

Uma alternativa bastante viável para acompanhamento da qualidade das águas, ao longo do tempo, em corpos hídricos é o índice de qualidade de água (LOPES et al., 2008). Índices de monitoramento têm como

objetivo o acompanhamento e interpretação de uma série de dados para facilitar a compreensão pelos usuários, podendo até classificar em níveis ou classes de qualidade de água (TOLEDO; NICOLELLA, 2002; BILICH; LACERDA, 2005). Diante disso objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade de água do vale perenizado do rio Trussu, Ceará através do emprego de Índice de Qualidade de Água – IQA.

## MATERIAL E MÉTODOS

A presente área encontra-se à jusante da barragem Roberto Costa até a foz do rio Trussu na margem esquerda do rio Jaguaribe, numa faixa de 24 km de extensão de rio perenizado artificialmente, entre as coordenadas geográficas 6°20'59" e 6°16'48" de latitude Sul e 39°27' e 39°16'12" de longitude Oeste (Figura 1).



Fonte: Autor.

**Figura 1.** Localização da bacia hidrográfica do açude Trussu, do trecho perenizado e dos pontos de coleta das águas superficiais e subterrâneas.

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE  
DE ÁGUA NO VALE DO RIO TRUSSU, CEARÁ

O açude público Roberto Costa (Trussu) construído em 1996, que pereniza o rio de mesmo nome, e controla uma bacia hidrográfica da ordem de 1590 km<sup>2</sup>. O reservatório foi construído com o barramento do rio Trussu, cerca de 100 metros a jusante da confluência do riacho Areré a cerca de 3,5 km a montante da vila de Suassurana, no município de Iguatu – CE. Ele tem como finalidades primordiais o abastecimento da cidade de Iguatu e a irrigação e regularização do rio a jusante, além do abastecimento d'água às populações ribeirinhas (COTEC, 1989).

Segundo a classificação de Koeppen, a zona climática do município de Iguatu é do tipo BSw'h', clima semiárido com precipitações máximas de outono, e temperatura média mensal sempre superior a 22 °C.

As coletas foram realizadas em dois períodos distintos de monitoramento. Durante o primeiro período as coletas foram realizadas por Palácio (2004) com frequência mensal, entre os meses de setembro de 2002 a fevereiro de 2004, o que totalizou 16 coletas durante o período. No segundo período de monitoramento as coletas foram realizadas entre os meses de abril de 2013 a julho de 2015, em caráter bimestral totalizando 12 coletas amostrais. As campanhas de coletas de água foram realizadas em 9 estações amostrais distribuídas ao longo do trecho perenizado do vale rio Trussu.

Cinco estações (R) são representativas das águas superficiais e quatro (P) das águas subterrâneas em poços alocados nas áreas de sedimentos aluviais do trecho perenizado. As estações amostrais R1, R2, R3, R4 e R5 foram situadas no segmento do trecho perenizado do rio Trussu para coletar amostras de águas superficiais. Para monitorar as águas subterrâneas foram estabelecidas 4 estações (P1, P2, P3 e P4) em poços rasos (cacimbões).

Foram usados seis parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas com

base na Análise de Componente Principal realizada por Palácio (2004): Sódio (Na<sup>+</sup>), Cloreto (Cl<sup>-</sup>), Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Potencial hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (CE) e Razão de Adsorção de Sódio (RAS).

O IQA para uso na irrigação utilizado neste trabalho foi desenvolvido por Palácio (2004) e aplicado na bacia do açude Trussu. O Valor do IQA foi avaliado através da equação 1:

$$IQA = \sum_{i=1}^n q_i \times w_i \quad (1)$$

onde: IQA - índice de qualidade de água (adimensional);  $\sum$  - somatório;  $q_i$  - qualidade relativa da i-ésima variável;  $w_i$  - peso relativo da i-ésima variável; i - número de ordem da variável.

O índice emprega os seis parâmetros considerados mais representativos na caracterização da qualidade das águas da região segundo Palácio (2004) e foram analisados segundo a metodologia proposta por Richards (1954): Sódio (Na<sup>+</sup>), Cloreto (Cl<sup>-</sup>), Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Potencial hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (CE) e Razão de Adsorção de Sódio (RAS).

