



USO DA TECNOLOGIA DE TROCA IÔNICA NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE CUITÉ-PB

Maria Jucilene de Macêdo Melo¹, *Denise Domingos da Silva²

¹ Graduada em Licenciatura em Química, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-PB.

² Universidade Federal de Campina Grande – Lab. de Bio. e Química Ambiental – Cuité-PB

* Email para correspondência: dedomingos@ufcg.edu.br

Resumo

O presente estudo relata uma pesquisa desenvolvida no período entre novembro de 2010 a abril de 2011, com objetivo principal a utilização da resina de troca iônica para abrandamento da água de abastecimento do município de Cuité-PB. O estudo possibilitou verificar a qualidade da água através de análise de dureza, alcalinidade, pH e condutividade elétrica, bem como acompanhar o tratamento da água no município. As análises demonstraram que as amostras de águas de abastecimento atendem exigências estabelecidas pelo Ministério da Saúde. O processo de abrandamento utilizando a resina de troca-iônica foi eficaz, apresentando boa relação custo-benefício, sendo uma tecnologia econômica, promissora e pode ser uma alternativa futura de produção de água potável para a população da cidade de Cuité-PB.

Palavras-chave: dureza, resina, água.

Abstract

This present study reports a research developed in the period between november 2010 to april 2011, with the main objective to use exchange resin ion for slowing the water of supply of the city of Cuité-PB. The study enabled us to verify the quality of water through hardness analysis, alkalinity, pH and electrical conductivity, just like monitor the treatment of water in the municipality. The analyzes showed that the samples of water of supplies attend requirements established by the Ministry of Health. The process of relaxation using ion-exchange resin was effective, presenting good relation cost-benefit, being an promising economic technology and may be a future alternative for drinking water production for the population of the city of Cuité-PB.

Keywords: hardness, resin, water.



1. Introdução

A água é um bem precioso e indispensável à vida. Além de constituir um elemento vital para a existência das espécies na Terra, a água é um recurso natural por excelência e é também usada nas mais diversas atividades humanas, que pode propiciar saúde, conforto e riqueza ao homem.

Apesar do planeta Terra ser composta na sua superfície por 70% de água, o que representa cerca de 97,5% da água disponível no mundo está nos oceanos e apenas 2,5% é água doce. No entanto, o seu mau uso vem reduzindo drasticamente a qualidade desse recurso natural e, conseqüentemente, sua disponibilidade. Segundo Borges (2009), esta tem sido utilizada de forma inadequada pela sociedade, causando problemas tanto no que se refere à qualidade quanto a sua quantidade.

Devido a problemas relacionados à poluição de corpos d'água e escassez, sobretudo na região do semi-árido do nordeste brasileiro, onde estas águas apresentam alta força iônica, ou seja, excesso de concentração de sal, de alta dureza e estão supersaturadas com carbonato de cálcio (CAVALCANTI; AGOSTINHO; NASCIMENTO, 2010). Além disso, os baixos índices pluviométricos na região propiciam o aumento da concentração desses sais em reservatórios de água, contribuindo para sua má qualidade.

Em virtude disso, cientistas de todo mundo buscam alternativas, novas metodologias e tecnologias sustentáveis, que possam minimizar os custos e problemas operacionais dos métodos tratamentos tradicionais. Entretanto, o surgimento de novas técnicas torna-se um desafio tendo em vista o aumento da necessidade de se tratar efluentes cada vez mais diversos e que atendam aos limites estabelecidos pelas exigências legais.

Diante de tantas tecnologias disponíveis, a adsorção tem surgido como uma técnica de grande potencial para o tratamento de efluentes industriais, possibilitando separações quantitativas e apresentando boa durabilidade,



sendo um processo econômico e versátil, além de possibilitar combinações com outras técnicas (BRAGA, 2008).

A resina de troca iônica é um dos adsorventes mais utilizados para o tratamento de águas, resíduos nucleares, indústria alimentícia, indústria farmacêutica, agricultura e metalúrgica. O emprego das resinas é uma técnica que vem sendo explorada em virtude de suas vantagens, como baixo custo, seletividade, possibilidade de regeneração e reutilização, possibilitando seu descarte sem causar impactos significativos ao meio ambiente (QUEIRÓS, 2006).

Portanto, este trabalho relata uma pesquisa desenvolvida no período entre novembro de 2010 a abril de 2011, com objetivo principal de utilizar a resina de troca iônica através da técnica analítica de cromatografia iônica para quantificar a alcalinidade e dureza da água de abastecimento do município de Cuité-PB, levando em consideração as influências das diferentes estações. O estudo possibilitou acompanhar o pré-tratamento realizado pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) e comparar as fontes primárias (água bruta), bem como desenvolver metodologias que envolveram desde processos de amostragem da água em diferentes pontos do percurso da referida matriz, até desenvolvimento de metodologias analíticas clássicas (titulometria de complexação/neutralização), que contribuíram para desenvolver proposta de inovadoras para o tratamento de água do município.

