

HIDROGEOLOGIA E ASPECTOS DA SALINIZAÇÃO DA PORÇÃO SUPERIOR DO AQUIFERO CARBONÁTICO JANDAÍRA NO RIO GRANDE DO NORTE-BRASIL

Paula Stein¹; José Braz Diniz Filho¹; Edeweis Rodrigues Carvalho Júnior²; Germano Melo Júnior¹; Maria de Fátima Batista de Carvalho³; Natalina Maria Tinoco Cabral¹ & José Carlos Ribeiro Filho²

RESUMO

As áreas de estudo estão localizadas no setor norte da Bacia Potiguar, semi-árido do Rio Grande do Norte. As unidades estratigráficas aflorantes na área correspondem às rochas carbonáticas da Formação Jandaíra e, sobreposto, os sedimentos siliciclástica (Formação Barreiras e Tibau). Os calcários constituem a principal unidade aquífera da área. Os sedimentos siliciclásticos ocorrem predominantemente insaturados e constitui uma unidade de recepção e transferência vertical de águas de chuva, otimizando a recarga do sistema aquífero inferior. O aquífero Carbonático apresenta um sistema cárstico interligado, resultando num padrão regular de escoamento de águas subterrâneas, ligeiramente controlado pelo relevo. O fator climático é o principal responsável pela salinidade elevada observada na área. As áreas de Mossoró e Macau estão localizadas próximo à linha de costa e a salinidade das águas pode estar relacionada à presença do aerossol marinho. O aquífero carbonático na área de Assú demonstra condições de águas mais associados aos processos de interação água-rocha.

Palavras-Chave: aquífero cárstico, salinização, semi-árido.

ABSTRACT

The studied areas (Mossoró, Assú and Macau) are located in the northern portion of Potiguar Sedimentary Basin, in the semi-arid region of Rio Grande do Norte State, northeast of Brazil. The stratigraphic units present in the area correspond to carbonatic rocks (Jandaíra Formation) and to its overlain siliciclastic sediments (Barreiras and Tibau Formation). The calcareous is the main unit aquifer in the area. The siliciclastics sediments are predominantly unsaturated and constitute a unit of reception and vertical transference of rainwater, optimizing the recharge of the underlain aquifer (carbonatic). The carbonatic aquifer represents a karstic system, resulting in a regular frame for the groundwater flux, controlled by the relief. Climate is the major factor accounting for the high

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Geologia. Endereço: Campus Universitário Lagoa Nova, s/n. CEP: 59072-970 Natal - RN - Brasil. E-mail: paula.stein@gmail.com; brazdf@geologia.ufrn.br; germano@geologia.ufrn.br; natalinacabral@gmail.com

² PETROBRAS/UN-RNCE. Gerência de Segurança, Meio Ambiente e Saúde. Endereço: Av. Euzébio Rocha, 1000. Natal-RN. CEP: 59070-900. E-mail: edeweis@petrobras.com.br; jc-ribeiro@petrobras.com.br

³ PETROBRAS/CENPES. Endereço: Cidade Universitária, Ilha do Fundão. Rio de Janeiro-RJ. CEP: 21949-900. E-mail: fatc@petrobras.com.br

salinity observed in the area. The Mossoró and Macau areas are located near the coast and the salinity of their waters can be related to the marine aerosol presents. The carbonatic aquifer in the Assu area demonstrates water compositions in which water-rock interaction plays an important role. Key words: karstic aquifer, salinization, semi arid.

1 - INTRODUÇÃO

As áreas de estudo estão localizadas na parte emersa de ocorrência da Bacia Potiguar, no semi-árido do Estado do Rio Grande do Norte. Na Figura 1 pode-se visualizar a localização das três áreas de trabalho, denominadas: Mossoró (378,67 km²), Assú (203,02 km²) e Macau (192,27 km²). O presente trabalho caracteriza o aquífero Carbonático Jandaíra em sua porção superior e aborda aspectos da sua salinização.