Para cálculo de  $q_i$  foram realizados seguindo as recomendações de qualidade de água para o consumo humano do Brasil (Tabela 1) (Equação 1).

$$q_i = q_{i\max} - \frac{(X_{ij} - X_{\inf})}{X_{\text{amp}}} \times q_{i\text{amp}} \quad (2)$$

onde:  $q_i$  max: valor máximo de  $q_i$  para a classe;  $X_{ij}$ : valor observado para a célula ij;  $X_{\inf}$ : limite inferior da classe a que pertence  $X_{ij}$ ;  $q_i$  amp: amplitude de classe;  $X_{\text{amp}}$ : amplitude da classe a que pertence  $X_{ij}$ .

Para atribuição dos pesos ( $w_i$ ) (Tabela 2) de cada parâmetro da qualidade de água foi utilizado os gerados por Palácio (2004) em uma Análise de Componente Principal – ACP em função da explicabilidade de cada componente.

**Tabela 1.** Limites das variáveis utilizadas no IQA para cálculo do  $q_i$ .

$q_i$	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS
			(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )			
80 - 100	7,0 - 7,5	0,0 - 0,3	0,0 - 2,0	0,0 - 0,5	0,0 - 2,5	0,0 - 1,5
60 - 80	5,5 - 7,0 ou 7,5 - 8,5	0,3 - 0,5	2,0 - 5,0	0,5 - 1,5	2,5 - 5,0	1,5 - 3,0
40 - 60	4,5 - 5,5 ou 8,5 - 9,0	0,5 - 0,75	5,0 - 8,5	1,5 - 3,0	5,0 - 10,0	3,0 - 5,0
20 - 40	4,0 - 4,5 ou 9,0 - 9,5	0,75 - 3,0	8,5 - 9,0	3,0 - 7,0	10,0 - 30,0	5,0 - 8,0
0 - 20	< 4,0 ou > 9,5	> 3,0	> 9,0	> 7,0	> 30,0	> 8,0

**Tabela 2.** Valores de pesos relativos para cada parâmetro avaliado na qualidade de água da bacia do açude Trussu.

$w_i$ CE	$w_i$ pH	$w_i$ RAS	$w_i$ Na <sup>+</sup>	$w_i$ Cl <sup>-</sup>	$w_i$ NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
0,218	0,070	0,217	0,219	0,215	0,061

A classificação da qualidade de água foi desenvolvida também por Palácio (2004) e aplicada neste para interpretação do Índice de Qualidade de Água para irrigação (Tabela 3).

Foi aplicado o Teste t para comparação dos dois períodos de monitoramento, tendo em vista que essa análise estatística pode ser usada para diferenciar médias quando se tem dados de apenas dois grupos. Todas as comparações foram realizadas utilizando-se um nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Variação temporal do IQA

#### 3.1.1 Águas Superficiais

Durante o primeiro período de monitoramento das águas superficiais não houve grandes oscilações entre as coletas, pois os valores de IQA variaram entre 79,9 e 85,7 (variação menor que 7%), permanecendo sempre próximos a média de 82,33 (Figura 2), classificada como água de boa qualidade segundo Palácio (2004). Essa baixa variação constatada

