



Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Classificação da água subterrânea com base nos sólidos totais dissolvidos estimado

Classification of groundwater based on estimated total dissolved solids

Erika de Almeida Sampaio Braga¹; Marisete Dantas de Aquino¹, Carlos Márcio Soares Rocha¹, Luzia Suerlange Araújo dos Santos Mendes², Ana Rita Gonçalves Neves Lopes Salgueiro¹.

¹ Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, Ceará.

² Núcleo de Tecnologia Industrial e Qualidade do Ceará, NUTEC, Fortaleza, Ceará.

✉ andreierika@yahoo.com.br, marisete@ufc.br, cmarcio75@yahoo.com.br, luzia.santos@nutec.ce.gov.br, ritasalgueiro@ufc.br

Resumo

No domínio hidrogeológico das rochas cristalinas, as águas subterrâneas do estado do Ceará apresentam elevados teores de sólidos totais dissolvidos que contribuem para uma péssima qualidade da água. Baseado nesse contexto, o estudo teve como objetivo classificar águas brutas de poços com base nos sólidos totais dissolvidos (STD) estimado, calculado pelo valor da condutividade elétrica (CE) medida, utilizando-se o programa Qualigraf. As amostras de águas foram coletadas em dez municípios do estado do Ceará, durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020. As coletas foram realizadas de acordo com o Guia da Agência Nacional de Águas e a medida da condutividade elétrica foi realizada em campo utilizando-se um condutivímetro, método descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. De acordo com os resultados médios obtidos, 50% das águas foram classificadas como águas salgadas (STD > 1.500,0 mg.L⁻¹), 40% foram classificadas como águas salobras, (STD 500,0 a 1.500,0 mg.L⁻¹) e 10% foram classificadas como águas doces (STD < 500,0 mg.L⁻¹), segundo a Resolução nº357/2005 do Conama. Em relação a qualidade da água, comparando-se os resultados médios obtidos com o valor estabelecido pela Resolução nº 396/2008 do Conama, observou-se que 70% das amostras estavam em desacordo com a Resolução, concluindo-se que essas águas não estavam adequadas para o consumo humano.

Abstract

In the hydrogeological domain of crystalline rocks, groundwater in the state of Ceará contains high levels of total dissolved solids that contribute to poor water quality. In this context, the study aimed to classify raw water from wells based on estimated total dissolved solids (TDS), calculated from the measured value of electrical conductivity (EC), using the Qualigraf software. Water samples were taken in ten municipalities in the state of Ceará, in January, February and March 2020. Samplings were conducted in accordance with the Guide of the National Water Agency and the electrical conductivity was measured in the field with a conductivity meter, following the method described in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. According to the average results obtained, 50% waters were classified as salt water (TDS > 1,500.0 mg.L⁻¹), 40% were classified as brackish water, (TDS from 500.0 to 1,500.0 mg.L⁻¹) and 10 % were classified as fresh water (TDS < 500.0 mg.L⁻¹), according to Conama Resolution 357/2005. Regarding water quality, comparing the average results obtained with the value set forth by Conama Resolution 396/2008, 70% samples did not comply with the Resolution, concluding that these waters are not suitable for human consumption.

Palavras-chave:

Águas subterrâneas; Classificação da água; Sólidos totais dissolvidos, Condutividade elétrica.

Key words

Groundwater; Water classification; Total dissolved solids, Electrical conductivity.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v35i2.30051>

1. INTRODUÇÃO

O estado do Ceará está localizado na região Nordeste do Brasil e encontra-se, na sua totalidade, incluído no denominado Polígono das Secas, que apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas no tempo e no espaço. Nesse cenário, merece destaque o grau de utilização das fontes de abastecimento de água subterrânea, pois esse recurso torna-se significativo no suprimento hídrico da população. A formação geológica do Estado do Ceará, com cerca de 75% de solos cristalinos em sua parte central, e apenas com 25% de solos sedimentares, torna o potencial de águas subterrâneas bastante baixo, sem, no entanto, diminuir sua

importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem (CPRM, 1998).

Águas subterrâneas

No Brasil é a Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. De acordo com o Capítulo I e Art. 2º, para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições: I - águas subterrâneas: águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo; III - aquífero: corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.

Domínio hidrogeológico

O Domínio Hidrogeológico é um grupo de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas (ANA, 2007).

Rochas cristalinas

Representam o que é denominado comumente de aquífero fissural. Como basicamente não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semi-árido é, na maior parte das vezes, salinizada.