2. Materiais e métodos

Cartacterização da área de estudo e informações do abastecimento do município de Cuité

O Estado da Paraíba está dividido em 11 bacias hidrográficas e 123 açudes monitorados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2011). Neste contexto, o açude Boqueirão do Cais (Figura 1) que abastecia o município de Cuité-PB, atualmente desativado pela escassez



de chuvas na região, está localizado no nordeste brasileiro, região centro-norte do estado da Paraíba, na microrregião do Curimataú Ocidental e situado no planalto da Borborema. O seu reservatório tem capacidade para armazenar 12.367.300 m³ de água, fixando-se a 9 km da sede do município. O açude foi inaugurado no ano de 1985 para atender as necessidades da população do curimataú paraibano que necessitava urgentemente de um grande reservatório para sanar seus problemas de falta d'água.

De acordo com censo 2010 (IBGE, 2010), o município de Cuité – PB, com área de 741,84 km² e população de 19.851 habitantes, dos quais os domiciliados na zona urbana eram abastecidos pela água de rede geral, fornecendo-lhe toda água necessária, e o restante da população rural por poços e cisternas.



Figura 1: Imagem ilustrativa de pontos de coleta no Açude do Cais na cidade de Cuité-PB.
Fonte: Satélite, Google Earth 2011.

Amostras e processo de amostragem

O processo de amostragem envolveu coletas de 8 amostras de diferentes pontos da cidade (residências, Universidade (UFCG/campus de Cuité), e estação de tratamento da CAGEPA), durante o período entre novembro de 2010 a abril de 2011. Essas amostras foram nomeadas de A à H,



sendo que os pontos A, B, C, D e H, correspondem às amostras em diferentes localidades da cidade e os pontos F e G são amostras de água “bruta”, coletados às margens do Açude do Boqueirão do Cais (Tabela 1). As coletadas das amostras foram realizadas em triplicatas para cada ponto referido, armazenadas em frascos de politereftalato de etileno (PET) com capacidade de 500 mL, preenchidos totalmente e imediatamente refrigerados. As análises foram realizadas à temperatura ambiente (25°C) em caráter quantitativo e qualitativo.

Tabela 1. Localização da coleta das amostras

Pontos	Local da Coleta
A	Restaurante, centro de convivência da UFCG/CES
B	Caixa d'água da biblioteca da UFCG/CES
C	Rua Pedro Ferreira de Medeiros, bairro Bela Vista
D	Rua Caetano Dantas, centro
E	Água pré-clorada da CAGEPA, centro
F	Margens do açude, próximo ao criatório de Tilápias
G	Margens do açude, próximo à sangria
H	Laboratório de Química Analítica – UFCG/CES

Análises

As amostras foram submetidas as análises em triplicata, atribuindo um valor médio, a partir de dados obtidos. Os ensaios foram realizados no laboratório de Química Analítica do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande, seguindo metodologias recomendadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - APHA* (EATON et. al, 1999). Demais metodologias seguiram



padrões descritos pelo Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2009).

Dureza

Na determinação da dureza da água foi utilizado o método de volumetria de complexação com EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) e o indicador cristais de murexida. A dureza é expressa termos de mg.L^{-1} de carbonato de cálcio (CaCO_3) nas amostras e quantificada através de cálculos, utilizando a Equação (1) (FUNASA,2009).

$$\text{Dureza (mg.L}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Volume de EDTA (mL)} \cdot 1000 \cdot FC}{\text{Volume da amostra (mL)}} \quad (1)$$

Alcalinidade

A alcalinidade foi determinada utilizando o método de volumetria de neutralização, titulando as amostras com ácido sulfúrico (H_2SO_4) e solução de indicador de alaranjado de metila. Os calculos para a determinação da alcalinidade (Equação 2) expressa em mg.L^{-1} de carbonato de cálcio (CaCO_3), contido na amostra (FUNASA, 2009).

$$\text{Alcalinidade(mg.L}^{-1}\text{)} = \text{Volume de H}_2\text{SO}_4 \text{ (mL)} \cdot 20 \quad (2)$$

Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade de cada amostra foi medida utilizando um condutímetro mCA-150 (marca Tecnopon), previamente calibrado com solução padrão de cloreto de potássio (KCl) $146,9 \mu\text{S.cm}^{-1} \pm 0,5\%$, a temperatura padrão de 25°C .



pH

A análise do pH das amostras de água foi realizada através do método potenciométrico, utilizando um pHmetro PHS – 3B (marca Phtek), calibrado com soluções tampão $5,00 \pm 0,02$ e $8,00 \pm 0,02$.

Desenvolvimento de metodologias

Preparação da resina de troca iônica e empacotamento da coluna de adsorção

A resina de troca iônica para a realização desse trabalho foi cedida pelo Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A resina é mista (catiônica/aniônica), apresenta estrutura polimérica à base de poliestireno e divinilbenzeno, com grupo funcional de ácido sulfônico e amina, possui forma esférica tipo gel e coloração marrom claro-dourado (Figura 2). A resina seca foi pesada e colocada em NaCl (sólido) para ativação dos sítios ativos, por cerca de 24 horas, e após esse período a resina foi lavada com água destilada até a remoção do sal.