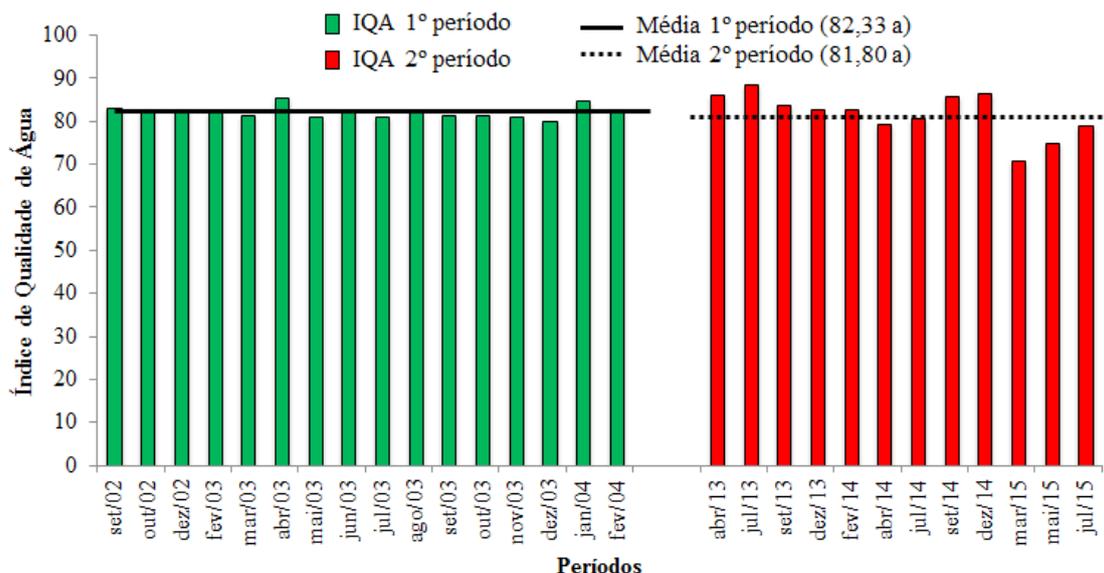
nas águas superficiais se deve ao fato do poder de autodepuração dos mananciais, ou seja, a capacidade de se recuperar mesmo após receber grandes recargas (SANTI et al., 2012). Zanini et al. (2010) encontrou uma média de IQA de 66,6 estudando microbacias do estado de São Paulo, média inferior as encontradas neste estudo.

Avaliando os períodos de maneira geral, não houveram grandes variações entre eles, e, portanto, não diferiram estatisticamente as médias dos dois períodos ( $p > 0,05$ ) sendo a média de IQA do primeiro período 82,33 e do segundo período 81,80. Este fato comprova que o decaimento do IQA no segundo período está mais relacionado a eventos de precipitação e longo período de estiagem do que aos impactos causados pela mudança do uso e ocupação do solo. Porém, não se deve descuidar para a qualidade ambiental da área, visto que mudanças no uso do solo são dinâmicas podendo em longo prazo afetar a qualidade dos recursos ambientais dentre eles os corpos hídricos. Saad et al. (2007) avaliando um reservatório em Guarulhos, São Paulo constatou que o IQA estava associado também a eventos climáticos.

**Tabela 3.** Faixas de qualidade da água para o IQA.

Valor numérico do IQA		Classificação da qualidade
0,0	30,0	Inadequada
30,0	50,0	Ruim
50,0	70,0	Regular
70,0	90,0	Boa
90,0	100,0	Ótima

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DE ÁGUA NO VALE DO RIO TRUSSU, CEARÁ



**Figura 2.** Variação temporal do índice de qualidade de água para as águas superficiais do primeiro e segundo período de monitoramento.