Depósitos aluvionários

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semi-áridas com predomínio de rochas cristalinas. Normalmente, a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

Rochas sedimentares

Os sedimentos da Formação Serra Grande representam o domínio de mais alto potencial do ponto de vista hidrogeológico.

Coberturas Tércio-Quaternárias

As coberturas terció-quaternárias compreendem manchas isoladas de sedimentos detríticos que, em função das espessuras bastantes reduzidas, têm pouca expressão como mananciais para captação de água subterrânea.

Sólidos totais dissolvidos (STD)

Os sólidos totais dissolvidos na água consistem de sais inorgânicos e materiais dissolvidos que geralmente compõem 95% ou mais do peso de sólidos totais na água. Em águas naturais, os sais são compostos químicos compreendidos entre ânions, tais como os carbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos e, cátions tais como o sódio, o potássio, o cálcio e o magnésio. A concentração natural de sais é fortemente influenciada pela formação geológica em que o corpo d'água está suportado. São esperadas altas concentrações de sais em áreas áridas ou semiáridas, onde as evaporações normalmente são maiores do que as precipitações. Os métodos empregados para a determinação de sólidos são gravimétricos e a concentração é expressa em miligramas/litro (mg.L^{-1}). A salinidade representa os sólidos totais na água após todos os carbonatos terem sido convertidos em óxidos, todos os brometos e iodetos terem sido substituídos pelos cloretos e toda a matéria orgânica ter sido oxidada. Conforme Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), considera-se água doce quando a salinidade for de até 0,5‰ (500mgL^{-1}), salobra até 30‰ (30.000mgL^{-1}) e salgada igual ou acima de 30‰ (BECKER, 2010).

Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e da temperatura na qual é feita, sendo, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica. Relaciona-se ao teor de salinidade, característica relevante para muitos mananciais subterrâneos e águas superficiais próximas ao litoral passíveis de intrusão de água salgada. A condutividade elétrica da água relaciona a resistência elétrica ao comprimento e é expressa em micro Siemens/centímetro ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) (LIBÂNIO, 2005).

Relação entre Condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD)

Para a maioria das águas subterrâneas naturais, Hem (1985), estabeleceu uma relação $\text{STD (mg.L}^{-1}) = \epsilon \times \text{C (}\mu\text{S.cm}^{-1})$, onde ϵ assume um valor entre 0,55 e 0,75, que gera uma boa estimativa de STD, sendo que para águas dominadas pelos íons HCO_3^- e Cl^- o valor aproximado é 0,55. Para águas salinas o fator é, usualmente, maior que 0,75 e, para águas ácidas, normalmente, é menor que 0,55. O software Qualigraf calcula os STD empregando um valor médio (0,65) considerado bom para a região Nordeste, de clima quente (HEM, 1985 *apud* CARACAS, 2013). Os sólidos totais dissolvidos (STD) correspondem ao peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade

de volume, ou seja, representa a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ou não volátil, e guarda estreita relação com a Condutividade Elétrica (CUSTÓDIO; LLAMAS, 2001; *apud* CARACAS, 2013).

Para calcular o valor dos sólidos totais dissolvidos (STD), o software Qualigraf da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2011), usa o valor médio de (0.65) considerado bom principalmente para a região nordeste, de clima quente. A tabela 1 mostra a classificação da água com base nos STD estimado.

Tabela 1 – Classificação da salinidade da água de acordo com os parâmetros de Custódio & Llamas, 2001 e BRASIL, 2005.

Tipos de águas	Sólidos totais dissolvidos (STD) em mg.L ⁻¹	
	Custódio e Llamas, 1986	Resolução nº 357/05 Conama
Doce	0 - 500	< 500
Salobra	500 - 1.000	500-30.000
Salgada	> 1.500	> 30.000

Fonte: Caracas (2013).

Área de estudo

Os poços onde foram realizadas as coletas das amostras de águas estão localizados em dez municípios do estado do Ceará. A tabela 2 mostra a distribuição por domínios hidrogeológicos dos municípios, segundo (CPRM, 1998)

Tabela 2 – Distribuição por domínios hidrogeológicos.