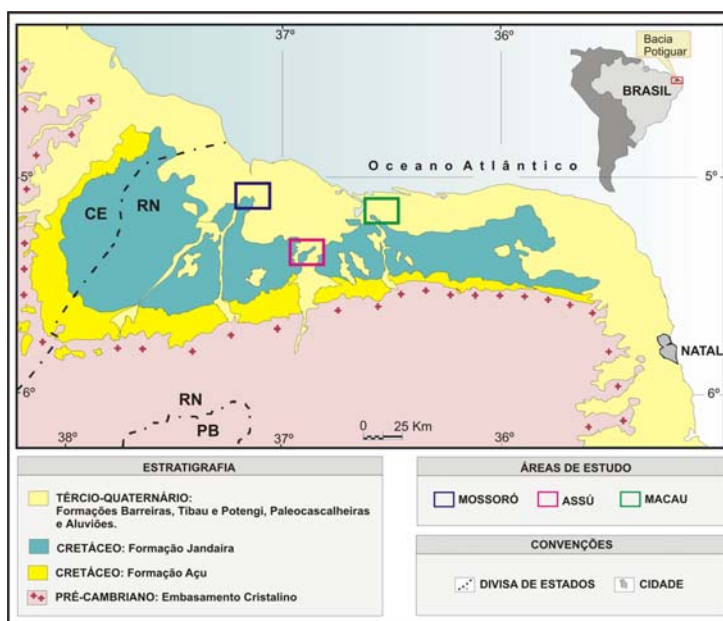


Figura 1. Mapa geológico simplificado e localização das áreas de estudo.

A unidade investigada é a porção superior do aquífero Carbonático, composto por calcários compactos, intercalados por argilitos, siltitos e arenitos calcíferos correlacionados à Formação Jandaíra. Sobreposto a essa unidade aflora um pacote sedimentar siliciclástico composto por arenitos e areias inconsolidadas com intercalações argilosas, de idade Tércio-Quaternária e com aproximadamente 20 metros de espessura.

Na área de Mossoró a precipitação total anual é da ordem de 812,0 mm/ano, em Assú é de 639,5 mm/ano e em Macau é de 597,8 mm/ano. A Evapotranspiração Potencial média nas três áreas assume valores de 1.542,4 mm/ano, portanto, bem superior à precipitação total anual.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas do estudo compreenderam os seguintes levantamentos:

- Reconhecimento de Campo e Cadastramento de Poços: Levantamento de todas as captações de água subterrânea existentes nas áreas e realização do inventário dos poços com medição do nível de água subterrânea e coleta de informações com os proprietários.
- Execução de Sondagens de Reconhecimento e Nivelamento Topográfico: Obtenção de informações complementares acerca da hidroestratigrafia dos aquíferos com vistas à locação dos poços de monitoramento.
- Construção de Poços de Monitoramento e Nivelamento Topográfico: Executados de forma a abranger todas as três áreas de estudo e construídos de acordo com as normas técnicas vigentes. Os poços foram executados pelo método de perfuração à percussão, com profundidade média de 50 metros.
- Interpretação de Dados: Caracterização do contexto hidrogeológico da área.
- Amostragem de águas: Coleta de amostras pelo método de Baixa Vazão (*Low Flow Sampling*) [1] e de acordo com os procedimentos recomendados no *Standard Methods* [2].
- Interpretação dos dados Hidroquímicos: Caracterização hidroquímica do aquífero Carbonático.

3 - HIDROGEOLOGIA DA ÁREA

As pesquisas desenvolvidas na área revelaram que o aquífero Carbonático estudado apresenta um sistema de cavidades e condutos cársticos interligados, resultando num padrão regular de escoamento de águas subterrâneas, ligeiramente controlado pelo relevo [3]. O material siliciclástico que ocorre capeando os calcários na maior parte da área, embora de caráter poroso granular, apresenta importância limitada para armazenamento de águas subterrâneas, devido a sua pequena espessura. Em trechos localizados das áreas comporta pequenos reservatórios de águas subterrâneas, sem continuidade lateral, que se formam logo após períodos chuvosos e são ocasionalmente aproveitados através de poços amazonas. Dessa forma, constituem uma unidade de recepção e transferência vertical de águas de chuva, otimizando a recarga dos potenciais sistemas aquíferos inferiores.

A potenciometria do aquífero Carbonático está representada na Figura 2, e foi realizada com o auxílio do *software Surfer 8*, através do método geoestatístico de krigagem. Nas áreas estudadas, o

nível potenciométrico situa-se predominantemente abaixo do topo do aquífero Carbonático, portanto, compreende um sistema aquífero de natureza livre.

