

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE AMOSTRAS DE ÁGUA DE RIOS ONDE SÃO DEPOSITADOS OS REJEITOS DAS SALINAS DE PORTO DO MANGUE-RN

Max Brazão de Oliveira¹, Ricardo Henrique Rocha Carvalho²

Resumo: A produção de sal na região da costa branca se impôs como uma das grandes matrizes econômicas que fomentam o desenvolvimento de algumas cidades do Rio Grande do Norte. Nesse cenário, a cidade de Porto do Mangue-RN abriga quatro das empresas desse ramo. As salinas utilizam a foz dos rios como ponto de despejo dos resíduos líquidos, popularmente conhecido como salmoura. Este trabalho, foi desenvolvido no intuito de analisar a caracterização físico-química das águas do Rio das Conchas e Rio dos Cavalos, ambos localizados no referido município, e a partir desses dados, saber se os parâmetros em questão, atendem as especificações ou resoluções ambientais vigentes, resultados que traduzam na prática possíveis danos ambientais provenientes desse descarte. O local de descarte da água-mãe apresentou os maiores valores para os parâmetros salinidade e teor de magnésio, sendo 290‰ e 13,011g/L respectivamente. A distância do ponto de descarte da água residuária se mostrou determinante no crescimento ou diminuição dos valores dessas mesmas variáveis.

Palavras-chave: *sal; descarte; salinas; danos ambientais; rios; salmoura*

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de valor incalculável, e como recurso, também está sujeito ao uso e exploração do seu potencial econômico. O estado do Rio Grande do Norte é rico em rios, lagoas e praias. É nesse contexto que a expansão das indústrias salineiras, maiores produtoras de sal do país, que estão localizadas na região da costa branca, centro e oeste potiguar, vêm disputando espaço entre as grandes matrizes econômicas.

O processo de formação do sal é baseado na evaporação da água do mar mediante a utilização da energia solar e do vento, e consequentemente cristalização e precipitação do cloreto de sódio (NaCl) em cristalizadores onde é colhido e, em seguida, lavado para eliminar as impurezas. [1]

O parque salineiro do RN é responsável por 97% da produção brasileira de sal marinho, sendo comercializado com vários Estados brasileiros e exportado principalmente para os Estados Unidos, África e Europa. [2] Em 2014, por exemplo, foram produzidos 7,5 milhões de toneladas de sal marinho na região. [3] Desse total uma porcentagem é descartada nos rios circunvizinhos sob a forma de rejeito salino ou salmoura. Devido a mortandade de uma fração do manguezal que costeia esses rios, e constatação empírica por partes dos pescadores de que as águas estavam mais salgadas, se fez necessário uma averiguação a partir de algumas análises físico-químicas para comprovar, ao não, o aumento na salinidade.

Segundo Pinheiro [4], vale ressaltar, que nem sempre a interferência humana altera de maneira definitiva um determinado tipo de ecossistema, e que apenas um monitoramento longo e perene é capaz de avaliar com mais assertividade os impactos, eles existam ou não, e qual a melhor maneira, se possível, de remediá-los. Para tal, a instauração de um monitoramento ambiental, cujos vários parâmetros são analisados de maneira sistêmica é fator essencial na interpretação da qualidade ambiental e identificação dos prováveis impactos.

O presente artigo tem por objetivo realizar análises físico-químicas das águas dos principais rios do município de Porto do Mangue-RN a fim de constatar a sua qualidade. Além disso, pretende-se obter algumas informações sobre uma possível relação, ou não, dos descartes das salmouras provenientes da indústria salineira instalada na região, e os impactos no manguezal, mortandade e escassez de alguns peixes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Resolução CONAMA 357/2005

Segundo Brasil [5] que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais, temos;

Capítulo 1- Das Definições

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;

III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;

Seção III- Das Águas Salinas

j) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

2.2. Cálcio

O íon cálcio é um dos cátions comumente encontrados em corpos hídricos. É oriundo predominantemente de minerais tais como $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (gesso), $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (dolomita) e CaCO_3 em diferentes formas minerais (calcita e aragonita). O efeito mais conhecido da presença de cálcio e/ou magnésio na água de consumo é a formação de sais insolúveis com os ânions dos sabões, formando uma espécie de "nata" na água de lavagem ou incrustações em tubulações.[6]

Segundo Silva [6], é possível identificar uma diferença de comportamento na variação de concentração do Cálcio no rio de Grossos-RN nos períodos dos meses de março de 2014 a dezembro de 2015. A figura 1 mostra a variação temporal desse parâmetro.