Municípios	Domínios hidrogeológicos			
	Rochas Cristalinas	Depósitos Aluvionares	Rochas Sedimentares	Coberturas Tércio Quaternárias
Ibaretama	Aquífero fissural	Sedimentos Areno Argilosos	*	*
Catunda	Aquífero fissural	Sedimentos Areno Argilosos	*	Sedimentos detrícios de pequenas espessuras
Ararendá	Aquífero fissural	Sedimentos Areno Argilosos	Sedimentos da Formação Serra Grande	Sedimentos detrícios de pequenas espessuras
Massapé	Aquífero fissural e Sedimentos da Formação Pacujá e Aprazível	Sedimentos Areno Argilosos	*	*
Jaguaruana	Aquífero fissural	Sedimentos Areno Argilosos	Formações Açú, Barreiras e Jandaira	*
Itapagé	Aquífero fissural	Sedimentos Areno Argilosos	*	*
Parambú	Aquífero fissural	Sedimentos Areno Argilosos	Sedimentos da Formação Serra Grande	*
Tamboril	Aquífero fissural	Sedimentos Areno Argilosos	*	*
Mulungú	Aquífero fissural	Sedimentos Areno Argilosos	*	*
Ipaporanga	Aquífero fissural	Sedimentos Areno Argilosos	Sedimentos da Formação Serra Grande	*

Fonte: CPRM (1998).

(*) Domínios hidrogeológicos não presentes no município.

2. OBJETIVO

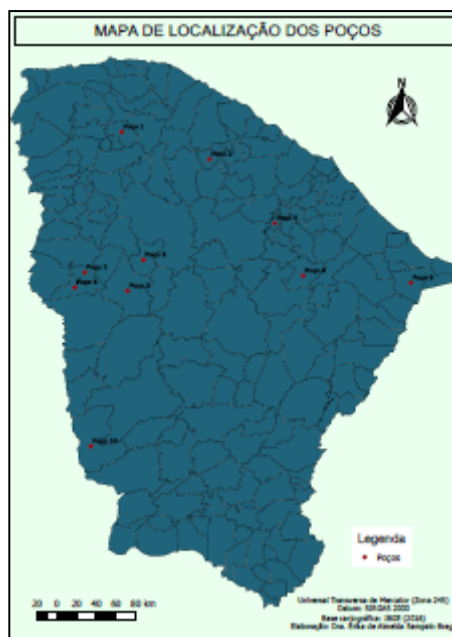
O estudo teve como objetivo classificar as águas brutas de poços, como doce, salobra e salgada, com base no valor dos sólidos totais dissolvidos (STD) estimado pelo valor da condutividade elétrica (CE) medida, calculado pelo software Qualigraf da FUNCEME, assim como também fazer a comparação dos resultados obtidos com o valor estabelecido pela Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nas amostras de águas brutas de poços coletadas nos dez municípios do estado do Ceará para avaliar a qualidade dessas águas para o consumo humano.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de águas brutas de poços foram coletadas em dez municípios mostrados na figura 1, localizados no Estado do Ceará, durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020. As coletas foram realizadas de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos) da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011) e a medida da condutividade elétrica foi realizada em campo utilizando-se um condutivímetro Digimed DM-32, método descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2012). O valor dos sólidos totais dissolvidos (STD) estimados foi calculado através do software Qualigraf da Funceme com base no valor da condutividade elétrica (CE) medida, A figura 1 mostra o mapa de localização dos poços de onde foram feitas as coletas das amostras de águas.

Figura 1- Mapa de localização dos poços

amostrados



Fonte: Elaborada pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 mostra os pontos de coleta e os resultados médios obtidos para a condutividade elétrica medida em campo para as amostras de águas brutas de poços coletadas nos dez municípios localizados no estado do Ceará.

Tabela 3 – Amostras e resultados médios obtidos

Amostras/Poços/Municípios	Condutividade medida (CE)
	μScm^{-1}
Poço 1/Ibaretama	8.039
Poço 2/Catunda	5.803
Poço 3/Ararendá	3.573
Poço 4/Massapé	8.070
Poço 5/Jaguaruana	1.663
Poço 6/Itapagé	1.314
Poço 7/Parambú	2.579
Poço 8/Tamboril	2.285
Poço 9/Mulungú	483,0
Poço 10/Ipaporanga	1.029
Resolução nº 396/08 Conama	*