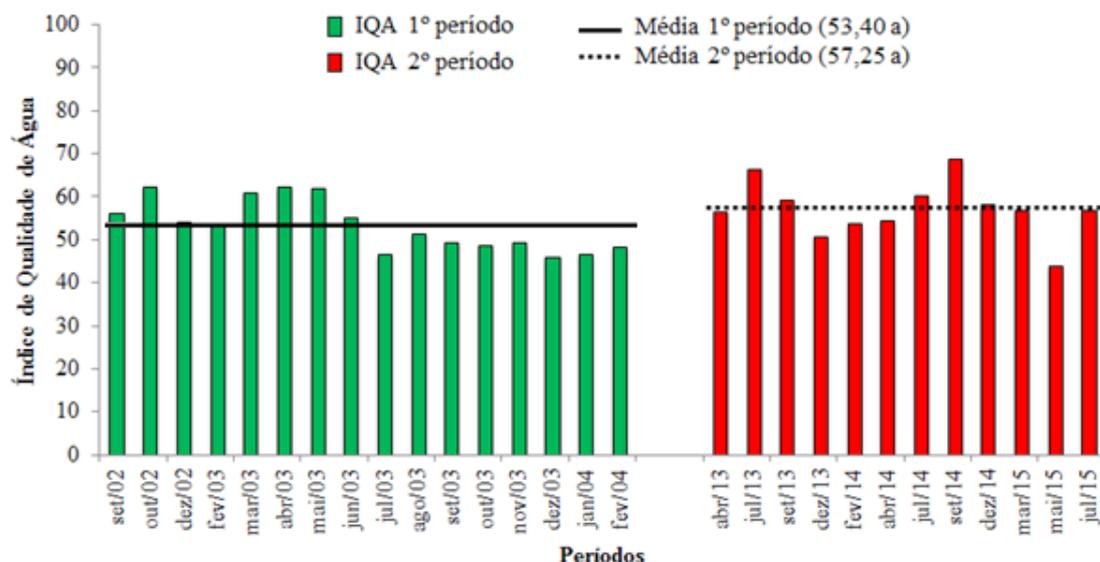
No segundo período de monitoramento houve uma significativa variação temporal entre as coletas realizadas devido a eventos ocorridos isoladamente, observado na coleta do mês de março de 2015. Nesta coleta houve um acúmulo de sais e uma elevação no potencial hidrogeniônico, que contribuíram para que o IQA da referida coleta decaísse. Em uma análise numérica houve uma variação durante todo o segundo período de 20%, com valores mínimo e máximo de 70,9 e 88,7, respectivamente. Apesar dessa maior variação as águas de todas as coletas foram classificadas como de boa qualidade segundo Palácio (2004). Melo Júnior et al. (2003), estudando a hidroquímica e qualidade das águas, encontraram para águas superficiais do rio Açu, Rio Grande do Norte uma variação de IQA de 59 a 85.

### 3.1.2 Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas no vale perenizado do rio Trussu apresentaram maiores variações temporalmente nos valores de IQA, no entanto, os valores médios dos períodos de monitoramento não diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ) sendo a média de IQA do primeiro período 53,40 e do segundo período 57,25. Para o primeiro período, o índice de qualidade de

água se mostrou bastante oscilante, com um decaimento considerável após a coleta de jun-03 (Figura 3), ficando o restante das coletas abaixo da média. Este decaimento se deve ao começo do período de seca, que segundo Meireles et al. (2007) com baixo nível dos reservatórios no período de estiagem proporciona o acúmulo de sais em decorrência do processo de evaporação. Porém a exceção dos meses de jan-04 e fev-04, que ao contrário da seca houve um grande volume precipitado, e carreamento de nutrientes para o lençol da bacia, permanecendo os valores de IQA baixos. Estas variações na qualidade das águas subterrâneas também foi encontrada Queiroz et al. (2001), assim como por Montenegro et al. (2003) avaliando um aquífero no Agreste do Pernambuco.

As águas dos poços monitorados no segundo período mantiveram-se classificadas em média como regular, com valor médio para o IQA foi de 57,25. Isto evidencia que por mais que as áreas tenham sofrido mudanças no uso e ocupação do solo ao longo dos anos, essa mudança não refletiu significativamente na piora dessas águas, corroborando para que esta média tendesse a ser maior do que a do primeiro período.



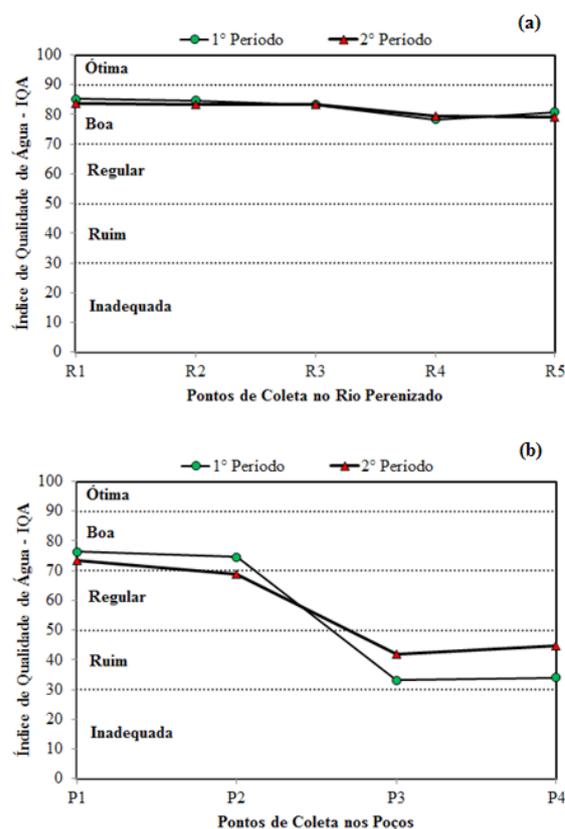
**Figura 3.** Variação temporal do índice de qualidade de água para as águas subterrâneas do primeiro e segundo período de monitoramento.