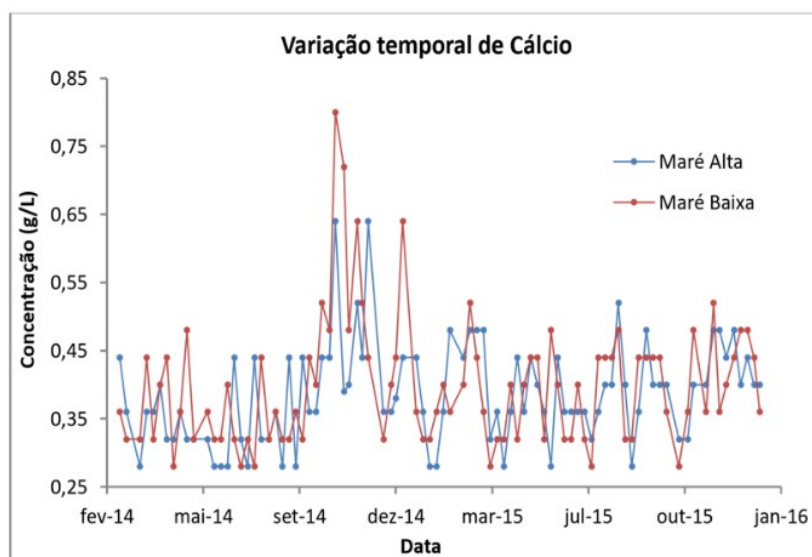


Figura 1. Análise da variação do teor de Cálcio. [6]

2.3. Magnésio

O Magnésio é o metal mais leve usado e produzido em escala comercial. Embora não seja tão abundante na crosta terrestre como o alumínio, ainda assim é o oitavo elemento mais abundante, correspondendo a 2% em massa da composição da crosta [7]

É possível analisar as propriedades físico-químicas do magnésio apontando as vantagens e desvantagens do metal como um material estrutural. Entre as vantagens pode-se citar: baixa densidade, excelentes características amortecedoras, elevada resistência à fadiga, ser paramagnético (não magnetizável) e não dar origem a faíscas. As principais desvantagens são: módulo de elasticidade relativamente baixo, alto coeficiente de expansão térmica, relativa resistência à corrosão, emprego impraticável acima de 200°C e susceptibilidade à corrosão sob tensão.[8] Segundo Silva [6] em seu trabalho sobre o rio de Grossos-RN a análise da variação do teor de magnésio obtidas entre março de 2014 e dezembro de 2015 ficaram dentro dos limites considerado aceitáveis. A figura 2 mostra a variação temporal do magnésio neste referido trabalho.

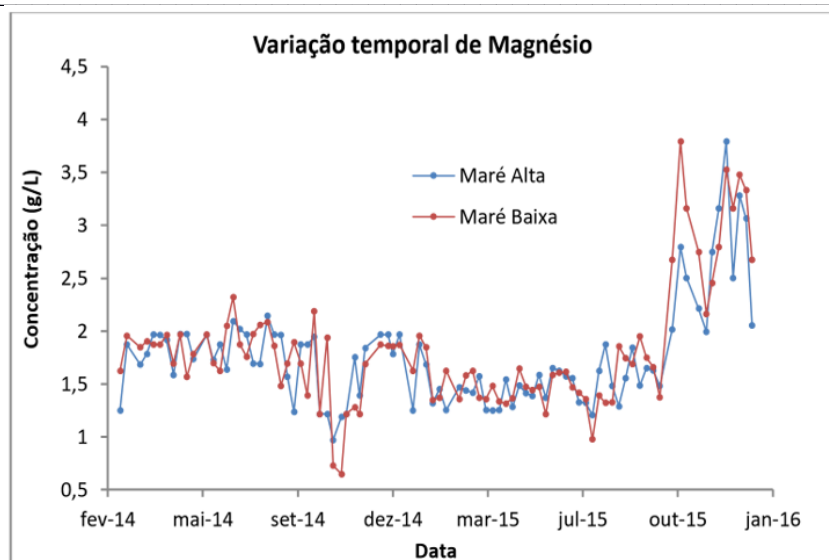


Figura 2. Análise da variação do teor de Magnésio. [6]