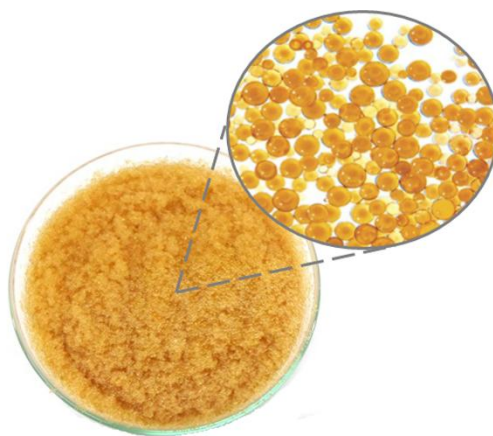


Figura 2: Resina de troca iônica, tipo gel



O empacotamento da resina foi realizado em duas colunas de adsorção de diferentes escalas. A primeira coluna foi preparada em pequena a partir de uma seringa descartável com capacidade de 10 mL, adaptada como cartucho do tipo SPE (Extração da Fase Sólida). A seringa foi preenchida com resina de troca iônica até atingir o volume de 8 mL, tendo em sua extremidade inferior e superior um chumaço de algodão a fim de evitar escoamento da resina ou que a mesma transbordasse pela parte superior com adição da solução. O mesmo procedimento foi realizado para o empacotamento da segunda coluna de adsorção, utilizando-se uma bureta volumétrica de 25 mL, sendo preenchida com a resina até um tamanho conveniente (40 cm de comprimento), ficando um espaço acima do recheio suficiente para colocar a fase móvel.

Regeneração da resina de troca iônica por meio ácido e básico

A regeneração da resina trocadora de íons mista foi feita utilizando soluções de hidróxido de sódio (NaOH) e de ácido clorídrico (HCl), ambas à 5% preparadas previamente. Para a regeneração da resina, fez-se uma coluna de cartucho adaptado SPE, utilizando 10 mL da solução de NaOH à 5% como fase móvel. O eluato foi estocado e realizou-se medidas de pH e condutividade. O mesmo procedimento foi realizado para a regeneração da resina em meio ácido, conforme ilustra a Figura 3.

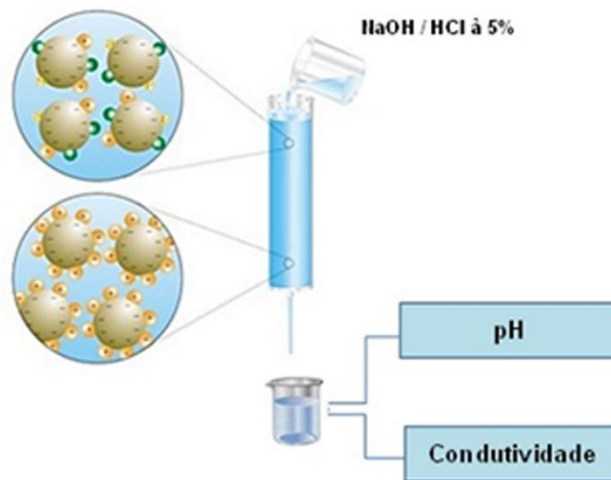


Figura 3: Procedimento de regeneração da resina de troca iônica com NaOH/HCl à 5%.

Com o intuito de averiguar a capacidade de troca iônica na resina após o processo de regeneração, foi utilizada uma amostra do ponto A, coletada em março de 2011, realizando o mesmo procedimento citado anteriormente com apenas 10 mL da amostra, coletando-se a solução remanescente em tubos de ensaios e submetendo-se a análises de pH e condutividade, até a observação de correlação entre estes parâmetros.

3. Resultados e discussão

Dureza

A Figuras 4 apresenta as análises de dureza das águas do abastecimento dos diferentes pontos coletados, no período entre novembro de 2010 a abril de 2011.