### 3.2 Variabilidade espacial do IQA para as águas superficiais e subterrâneas

Tendo em vista que as médias do rio perenizado corresponde ao valor dos 5 pontos de coletas monitorados e as médias das águas subterrâneas corresponde as águas de 4 poços, uma avaliação da variabilidade dos pontos de coleta em cada sistema hídrico torna-se necessário para conhecimento da homogeneidade ou heterogeneidade das águas. Para isso, uma avaliação espacial, durante os dois períodos de monitoramento foi realizada nas águas superficiais do rio perenizado (Figura 4a) e subterrâneas dos poços monitorados (Figura 4b).

Em todos os pontos monitorados no rio perenizado (R1, R2, R3, R4 e R5), em ambos os períodos de estudos, os valores médios de IQA classificou as águas como boa, de acordo com a classificação proposta por Palácio (2004). Percebe-se que não há variações significativas entre os pontos de coletas no rio perenizado, em ambos os períodos de monitoramento. Esse comportamento evidencia a homogeneidade das águas do rio perenizado, mostrando que ao longo do trecho perenizado as águas apresentam comportamento similar mesmo com a adição de dejetos de áreas urbanas e agrícolas.

Já os valores de IQA nas águas subterrâneas (Figura 4b) apresentam uma



**Figura 4.** Variabilidade espacial das águas: (a) nos 5 pontos de coleta no rio perenizado do Trussu e (b) nos 4 pontos de coletas nas águas subterrâneas dos poços monitorados.

alta variabilidade espacial entre os poços de coletas monitorados. Os poços P1 e P2 apresentaram classificações entre regular e boa nos dois períodos de monitoramento, sendo os poços P3 e P4 classificados como

ruim em ambos os períodos. Os poços P1 e P2 apresentaram menores salinidades e incrementos dos elementos, já os poços P3 e P4 apresentaram salinidade mais elevadas com maiores incrementos, o que reduz os valores de IQA. As diferenças na qualidade das águas entre os poços P1 e P2 e os poços P3 e P4 podem ser atribuídas a proximidade que os poços P1 e P2 tem com o leito do rio (ANDRADE et al., 2008) (assemelhando-se com a qualidade das águas superficiais) e a diferentes manchas de solos e nível do lençol freático.

Porém vale salientar que quando há uma comparação entre os períodos, os pontos P1 e P2 tiveram uma piora na qualidade de suas águas no segundo período. Já os pontos P3 e P4 obtiveram uma melhora quanto ao primeiro período, contudo é necessário um maior período de monitoramento para melhor explicar esse comportamento.

### CONCLUSÕES

O IQA para as águas superficiais não apresentou grandes variações tanto para o primeiro período como para o segundo período de monitoramento, possuindo médias semelhantes. Para as águas subterrâneas o IQA apresentou variações no segundo período de monitoramento, porém as médias dos dois períodos não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Não houve variação espacial quanto as águas superficiais no vale do rio Trussu em nenhum dos dois períodos de monitoramento. Já nas águas subterrâneas houve uma variação espacial entre períodos de monitoramento e entre os pontos. Os pontos P1 e P2 foram classificados com bom para o primeiro período, e bom e regular para o segundo, respectivamente. Já os pontos P3 e P4 obtiveram classificação ruim tanto no primeiro como no segundo período de monitoramento, sendo o Na<sup>+</sup> o principal responsável por este comportamento.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q. SOUZA, I. H.; LEÃO, R. A. O.; GUERREIRO, M. J. Land use effects in groundwater composition of an alluvial aquifer (Trussu River, Brazil) by multivariate techniques. **Environmental Research**, v. 106 p. 170 –177, 2008.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, p. 218. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BILICH, M.R.; LACERDA, M.P.C. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal por meio de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, Goiânia. **Anais...** p. 2059-2065, 2005.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 145-160.

CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T.; SANTOS, A.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.1, p. 61-65, 2006.

COTEC, Consultoria Técnica Ltda. Barragem Trussu. **Estudo e avaliação dos impactos ambientais**. Tomo I: diagnóstico ambiental. Fortaleza: PRONI-DNOCS, p. 118, 1989.

ELOI, W. M.; BARRETO, F. M. S. Qualidade microbiológica da água. In: Nildo da Silva Dias; Márcia Regina Farias da Silva; Hans Raj Gheyi. (Org.). **Recursos Hídricos: usos e manejos**. São Paulo:

Editora Livraria da Física, v.; p. 129-148, 2011.

JACOBSEN, D.; MILNER, A.; BROWN, L.; DANGLES, O. Biodiversity under threat in glacier-fed river systems. **Nature Climate Change**, v. 2, p. 361–364, 2012.

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.

LEAL, C. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUSA, V. F.; SILVA, E. F. F.; BASTOS, E. A. Qualidade da água subterrânea para fins de irrigação na microrregião de Teresina, Piauí. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 276-288, 2009.

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

MEIRELES, A. C. M. **Dinâmica qualitativa das águas superficiais da bacia do acarau e uma proposta de classificação para fins de irrigação**. Fortaleza-Ceará, 2007. 180f. Tese (Doutorado em engenharia civil- área de concentração em recursos hídricos) – Universidade Federal do Ceará, 2007.

MELO JUNIOR, G.; COSTA, C. E. F. S.; CABRAL NETO, I. Avaliação hidroquímica e da qualidade das águas de um trecho do rio Açú, Rio Grande do Norte. **Revista de Geologia**, v. 16, n. 2, p. 27-37, 2003.

MONTENEGRO, S. M. C. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; MACKAY, R.; OLIVEIRA, A. S. C. Dinâmica hidro salina em aquífero aluvial utilizado para agricultura irrigada familiar em região

semiárida. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 85-92, 2003.

QUEIROZ, G. H.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, M. M. F. Classificação dos corpos d'água: um estudo de caso, Tauá-CE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14, Aracaju. **Anais...** Aracaju: ABRH. 1 CD, 2001.

PALÁCIO, H. A. Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

PATEMIANI, J.E.S.; PINTO, J.M. Qualidade da água. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação série Engenharia Agrícola**. Ed. Piracicaba: FUNEP-SBEA, v.1, p. 195-253, 2001.

RICHARDS, L. A. (ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington DC, U. S: Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook 60).

SAAD, A.R.; SEMENSATO JÚNIOR, D.L.; AYRES, F.M.; OLIVEIRA, P.E. Índice de qualidade da água do reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos-SP: 1990-2006. **Revista UnG-Geociências**, Guarulhos, v.6, n.1, p.118-133, 2007.

SANTI, G. M.; FURTADO, C. M.; MENEZES, R. S.; KEPPELER, E. C. Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub bacia hidrográfica do igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecologia Aplicada**, v. 11, n. 1, p. 23-31, 2012.

SELBY, J.; HOFFMANN, C. Beyond scarcity: rethinking water, climate change and conflict in the Sudans. **Global Environment Change**, v. 29, p. 360–370, 2014.

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE  
DE ÁGUA NO VALE DO RIO TRUSSU, CEARÁ

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

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, 2003, p. 44.

VAN VLIET, M.T.H.; FRANSSEN, W.H.P.; YEARSLEY, J.R.; LUDWIG, F.; HADDELAND, I.; LETTENMAIER, D.P.; KABAT, P. Global river discharge and water temperature under climate change. **Global**

**Environment Change**, v. 23, p. 450–464, 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.

ZANINI, H.L.H.T.; AMARAL, L.A.; ZANINI, J. R.; TAVARES, L. H. S. Caracterização da água da microbacia do córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.732-741, 2010.