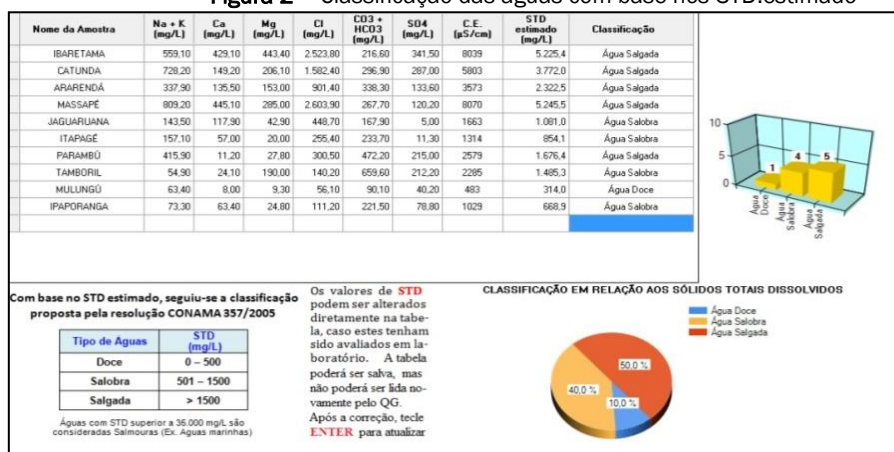
Fonte: Elaborada pelos autores.

*Valores não estabelecidos pela Resolução 396/08 Conama.

Observando-se os valores da condutividade elétrica (CE) (μScm^{-1}) mostrados na tabela 3, verificou-se que o maior valor foi de **(8,070)** para a amostra de água do **poço 4** coletada no município de **Massapé**, enquanto o menor valor foi de **(483,0)** para a amostra de água do **poço 9** coletada no município de **Mulungú**. A condutividade elétrica é diretamente proporcional à concentração iônica, variando de acordo com a maior ou menor quantidade de sais dissolvidos. Águas inseridas predominantemente no domínio hidrogeológico das rochas cristalinas são mais salinizadas devido aos fatores que favorecem as condições para dissolução de sais minerais.

Para fazer a classificação das águas brutas dos poços, com base nos sólidos totais dissolvidos (STD) estimado, das amostras coletadas nos dez municípios foi utilizado o software Qualigraf da Funceme. A figura 2 mostra a classificação das águas.

Figura 2 – Classificação das águas com base nos STD. estimado



Fonte: Software Qualigraf FUNCEME (2011).

De acordo com a figura 2, observou-se que o maior valor de STD (mg.L⁻¹) foi de (5.245,5) para a amostra de água do poço 4 coletada no município de Massapé, enquanto o menor valor foi de (314,0) para a amostra de água de poço 9 coletada no município de Mulungú.

Na tabela 3, foi verificado quanto aos valores de condutividade elétrica (CE) (µScm⁻¹), que o maior valor foi de (8,070) para a amostra de água do poço 4 coletada no município de Massapé, enquanto o menor valor foi de (483) para a amostra de água do poço 9 coletada no município de Mulungú. Na figura 2, o maior valor de sólidos totais dissolvidos (STD) (mg.L⁻¹) foi de (5.245,5) para a amostra de água do poço 4 coletada no município de Massapé, enquanto o menor valor foi de (314,0) para a amostra de água de poço 9 coletada no município de Mulungú. Com base nesses resultados pode-se observar que quanto maiores os valores da condutividade (CE) maiores os valores dos sólidos totais dissolvidos (STD) estimado, ou seja, são diretamente proporcionais. Isso pode ser explicado pela estreita relação dos sólidos totais dissolvidos (STD) com a Condutividade Elétrica (CE). A condutividade elétrica indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e da temperatura na qual é feita, sendo, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica.

Da Silva, Almeida e Fernandes (2002) encontraram valores médios de condutividade elétrica (mS/cm) = 5,27 em águas subterrâneas localizadas em litologia cristalina do Ceará, resultados que corroboram com os resultados obtidos nessa pesquisa.