2.4. Estuário

Estuário é um corpo d'água parcialmente fechado, que se formam quando as águas doces provenientes dos rios e córregos fluem até o oceano e se misturam com a água salgada do mar. Os estuários e as áreas circundantes são entre a terra e o mar, entre a água doce e a salgada. [9]

Os estuários são os ambientes que estão entre os mais produtivos na terra no qual gera mais matéria orgânica a cada ano do que as áreas de tamanho comparável à de florestas, pastagens e terrenos agrícolas. As águas abrigadas de estuário também possuem comunidades únicas de plantas e animais especialmente adaptados para vida na margem do mar. Muitos tipos de habitats são encontrados dentro e em torno incluindo águas rasas abertas, águas doces e salgadas, pântanos, praias de areia, lama e areia, costões rochosos, recifes de ostras, manguezais, deltas de rios, piscinas naturais, e ervas marinha. [9]

A geomorfologia destes ambientes associada com os regimes de maré e de descarga fluvial geram padrões de circulação diferenciados para cada estuário, o que pode levar a estes a atuarem como filtro ou como exportadores de matéria para a zona costeira adjacente. Qualquer alteração dos condicionantes da circulação estuarina pode levar a mudanças no comportamento de um determinado estuário em relação ao balanço de massa e quantidade escalares.[9]

Devido ao crescente desenvolvimento humano, em especial ao desenvolvimento industrial, nas zonas costeiras e estuários é possível observar um considerável aumento dos impactos ambientais de diversas formas. Estes impactos variam desde o lançamento de efluentes domésticos, agrícolas ou industriais, até a alteração da morfologia da bacia estuarina para que essa se adeque as necessidades humanas, tais como; dragagens, aterros, portos e retificações de canais.[9]

2.5. Salinidade

A salinidade mede a quantidade de sais dissolvidos na água. Na água do mar, a salinidade costuma ser de 35 ppt ou partes por trilhão. Nos corpos hídricos, a salinidade é maior no verão e menor no inverno, o que quer dizer que esta é influenciada pela taxa de evaporação e de precipitação da região. [6] Neste artigo, a salinidade também é influenciada diretamente pela maré alta e maré baixa, pois possui uma região de estuário que recebe as águas do oceano.

É a concentração de sais minerais dissolvidos na água. É de fundamental importância em estudos em regiões estuarinas e costeiras, pois a mesma é função direta da propagação das ondas de maré e do volume de contribuição fluvial, além de atuar diretamente sobre a liberação e ou remoção de elementos na coluna d'água e nas interfaces. Isso torna ao estuário totalmente estável sobre o ponto de vista químico.[4]

2.6. Processo de produção do sal

A salina é uma área de produção de sal marinho pela evaporação da água do mar ou de lago de água salgada. O sal marinho formado na salina é uma rocha sedimentar química que tem origem na precipitação a partir da água do mar, quando esta evapora. [1]

Esse processo fundamenta-se na utilização de energia solar para evaporação e na diferença de solubilidade dos muitos sais minerais contidos na água. Os principais sais dissolvidos na água do mar, em ordem crescente de solubilidade são óxido de ferro (III), carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de sódio, sulfato de magnésio, cloreto de magnésio, cloreto de potássio e brometo de sódio. As solubilidades diferentes possibilitam uma precipitação razoavelmente seletiva dos diversos sais e a produção de cloreto de sódio com grau de pureza adequado para várias aplicações. [10]

2.7. Resíduo salino (água residuária)

O processo de produção de sal é dividido em dois estágios: concentração ou vaporização e cristalização ou deposição. Na fase de concentração, o objetivo é fazer com que a água captada atinja a concentração de saturação de NaCl, ideal para iniciar o estágio seguinte. Abstraindo-se as perdas por infiltração e percolação, chega a ser evaporado cerca de 90% do volume inicial. No estágio de cristalização, o objetivo é a produção de sal. A salmoura saturada é admitida e permanece até atingir a densidade especificada para o descarte, quando é drenada e descartada. [10] Durante a evaporação, são depositados os sais menos solúveis, como o carbonato de cálcio e sulfato de cálcio. Este último tem sua precipitação iniciada quando a salmoura atinge a concentração de 11,7° Bé a 20°C. [10]