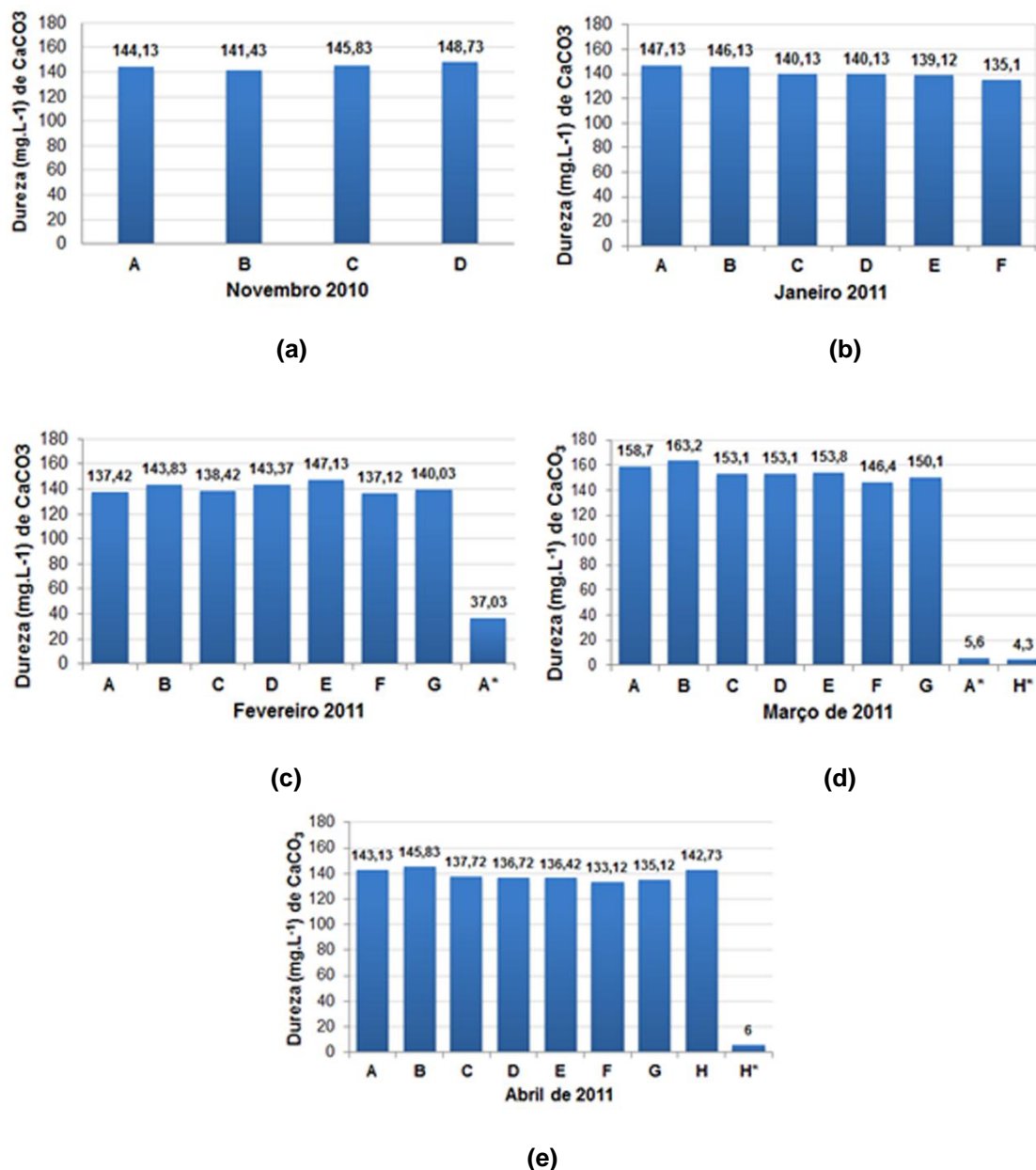


Figura 4: Gráfico das análises da dureza das amostras de água. (a) Novembro de 2010; (b) Janeiro de 2011; (c) Fevereiro de 2011; (d) Março de 2011; (e) Abril de 2011. *Amostra após passar pela resina.

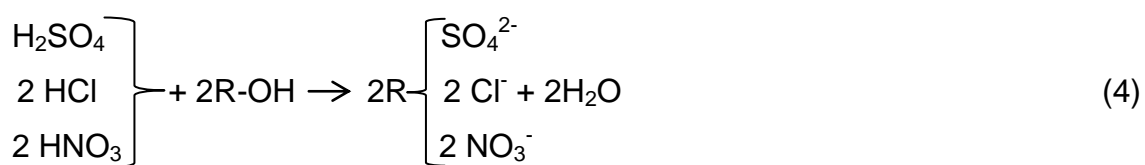
Os valores encontrados indicam que as amostras estão dentro do valor máximo permitido pela portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde que estabelece o teor de dureza de até 500 mg.L⁻¹ em termos de carbonato de cálcio CaCO₃. Os resultados apresentam valores entre 133,12 mg.L⁻¹ e 163,02



mg.L⁻¹, sendo as amostras classificadas como águas duras (entre 100 a 200 mg.L⁻¹ de CaCO₃). A dureza é causada essencialmente pela presença de sais de cálcio e magnésio presentes nas rochas calcárias, sendo confirmada pelo aumento do pH. Além disso, o consumo de águas duras em longo prazo pode provocar mortalidade por doenças cardíacas (BAIRD, 2002).

No entanto, as amostras (A* e H*) que passaram pela coluna de adsorção e em contato com a resina de troca iônica tiveram suas concentrações de CaCO₃ reduzidas, apresentando percentuais de remoção de sais de 96,5% e 95,8%, respectivamente.

A retenção nesse processo é governada pela polaridade do material, que no caso o divinilbenzeno (DVB) ligado ao ácido sulfônico (-SO₄³⁻) para resinas catiônicas, usualmente representada na forma R-H⁺. Essas resinas conseguem capturar íons Ca²⁺ e Mg²⁺ liberando íons H⁺ para a solução. Já as resinas aniônicas de base fraca, geralmente tem como um grupo funcional uma amina, representada na forma R-OH, consegue remover ânions fortes, tais como sulfatos, cloretos e nitratos. As reações para os processos de permuta, utilizando esses tipos de resina são expressos nas Equações 3 e 4, respectivamente.



Com relação aos índices pluviométricos, as amostras coletadas no mês de março de 2011, apresentaram um aumento no valor da dureza total, fato evidenciado pela estiagem no município, ocasionando a concentração dos sais causadores da dureza. No mês de abril, houve a diminuição da dureza, devido à precipitação de chuvas no município.

Alcalinidade

A quantificação da alcalinidade nas amostras coletadas foram obtidas através do método tritrimétrico de neutralização e os valores são apresentados na Figura 5.