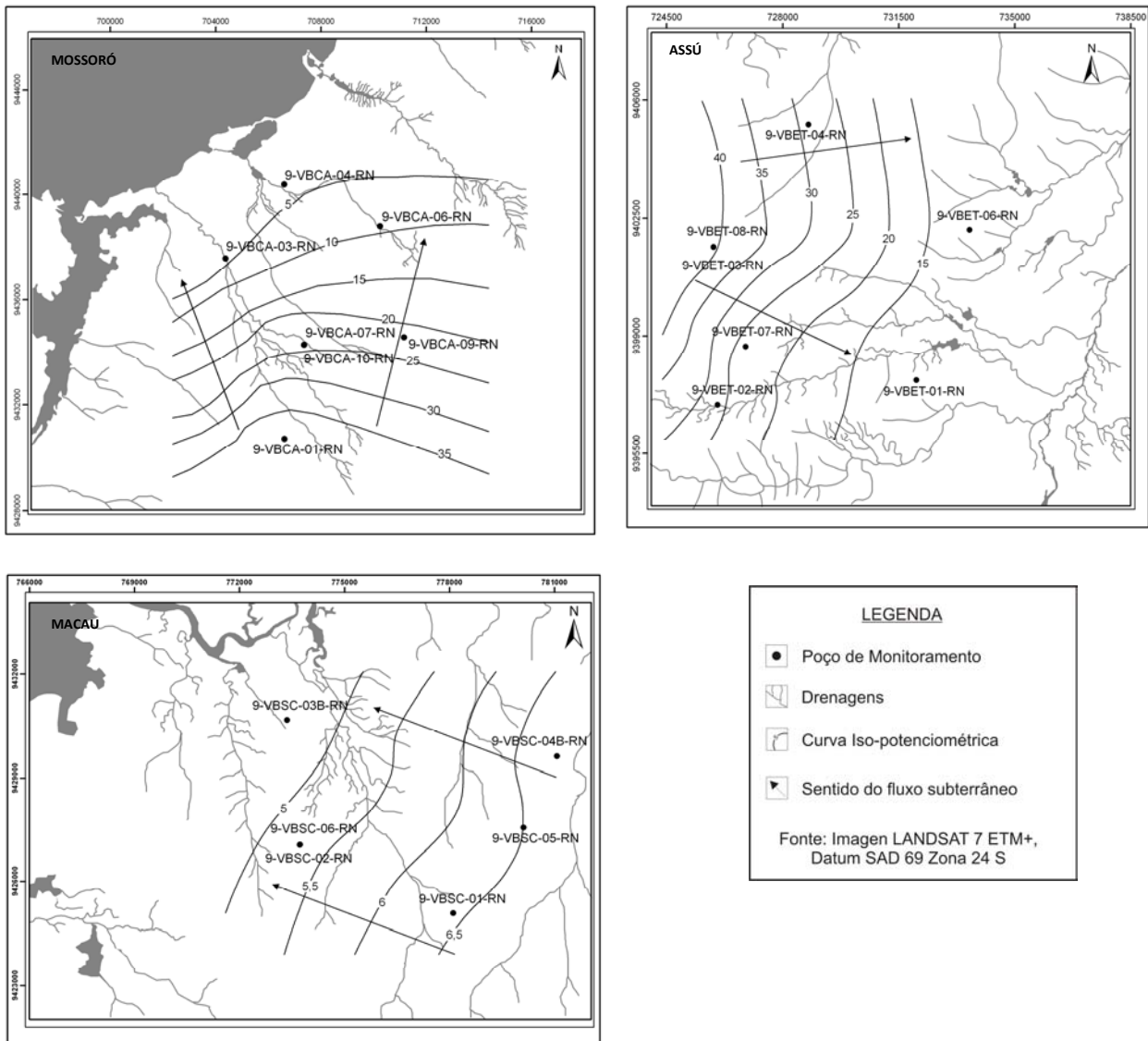


Figura 2. Potenciometria do aquífero Carbonático nas áreas estudadas.

Na área de Mossoró, o escoamento das águas subterrâneas do aquífero Carbonático se desenvolve, em geral, no sentido norte/noroeste (no sentido da linha de costa) a partir de um alto potenciométrico estabelecido na porção sul da área. A declividade geral do terreno também é para norte/oeste e o fluxo subterrâneo apresenta tendência a obedecer ao padrão do relevo.

Em Assu o mapa potenciométrico revela que o fluxo das águas subterrâneas segue o sentido geral de oeste para leste (no sentido do vale do Rio Açu) a partir de um alto potenciométrico estabelecido na porção oeste da área. O escoamento subterrâneo segue em geral o mesmo padrão do relevo, indicando um controle topográfico sobre o fluxo das águas subterrâneas drenadas no sentido do Rio Açu.