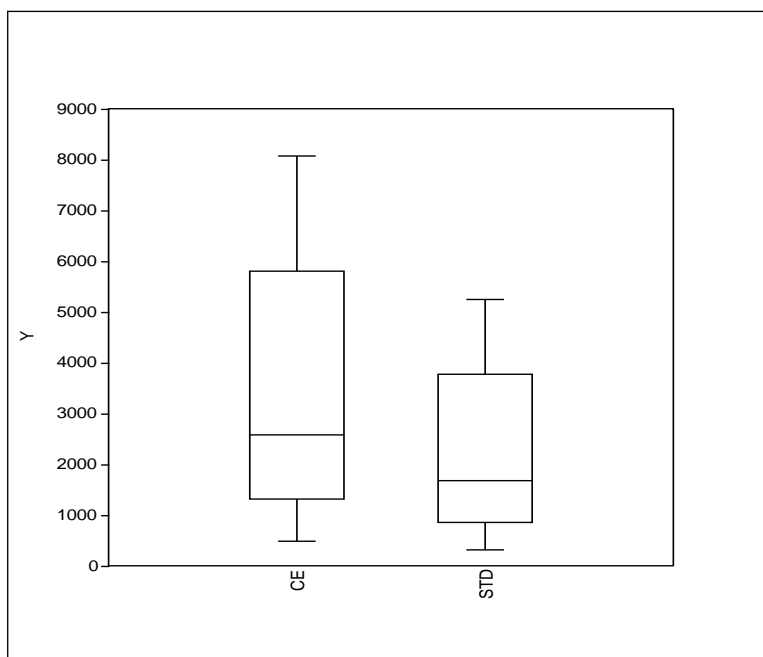
Em relação a classificação das águas, com base nos valores dos sólidos totais dissolvidos estimado pelo valor da condutividade medida e de acordo com a Resolução nº 357 de 2005 do Conama, observando-se a figura 2, pode-se verificar que (50% das águas analisadas foram classificadas como águas salgadas (STD > 1.500,00mg.L⁻¹), que foram as amostras de águas dos poços coletadas nos municípios de Ibareta, Catunda, Ararendá, Massapé e Parambú, (40% foram classificadas como águas salobras (500,0 < STDmg.L⁻¹ < 1.500,0), que foram as amostras de águas dos poços coletadas nos municípios de Jaguaruana, Itapagé, Tamboril e Ipaporanga) e (10% foram classificadas como águas doces (STD < 500,0mg.L⁻¹), que foram as amostras coletadas no município de Mulungú).

Comparando-se os resultados obtidos para os STD com o valor máximo permitido (VMP ≤ 1000,0) estabelecido pela Resolução nº 396/08 do Conama, as amostras de Ibareta, Catunda, Ararendá, Massapé, Jaguaruana, Parambú e Tamboril encontraram-se em desacordo com essa Resolução e impróprias para o consumo humano. A concentração natural de sais é fortemente influenciada pela formação geológica em que o corpo d'água está suportado São esperadas altas concentrações de sais em áreas áridas ou semiáridas, onde as evaporações normalmente são maiores do que as precipitações (BECKER, 2010).

4.1 Estudo estatístico: Condutividade elétrica (CE) versus Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Utilizando o PAST (Paleontological Statistics versão 2.17c) calcularam-se todos os dados estatísticos univariadamente, no conjunto amostral, onde o Coeficiente de Variação e Desvio Padrão é amplamente usado em química analítica para expressar a precisão e a repetitividade de um ensaio. A figura 3 mostra o gráfico tipo caixa das concentrações Condutividade Elétrica (µScm⁻¹) e STD (mg.L⁻¹) durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020. As linhas horizontais da caixa expressam os valores de 25, 50 e 75%. A barra de erro inclui os valores entre 5 e 95%; (x) os valores correspondentes a 1 e 99% e o sinal (-) os valores mínimo e máximo do conjunto de dados. A média aritmética corresponde ao dentro da caixa

Figura 3 - Gráfico tipo caixa
STD (mgL⁻¹)

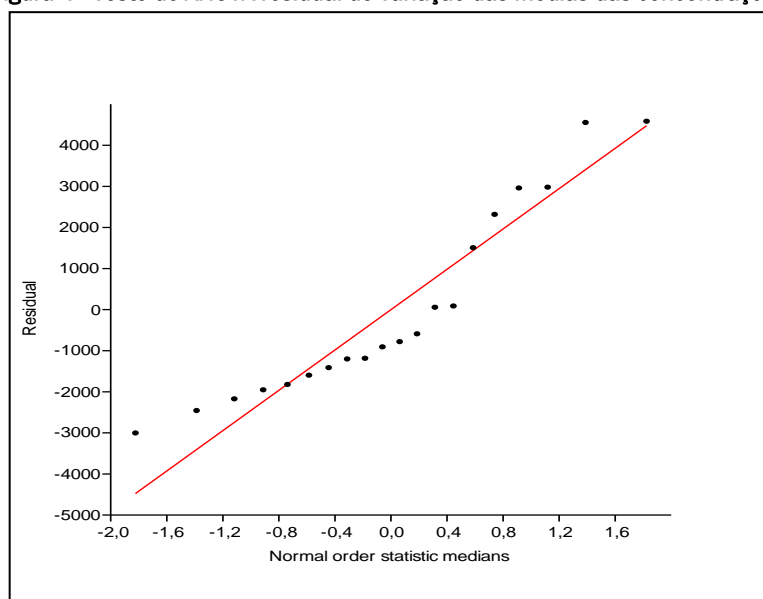


dos valores de CE (μScm^{-1}) e

Fonte: Os autores.