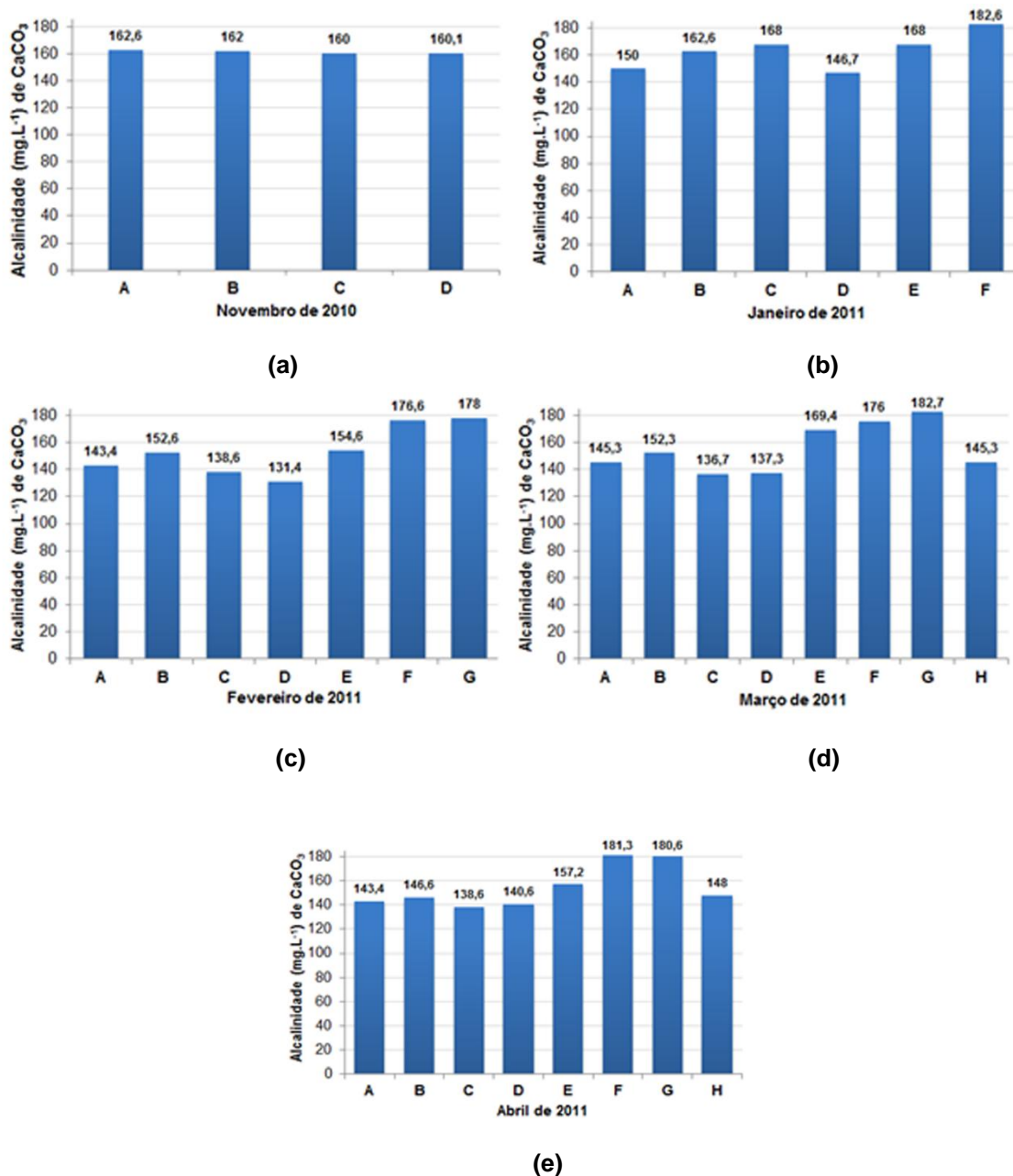


Figura 5: Gráfico das análises da alcalinidade das amostras de água. (a) Novembro de 2010; (b) Janeiro de 2011; (c) Fevereiro de 2011; (d) Março de 2011; (e) Abril de 2011.



Os resultados mostraram valores semelhantes em todas as amostras analisadas, demonstrando uma significativa capacidade tamponante, ou seja capacidade de resistir as alterações de pH. De acordo com Silva (2010) não existe um valor máximo permitido pela legislação para a alcalinidade, mas sua relação com o pH, sua expressão se dá em mg.L^{-1} de CaCO_3 .

O aumento da alcalinidade nas amostras F e G (coletadas no açude), se deve as altas concentrações de CaCO_3 presentes no solo, visto que a região do semi-árido nordestino é propício à altos valores alcalinidade, associados ao clima seco sob constante evaporação nas épocas de estiagem, assumindo que todo HCO_3^- se precipita no solo na forma de CaCO_3 e a quantidade de calcário incorporada ao solo faz o pH aumentar, o que confirma a sua alta alcalinidade (EGREJA FILHO, et al. 1999).

Condutividade Elétrica (CE)

Os resultados obtidos das medidas da condutividade elétrica (CE) nas amostras coletadas no período de fevereiro a abril de 2011, são apresentados na Figura 6. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Embora a legislação estabeleça um valor máximo permitido para a condutividade, este pode ser relacionado à presença de sólidos suspensos na água analisada.