Quando atinge a concentração de 25°Baumé a 20°C, esta água é drenada para os cristalizadores, reservatórios onde o cloreto de sódio precipitará. Com cerca de 29°Baumé de concentração, ponto este em que a concentração de magnésio é excessiva, esta água residuária chamada água-mãe é descartada para os rios. Ela contém altos teores de íons como sódio, potássio, cloreto, sulfato e principalmente magnésio. [11] As águas-mães apresentam cerca de 82,80 gramas de cloreto de magnésio e 62,30 gramas de sulfato de magnésio por litro de solução. [12]

2.8. Problemas ambientais acarretados pela produção salineira

A indústria salineira é responsável por uma grande interferência antrópica, sendo ela reversível ou irreversível. Dentre muitas se destacam:

- Degradação do solo e águas: decorrentes da disposição inadequada dos rejeitos da produção do sal, com destaque para a “água mãe”, que é uma salmoura de alta concentração, que não se presta para a produção de sal, e devido a sua alta concentração não pode ser jogada em qualquer lugar, pois pode, por exemplo, matar a microfauna existente no ecossistema do mangue, se ali for despejado; o sulfato de cálcio e o “carágua”, que é uma camada de sal “doce” que se forma nos cristalizadores, que apesar de não causar maiores impactos, torna-se preocupante pela quantidade produzida. [13]

- Impactos sobre a fauna silvestre regional: decorrentes da retirada da vegetação e destruição do seu habitat, a exemplo de crustáceos. É importante verificar se o empreendimento não causará prejuízo à migração de aves que se utilizam de regiões de salineiras para fazerem suas escalas. [13]

- Comprometimento da flora e da fauna das regiões onde estão inseridas as salinas, assim como a devastação das áreas dos mangues, já que as salinas estão localizadas nesse tipo de ecossistema, em regiões de estuário, de grande valor ambiental, com características peculiares e espécies endêmicas. [13]

Por todos esses motivos é possível afirmar que a atividade salineira e seus efluentes devem ser tratados com seriedade, não somente pelos possíveis danos ambientais, mas também pela responsabilidade social e econômica que a indústria possui. A reutilização do efluente residual salino pode constituir uma importante alternativa de produção, transformando a cadeia produtiva do sal marinho. [13]

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Três amostras de água foram submetidas à análises físico-químicas no laboratório Solo, Águas e Plantas (LASAP) da UFERSA Campus Mossoró, no mês de janeiro de 2020. Além do grau de salinidade, os resultados também trazem informação sobre outros parâmetros, tais como: temperatura, pH, condutividade elétrica (CE), teor de magnésio e teor de cálcio. Os dados da temperatura e a salinidade foram extraídas *in situ* por equipamentos devidamente calibrados. Os demais parâmetros foram obtidos no (LASAP).

3.1. Coleta das amostras

Foram tomados três pontos como local de coleta de dados. Esses pontos foram distribuídos nos dois rios do referido município, o rio das Conchas e o rio dos Cavalos localizados na comunidade rural Logradouro ainda pertencente ao referido município. Foi utilizada três garrafas de 500ml como instrumento de coleta. As amostras foram coletadas no horário matutino à 30 cm de profundidade e 2m da margem do rio na maré baixa. A Tabela 1 mostra a geolocalização dos pontos de coleta as três amostras: P1, P2 e P3.

Tabela 1. Pontos de Geolocalizações das coletas (Autoria própria)

Pontos	Coordenadas		Descrição dos pontos
	S	W	
P1	5° 08' 36,0"	36° 44' 57,3"	Local de despejo da água mãe
P2	5° 10' 35,2"	36° 45' 24,6"	Rio dos cavalos
P3	5° 04' 11,8"	36° 46' 44,9"	Rio das Conchas



a)



b)

Figura 3. a) Rio dos cavalos (P2) e local de despejo da água mãe (P1) b) Rio das Conchas(P3). Fonte (Google Maps)



a)



b)

Figura 4. a) Imagem do local de descarte da água-mãe. b) Imagem do Rio dos Cavalos. Fonte (Autoria própria)