Na figura 4 a análise mais comum se ajusta a modelos logísticos lineares sucessivamente mais ricos e mede a variação residual do modelo por menos duas vezes a máxima verossimilhança. Medidas gerais de variação residual são consideradas aqui, incluindo erro quadrático ordinário e erro de previsão, bem como a verossimilhança logarítmica.

Figura 4 - Teste de ANOVA residual de variação das médias das concentrações



Fonte: Os autores.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

Com base nos valores dos **sólidos totais dissolvidos (STD) (mg.L⁻¹)** estimados as águas coletadas nos poços dos municípios de **Ibaretama, Catunda, Ararendá, Massapé e Parambú**, correspondentes a 50% das águas coletadas foram classificadas como **águas salgadas** pois os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) foram (**> 1.500,0mg.L⁻¹**), as águas coletadas nos poços dos municípios de **Jaguaruana, Itapagé, Tamboril e Ipaporanga**, correspondentes a 40% das águas coletadas foram classificadas como **águas salobras**, pois os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) ficaram na faixa de (**500,0 a 1.500,0 mg.L⁻¹**) e as águas dos poços coletadas no município de **Mulungú**, correspondentes a 10% das águas coletadas foram classificadas como **águas doces** pois os valores foram (**< 500,0mg.L⁻¹**);

Com base nos valores da **condutividade elétrica (CE) (μScm^{-1}) medida** pode-se verificar que a condutividade elétrica (CE) guarda uma estreita relação com os sólidos totais dissolvidos (STD), porque proporciona uma indicação da quantidade de sólidos totais dissolvidos presentes em uma amostra de água, o que pode se confirmado pelos valores obtidos para **condutividade elétrica (CE) (μScm^{-1})** que variaram de **(8,070) a (483,0)** e dos **sólidos totais dissolvidos (STD) (mg.L^{-1})** que variaram de **(5.245,5) a (314,0)**, **proporcionalmente**.

Em relação a Resolução nº 396/08 do Conama, que estabelece o valor máximo permitido ($\text{VMP} \leq 1000,0$), comparando-se os resultados obtidos para os STD estimado, 70% das amostras encontraram-se em desacordo com essa Resolução e impróprias para o consumo humano.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Guia Nacional de Coleta e Preservação: Amostras. Água, Sedimentos, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos**. Brasília, DF. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Catálogo de metadados. Mapa digital. 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Water Environment Federation**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ed. 2012.

BECKER, HELENA. **Controle analítico de águas**. Versão 4. Universidade Federal do Ceará. 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução nº 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Brasília. DOU nº 053 de 18 de março de 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008*. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Brasília. DOU n. 66, de 07 de abril de 2008.

CARACAS, ISABELLE BEZELGA. **Influência da salinização em parâmetros de qualidade das águas subterrâneas na região costeira do Baixo Jaguaribe**. 2013. 100 f. Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Estado do Ceará**. Fortaleza: Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>. Acesso em: 17/06/2020.

CPRM. SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL. **Diagnostico do município de Massapé**. Fortaleza 1998, Mapas e publicações – Ceará. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Ceara--Atlas-Digital-dos-Recursos-Hidricos-Subterraneos-588.html>> Acesso em 17/06/2020

CPRM. SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL. **Diagnostico do município de Mulungú**. Fortaleza 1998, Mapas e publicações – Ceará. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Ceara--Atlas-Digital-dos-Recursos-Hidricos-Subterraneos-588.html>> Acesso em 17/06/2020

Fernando José Araújo da Silva, Andréa Lima de Araújo, Raimundo e Oliveira de Souza. **Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e Salinidade**. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 136-159, dez. 2007.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Qualigraf** – Classificação das águas para fins de irrigação (SAR/USSL). Software, versão 1.17 - 2014. Disponível em < <http://www5.funceme.br/qualigraf/mi/midia/show/3>> Acesso em 18/06/2020

LIBÂNIO, MARCELO. **Fundamentos de qualidade e tratamento da água**. Campinas: São Paulo. Editora Átomo, 2005.

PAST. **PAleontological STatistics**. Reference manual version 2.17.c. University of Oslo. 1999-2012.