As medidas de condutividade apresentaram valores aproximados, isso deve a presença de sais dissolvidos na água, sendo confirmado pela diminuição da condutividade nas amostras que foram submetidas ao tratamento com a resina (Figura 6 (a)) e após a destilação simples (Figura 6 (b)), comprovando o grau de pureza de águas destiladas para fins laboratoriais.

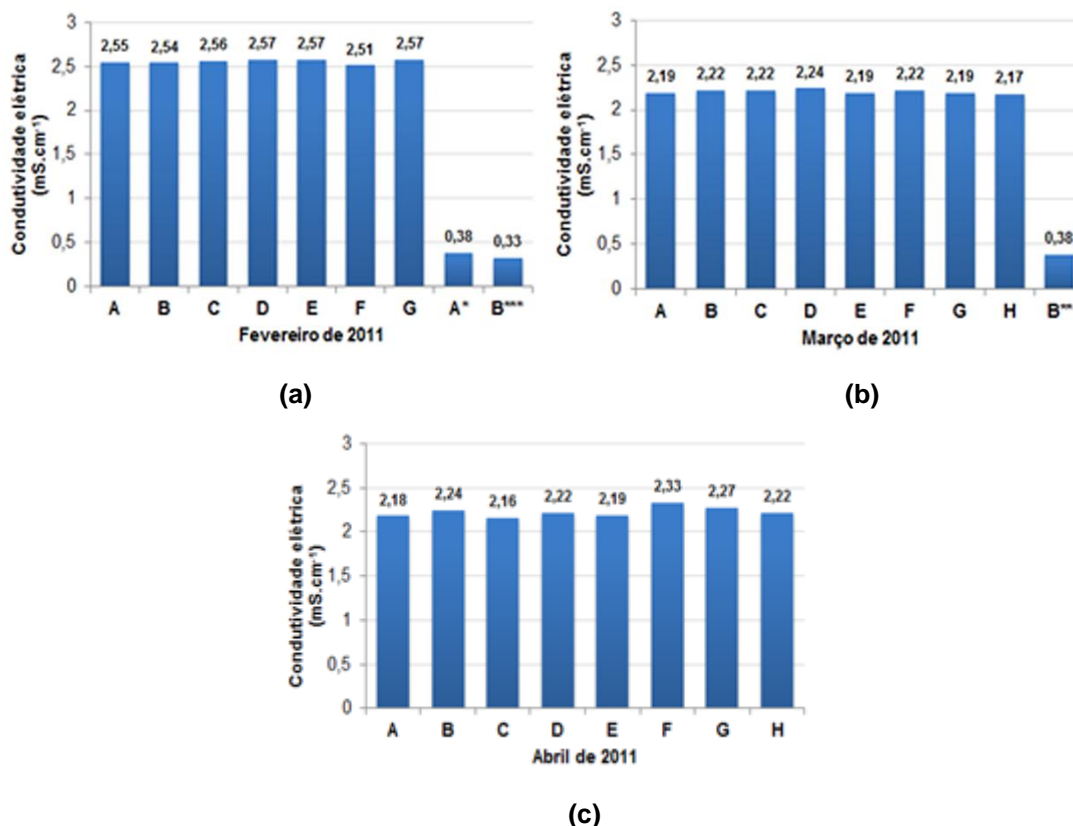


Figura 6: Gráfico das medidas de condutividade das amostras de água. (a) Fevereiro de 2011; (b) Março de 2011; (c) Abril de 2011. *Amostra após passar pela resina; **Amostra destilada; ***Amostra destilada após passar pela resina de troca iônica.

pH

Os resultados das medidas de pH das amostras analisadas estão apresentados na Figura 7. Analisando os resultados obtidos, observa-se que os níveis de pH nas amostras são semelhantes e estão em conformidade com os parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde, que determina uma faixa de pH entre 6,0 a 9,5 para o consumo humano.

O aumento de pH para as amostras F e G (amostras de água “bruta”) se deve a presença de partículas orgânicas, as quais apresentaram uma coloração esverdeada, além de minerais dissolvidos na água proveniente do

solo rico em calcário, sendo confirmado em teste de alcalinidade das referidas amostras.

As amostras de água que passaram pelo tratamento com a resina, apresentaram uma diminuição no pH com valor médio de 3,52. Isso se deve provavelmente à presença de cloreto na solução. Quando a referida água passa pela resina, juntamente com a liberação de H^+ , o eluato adquire um caráter ácido.