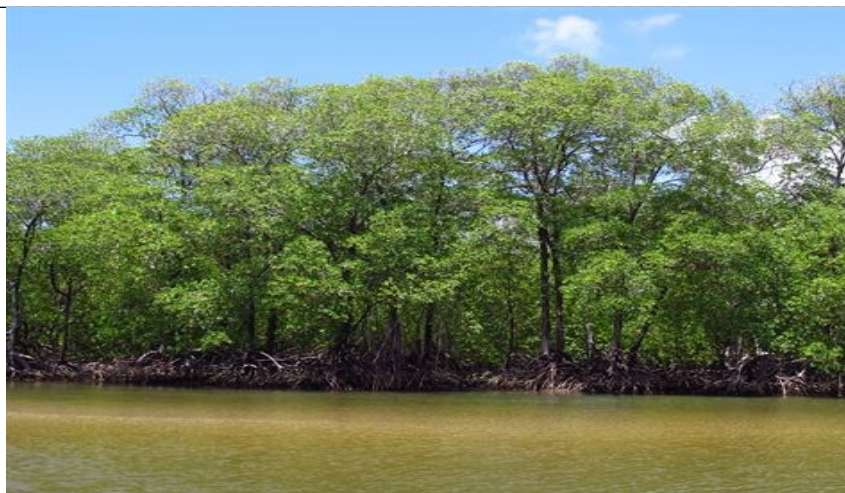


Figura 5. Imagem do Rio das Conchas. Fonte (Autoria própria)

3.2. Temperatura

Foi determinado *in loco* por um medidor termômetro digital da marca Hanna Instrument modelo 9828, que exibe o valor digital instantaneamente. Este parâmetro é quantizado através da diferença entre a temperatura do ar e da água.

3.3. Salinidade

A salinidade foi determinada *in situ* de forma direta. Foi utilizado um condutivímetro da marca Hanna Instrument modelo 9828, e a sonda de condutividade é do modelo HI 769828-3.

3.4. pH (Potencial Hidrogeniônico)

O Ph foi medido a partir de uma amostra. Foi utilizado um copo descartável com 25ml de água. O medidor multiparâmetro da marca Hanna Instrument modelo 9828 tem um pHmetro embutido. O mesmo tem como função principal medir o pH. A leitura é realizada levando o instrumento de medição à água e anotando o que aparece no visor digital.

3.5. Condutividade elétrica

Foi utilizado um copo descartável com 25 ml de água. O medidor multiparâmetro da marca Hanna Instrument modelo 9828 possui um condutivímetro como um dos seus medidos de parâmetro. A leitura é realizada levando o instrumento de medição à água e anotando o que aparece no leitor digital.

3.6. Cálcio

O teor ou densidade de cálcio foi mensurado a partir de uma amostra de 25ml de água. Acondicionou-se o volume do líquido no Erlenmeyer de 125ml, depois disso acrescentou-se 3ml da solução de KOH a 10%. Colocou-se uma pitada do indicador negro de Eriocromo, e logo em seguida titulou-se com a solução EDTA até o ponto de viragem do rosa para o azul. Anotou-se o volume que foi gasto.

3.7. Magnésio

O teor ou densidade do Magnésio foi mensurado a partir de uma amostra de 25ml de água. Acondicionou-se o volume do líquido no Erlenmeyer de 125ml, depois disso acrescentou-se 3ml da solução de KOH a 10%. Colocou-se uma pitada do indicador negro de Eriocromo, e logo em seguida titulou-se com a solução EDTA até o ponto de viragem do rosa para o azul. Anotou-se o volume que foi gasto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos parâmetros analisados estão apresentados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Resultado dos Parâmetros Analisados (Autoria própria)

Amostras	Parâmetros					
	Temperatura (C°)	pH	Salinidade (%)	CE (dS/m)	Ca (g/L)	Mg (g/L)
A1	28,90	8,00	290,00	507,90	0,941	13,011
A2	27,50	8,00	45,00	77,30	0,951	2,043
A3	26,00	6,60	39,00	59,30	0,667	1,419