Na área de Macau o mapa potenciométrico mostra que o escoamento das águas subterrâneas se dá para noroeste, no sentido do mar e da planície flúvio-marinha, seguindo a tendência da declividade geral do terreno.

A literatura da Bacia Potiguar indica que a espessura dos calcários da Formação Jandaíra é superior a 300 metros. No âmbito do estudo as espessuras interceptadas são limitadas às profundidades em que foram registradas as primeiras entradas de água durante as perfurações. Estas espessuras variaram entre 10 e 110 metros em Mossoró; 30 a 60 metros em Assú e 10 a 30 metros em Macau.

As entradas de água estão localizadas, em média, aos 73 metros de profundidade em Mossoró; aos 44 metros em Assú e aos 35 metros em Macau. Acima dessas profundidades ocorre um intervalo vertical de rochas carbonáticas predominantemente maciças e com algumas fraturas e condutos insaturados.

O nível das águas subterrâneas tende a se tornar mais raso nos setores topograficamente mais baixos. Na área de Mossoró o nível freático varia de menos de 15 metros na porção noroeste/oeste a mais de 50 metros de profundidade no setor leste/sudeste. Em Assú a profundidade das águas subterrâneas, de um modo geral, aumenta de leste para oeste, variando entre 5 a 45 metros. Em Macau, aumenta de norte para sul/sudeste, variando entre 9 e 24 metros.

4 - HIDROQUÍMICA DO AQUIFERO CARBONÁTICO

Na Tabela 1 estão sumarizados os resultados analíticos dos poços de monitoramento amostrados em maio de 2007 (período úmido). A localização dos poços pode ser visualizada no mapa de fluxo das águas subterrâneas (Figura 2).

Tabela 1. Média dos resultados analíticos das amostras de águas subterrâneas.

ÁREA	CE	pH	STD	Dureza (CaCO ₃)	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻
	μS/cm	adm	mg/L								
MOSSORÓ (n= 6)	6.620	7,47	4.352	2.274,70	438	32,17	243,8	522	2.426,4	253,9	289,02
ASSÚ (n= 6)	1.717	6,93	970	615,94	137	8,52	69,10	105,5	306,58	100,5	369,05
MACAU (n= 5)	10.136	6,84	5.636	4.335,05	780	24,16	462,60	365,2	3.554	72,36	220,13

Nota: CE=Condutividade Elétrica; adm=adimensional; STD=Sólidos Totais Dissolvidos.

A condutividade elétrica é proporcional à quantidade de íons disponíveis na água e é um ótimo indicativo da salinidade. De um modo geral, nas três áreas investigadas as águas apresentam valores de condutividade elétrica bastante elevados. Esse enriquecimento de sais deve-se,

principalmente, a contribuição dos íons cloreto, cálcio, sódio e magnésio. O fator climático deve ser o principal responsável pela salinidade elevada observada nas águas do aquífero Carbonático. O regime semi-árido propicia o enriquecimento progressivo de sais no solo, mediante a baixa taxa de precipitação e alta taxa de evaporação. As chuvas lixiviam esses sais, que vão progressivamente se acumulando na zona saturada, aumentando a salinidade das águas subterrâneas.

Em uma análise mais detalhada, observa-se que a área de Macau apresenta os valores médios mais altos de CE (10.136 $\mu\text{S}/\text{cm}$), em seguida está a área de Mossoró (6.620 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e, por fim, Assú com valores ao mais baixos (1.717 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Mossoró e Macau estão localizados próximo à linha de costa e a presença do aerossol marinho (característico de zonas costeiras), através de sua concentração na água da chuva, pode estar contribuindo para a salinidade elevada dessas águas. Nessas áreas os poços com valores mais elevados de condutividade elétrica coincidem com os setores onde as coberturas siliciclástica desenvolvem espessuras saturadas. O que corrobora com afirmativa de que esses sedimentos contribuem para a recepção e transferência vertical de águas de chuva para o aquífero Carbonático. Os sais vão progressivamente se acumulando no solo e após sucessivos anos chuvosos são carregados ao aquífero carbonático subjacente.