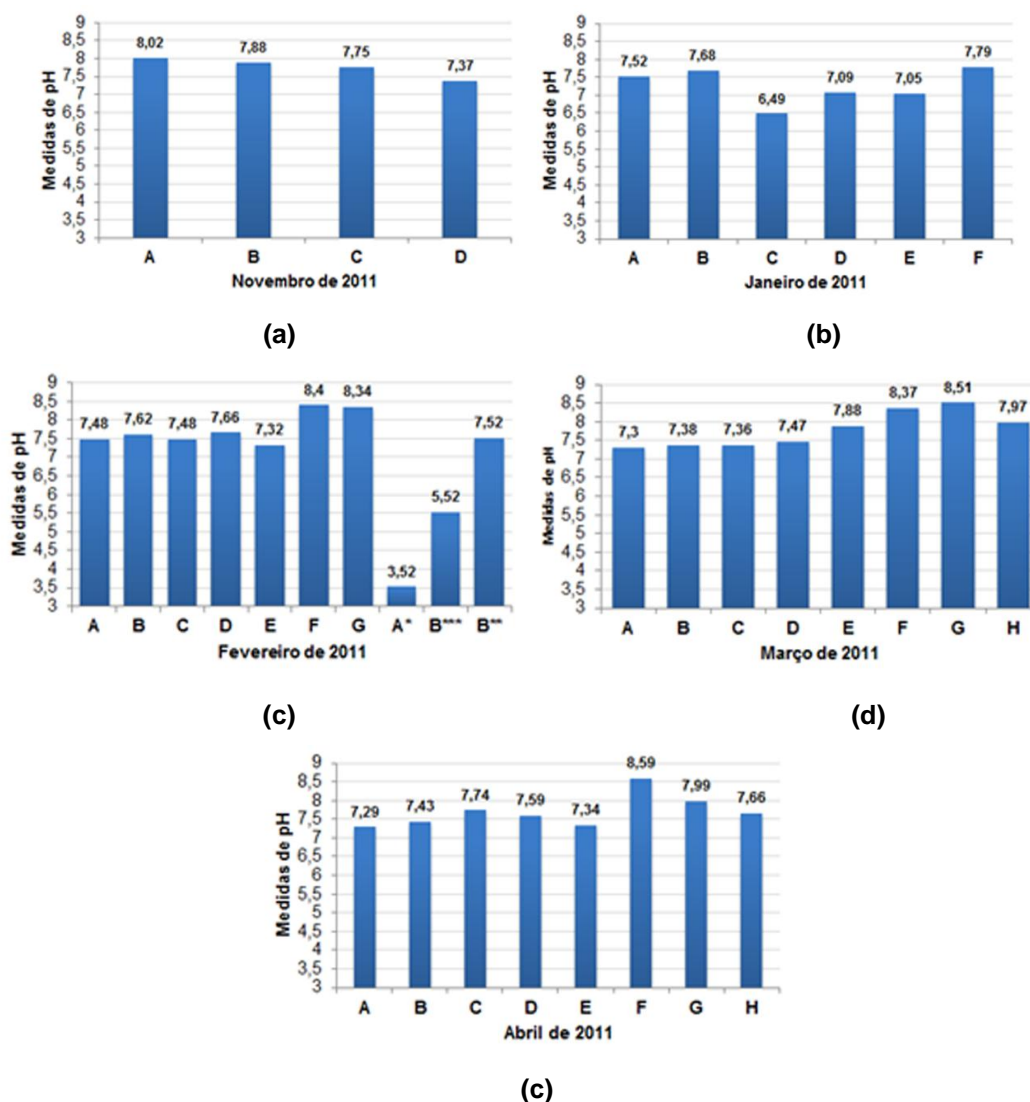


Figura 7: Gráfico das medidas de pH das amostras de água. (a) Novembro de 2010; (b) Janeiro de 2011; (c) Fevereiro de 2011; (d) Março de 2011; (e) Abril de 2011. *Amostra após passar pela resina; **Amostra destilada; ***Amostra destilada após passar pela resina de troca iônica.



Comportamento da resina de troca iônica por meio ácido e básico

Em virtude das amostras de água de abastecimento se apresentarem ácidas após passarem pela resina, foi necessário tratar a resina utilizando soluções de hidróxido de sódio (NaOH) e de ácido clorídrico (HCl), ambas à 5%. O processo de regeneração é observado através das medidas de pH e da condutividade, quando esses valores se tornam constantes.

A Figura 8 apresenta as medidas de condutividade elétrica para a amostra do ponto A, coletada em março de 2011, após a resina ser submetida ao tratamento com em meio básico (NaOH 5%) e depois em meio ácido (HCl 5%).

Conforme foi eluindo-se a amostra pela resina, houve um decaimento nos valores de condutividade, apresentando uma linearidade após o volume de 60 mL, indicando que as soluções em condições ácidas e básicas tendem a estabelecer o equilíbrio em termos de concentrações de sais. Isso acontece devido às interações da resina com o meio, no qual o processo de eluição com NaOH pela resina, promove a retirada de minerais retidos, deixando íons OH^- em seu lugar, evidenciando o caráter básico da resina (SILVA, et al. 2009). O efeito contrário acontece quando a resina entra em contato com a solução de HCl, liberando íons H^+ , conferindo acidez à solução, o que é comprovado através dos valores de pH, dispostos na Figura 9.

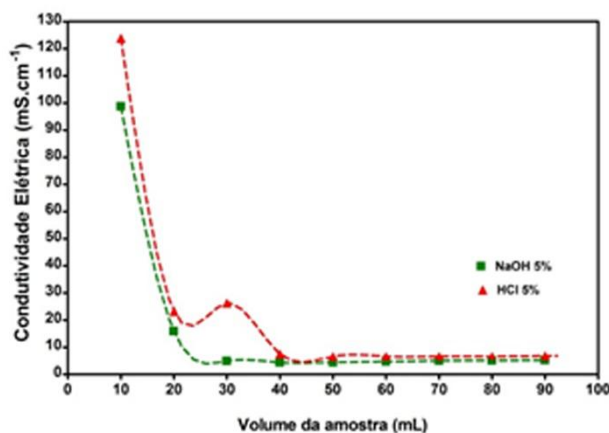


Figura 8: Gráfico das medidas de condutividade elétrica da amostra eluída da coluna de troca iônica após regeneração com NaOH e HCl, ambas a 5%.