ANÁLISE DOS PARÂMETROS

4.1. Análise da temperatura

A temperatura é um dos parâmetros utilizados para caracterizar os corpos d'água e, sua unidade de medida é dada em graus Celsius (°C). O conceito de temperatura de uma água está relacionado com a medição da intensidade de calor. A temperatura da água pode ser alterada pela transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo). O aumento da temperatura da água pode estar relacionado com a aceleração nas taxas de reações químicas e biológicas, com a transferência de gases e com a diminuição da solubilidade destes gases. [14]

A temperatura de águas superficiais é afetada pela latitude, altitude, estação do ano, circulação do ar, cobertura de nuvens, presença de vegetação, vazão e profundidade do corpo hídrico.[15] A temperatura das amostras se mostrou dentro da normalidade, ou seja, entre 25 e 30 graus Celsius.

4.2. Análise do Ph

O termo pH indica uma condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra. Sua variação pode ocorrer devido a fatores naturais, como a dissolução de rochas, a absorção de gases da atmosfera, oxidação de matéria orgânica e fotossíntese. O pH também pode variar devido as atividades de origem antrópica, principalmente devido aos despejos industriais (lavagens ácidas, por exemplo) e domésticos (oxidação de matéria orgânica). [14]

Este parâmetro regula a precipitação de muitos metais e protege a vida aquática, determinando, na maioria das vezes, a capacidade da água para atacar minerais das rochas e lixiviar os constituintes. Água em pH baixo (ácida) é corrosiva e em pH alto (alcalina) é incrustante. Alguns peixes e outros animais aquáticos sobrevivem em pH menor que 5, mas os metais se solubilizam aumentando a possibilidade de toxidez. Em valores mais elevados, os metais tendem a precipitar. Em pH acima de 6 possibilita o desenvolvimento da ictiofauna e o uso da água para a agricultura, por exemplo. [6]

De acordo com a Tabela 2, o pH das amostras 1 e 2 se mostraram básicos, pois o seu potencial hidrogênico apresentou valor igual a 8,00. Já o pH da amostra 3 se mostrou ácido com o valor de 6,60. Os valores encontram-se dentro da faixa permitida pela legislação (Resolução no 357/2005, do CONAMA), que oscila entre 6,0 e 9,0.

4.3. Análise da salinidade

A salinidade varia com a dinâmica das marés e sazonalmente. A variação desse parâmetro em ecossistemas estuarinos tem importante papel na estruturação das comunidades, inclusive nas funções fisiológicas das espécies. A concentração de sais acima de 30‰, como é o caso desse estudo caracteriza o corpo d'água como salino. [6] A grande variedade da salinidade e a instabilidade dos seus fatos ambientais são aspectos inerentes aos estuários. [4]

O grau de salinidade das amostras dos pontos 2 e 3 se apresentaram acima de 30‰ conforme Tabela 2, caracterizando-as como águas salinas segundo a legislação (resolução 357/2005, do CONAMA). Já a amostra 1 apresentou uma densidade salina de 290‰, típica de rejeitos salinos (água-mãe).

4.4. Análise da condutividade elétrica

O parâmetro condutividade elétrica (dS/m) está diretamente relacionado com a concentração dos íons que estão dissolvidos no corpo da água. Em outras palavras, quando maior o valor do CE, maior será a concentração dissolvida de íons, pois ambos crescem de forma diretamente proporcional. Apesar da resolução do CONAMA 357 não estabelecer limites para este parâmetro, valores maiores ou iguais a 51.5 dS/m já podem ser consideradas

como águas do mar. De acordo com a Tabela 2, levando em consideração os resultados obtidos, todas as amostras em questão exibiram valores de CE acima do nível da água do mar.

4.5. Análise de Cálcio

Mesmo não sendo abordado pelo (CONAMA 357/2005), o teor de cálcio apresentados pelas amostras de acordo com a Tabela 2 podem ser considerados como dentro da normalidade. Silva [6] obteve resultado semelhante ao monitorar a variação da concentração de cálcio em amostras de águas-mães no município de Grossos-RN, como pode ser observado na Figura 1.

De acordo com a Figura 1 e comparando com os resultados da Tabela 2, então chega-se à conclusão que a única amostra de água que se mostrou dentro do limite foi a do ponto 3, a do ponto 2 relativamente alta e a do ponto 1 muito alta.