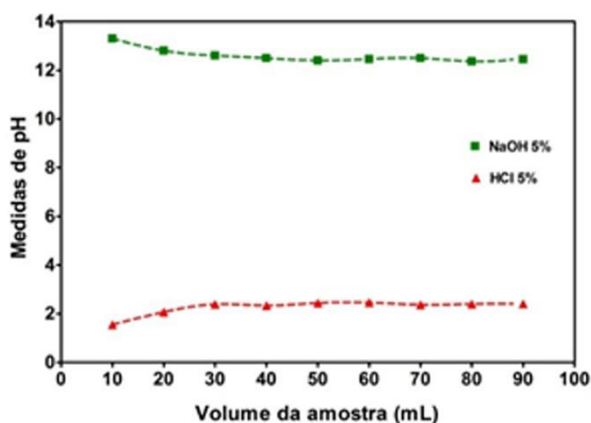


Figura 9: Gráficos de medidas de pH da amostra eluída da coluna de troca iônica após regeneração com NaOH e HCl, ambas a 5%.

Os resultados de pH na amostra apresentou valores bem distintos, característicos das soluções as quais a resina foi exposta, evidenciando as interações ocorridas. A regeneração da resina pode ocorrer com adição das soluções alcalinas e ácidas por um período de tempo, até chegar ao equilíbrio de pH, o que não foi comprovado para esse teste, sendo necessário um maior período de eluição da resina para a total regeneração, bem como aprimoramento da metodologia para essa finalidade.



4. Conclusões

As amostras analisadas no período da pesquisa apresentaram conformidades com as concentrações estabelecidas pela legislação do Ministério da Saúde para medidas de dureza, alcalinidade, pH e condutividade. Os teores encontrados indicaram que a água possui classificação de “dura”, e alcalinidade elevada para amostras brutas, devido as altas concentrações de CaCO_3 incorporada ao solo, aumentando também o seu valor no pH, que está associado à baixo índices pluviométricos na região.

O estudo contribuiu ainda para acompanhamento do tratamento da água de abastecimento do município, e embora as concentrações estejam dentro dos parâmetros da legislação, ainda há falta de campanhas educativas e investimentos para a melhoria do tratamento de água, sobretudo em regiões secas e economicamente carentes.

Assim, a utilização de resina de troca iônica para o tratamento de águas duras, foi eficiente na remoção de sais causadores da dureza, deixando o efluente com concentrações próximas de zero. A proposta da aplicação da resina de troca iônica contribui para o desenvolvimento sustentável, apresentando boa relação custo-benefício, sendo uma tecnologia econômica, promissora e pode ser uma alternativa futura de produção de água potável para a população da cidade de Cuité-PB.

5. Referências

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2^a edição, Bookman, Porto Alegre, 2002.

BORGES, L. B. **Avaliação da Qualidade da Água do Corrêgo Samanbaia, Goiânia/ GO**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, UEGO, 2009. Disponível em:



<http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/Dissertacao_Lucas_Bernardes_Borges.pdf>. Acessado em 25 de janeiro de 2011.

BRAGA, Renata Martins. **Uso de Argilominerais e Diatomita como adsorventes de fenóis em águas produzidas na indústria de petróleo.** 2008, 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria n.º518, de 25 de março de 2004.** Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: SVS, 2004.

CAVALCANTI, B.F.; AGOSTINHO, L.C.L.; NASCIMENTO, L. **Determination of Alkalinity and dissociation constants of high salinity waters: use of F5BC titration function.** Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-46702010000200009&script=sci_arttext >, acessado em 30 de janeiro de 2011.

EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E. **Standard Methods for the examination of Water and Wasterwater**, American Public Health Association, Washington, 1999.

EGREJA FILHO, F.B.; MAIA, C.E.; MORAIS, E.R.C. **Método computacional para correção da alcalinidade de águas para fertirrigação.** Disponível em <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v23n2a24.pdf>>, acessado em 25 de maio de 2011.

Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual Prático de Análise de Água.** Brasília, 2009



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2010. Cidades. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.html>>. Acessado em 25 de maio de 2011.

QUEIRÓS, Y. G. C. **Avaliação de resinas poliméricas no processo de purificação de água contaminada com componentes aromáticos**. 2006, 232 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros), Universidade Federal do Rio de Janeiro-RJ.

SILVA, J.F.R. **Avaliação Físico-Química e Microbiológica da água de Abastecimento do Município de Cuité – PB**. (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande ,UFCG, 2010.

SILVA, J. I. S; FRANÇA, K.B; MELO, E. J. DE; SILVA, E. E. P. DA ; SILVA, L. P. G. DA. Regeneração de resinas trocadoras de íons utilizando ácido sulfúrico e hidróxido de sódio. In: **2º ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA QUÍMICA – ETEQUIN, 2009**. Salvador-BA. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/entequi/2009/trabalhos/27-6058.htm> > Acesso em: 14 de abril de 2011.