4.6. Análise de Magnésio

De forma análoga, o teor de magnésio é um parâmetro não abordado pela resolução do CONAMA 357, o que levou o presente trabalho a se referenciar nos resultados de outros artigos como forma de estabelecer se o resultado apresentado na Tabela 2 estão dentro de um limite de aceitação. Ainda de acordo com Silva [6], foram obtidos resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho, como pode ser observado na Figura 2.

Desta forma, levando em consideração os pontos avaliados na Tabela 2 com os valores da Figura 2 podemos inferir que as águas do rio das Conchas e rio dos Cavalos se mostraram dentro do limite tolerável. Diferente do local onde é descartado a água mãe.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos não levaram em consideração a natureza estocástica dos dados, apenas amostras pontuais. Dessa forma, analisando cada parâmetro isoladamente, para a partir daí ter uma visão mais abrangente da problemática aqui tratada, temos que cada ponto de amostragem apresentou valores bem diferentes em relação as múltiplas variáveis em questão. A resolução do CONAMA 357/2005 foi referenciada neste trabalho para analisar dentro dos limites aceitáveis para águas salinas, os seguintes parâmetros: temperatura, pH e salinidade. Os demais, como condutividade elétrica, cálcio e magnésio, se basearam nos resultados de outros artigos. Em relação ao rio das Conchas apenas a salinidade e a CE se mostraram acima do limite. Em relação ao rio dos Cavalos que pelas figuras pode-se constatar a devastação dos seus manguezais, apenas o teor de magnésio está na faixa do aceitável. Já no ponto de despejo da água residuária todos os parâmetros se mostraram fora do tolerável. O que nos leva a inferir que pelo seu ponto de aproximação em relação ao rio dos Cavalos a diluição da salmoura incidiu muito mais nos parâmetros deste, do que no rio das Conchas que se encontra a vários quilômetros de distância.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NORSAL. **HISTÓRICO DA PRODUÇÃO NACIONAL E ESTADUAL O SAL.**
- [2] SIESAL (Sindicato da Indústria da Extração do Sal no Estado do Rio Grande do Norte). *Atas das Assembleias ordinárias.* Mossoró-RN, 2010.
- [3] SILVA REBOUÇAS, L., DA ROCHA, E. M., DA SILVA, J. D., DA COSTA, W. P. L. B., SILVA, S. L. P., DO NASCIMENTO, Í. C. S. Práticas de gestão de custos nas indústrias salineiras do Estado do Rio Grande do Norte. **Caderno Profissional de Administração da UNIMEP.**
- [4] PINHEIRO, Beliza Maria de Souza. Avaliação dos possíveis impactos da indústria salineira através do monitoramento da qualidade de água e sedimento do estuário Tomás- Galinhos em Galinhos/RN. 2016 112f. Dissertação (Mestrado em Química)- Centro de ciências exatas e da terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- [5] BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente – **CONAMA. Resoluções do Conama 357/2005.**
- [6] SILVA, C.L.C. Potencialidade de Produção de óxido de magnésio a partir da água mãe proveniente da produção de sal marinho no município de Grossos/RN. 2016. Dissertação (Mestrado em ciências naturais). Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2016.
- [7] BIANCARDI C. B.; ROCHA, D. U.; NOGUCHI, H.K.F. Metalurgia do magnésio. 2011. São Paulo. 39p
- [8] FRIEDRICH, H. E.; MORDIKE, B. L. Magnesium Technology - Metallurgy, Design Data, Applications. s.l. : Springer, 2006.

- [9] UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **National Stuary Program**. New York. Company.
- [10] CÂMARA, C. A. L. **Produção de sal por evaporação solar**. 1ed. Natal: Antenna Edições técnicas, 1999.
- [11] ALBUQUERQUE, F. S. X. **As Águas-mães: um efluente industrial detentor de um potencial econômico para a indústria salineira do Rio Grande do Norte na Produção de Óxido de Magnésio**. 2007. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2007.
- [12] FERRARI, M.B.F.T. Aproveitamento de águas-mães para recuperação do cloreto de magnésio usado na produção do magnésio metálico. 2002. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002
- [13] UFERSA, 2011. **ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA EXPLORAÇÃO SALINEIRA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**.
- [14] VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ªed. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1996.
- [15] PERCEBON, C. M. et al. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 56, p. 7-19, 2005. Editora UFPR.
- .