Para a interpretação dos dados quanto aos tipos iônicos de água foi utilizado o diagrama hidroquímico de Piper [4], no qual foram plotadas as concentrações dos íons principais na água subterrânea (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- e SO_4^{2-}) expressos em miliequivalentes por litro (meq/L). Esse diagrama permite caracterizar as águas subterrâneas quanto aos íons dominantes, além de facilitar a interpretação dos processos hidrogeoquímicos atuantes. Da análise da Figura 3 pode-se observar que em Macau as águas tendem a ser cloretadas cálcicas e, em menor proporção, cloretadas sódico-cálcicas. Da mesma forma, na área de Mossoró, observa-se uma predominância de águas cloretadas, porém nesse caso, além da predominância das águas cloretadas sódico-cálcicas, ocorrem águas cloretadas e bicarbonatadas-cloretadas cálcicas. Na área de Assú, observa-se mais claramente uma tendência às águas bicarbonatadas, com predominância de fácies bicarbonatadas-cloretadas cálcicas e um número bem menor de águas cloretadas (sódico-cálcicas e cálcicas).

De um modo geral, o aquífero Carbonático apresenta fácies semelhante em Mossoró e Macau, ao passo que, em Assú observa-se uma tendência de águas com um componente bicarbonatado. A área de Assú demonstra condições de águas subterrâneas associadas aos processos de interação água-rocha e/ou interação água-constituintes do solo em ambiente carbonático, visto que predominam águas bicarbonatadas cloretadas, semelhantes à hidroquímica regional desse aquífero.

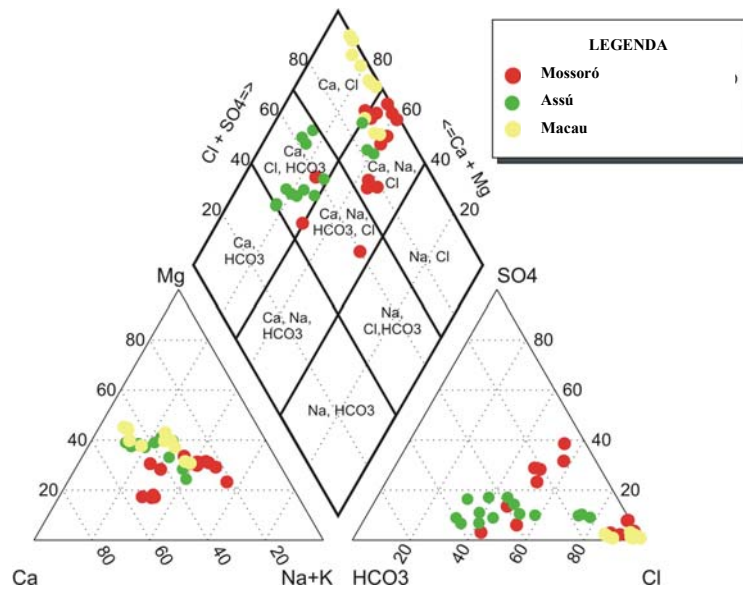


Figura 3. Diagrama de Piper do aquífero Carbonática nas áreas de estudo.

5 – CONCLUSÃO

O aquífero Carbonático é a principal unidade aquífera rasa desse setor da Bacia Potiguar e apresenta um sistema de condutos/canais/cavidades interligados, que resultam num padrão regular de escoamento de águas subterrâneas, ligeiramente controlado pelo relevo.

O fator climático é o principal responsável pela salinidade elevada das águas do aquífero Carbonático, o baixo índice pluviométrico e a elevada taxa de evaporação propiciam o enriquecimento progressivo de sais no solo, os quais são carreados ao aquífero subjacente nas épocas chuvosas.

As águas mais salinizadas estão nas áreas mais próximas de linha de costa. Em Macau a condutividade elétrica média das águas é de 10.136 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e em Mossoró é de 6.620 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nesse caso, é provável que a presença do aerossol marinho através de sua concentração na água da chuva, esteja contribuindo no processo de salinização dessas águas. Nestas áreas, as águas tendem a serem cloretadas cálcicas e cloretadas sódico-cálcicas.

A área de Assú demonstra condições de águas subterrâneas associadas aos processos de interação água-rocha em ambiente carbonático sob regime semi-árido, visto que predominam águas bicarbonatadas cloretadas, semelhantes à hidroquímica regional desse aquífero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Nielsen, D. N., Nielsen, G. L. 2002. *Technical Guidance on Low-Flow Purging & Sampling and Minimum-Purge Sampling*. The Nielsen Environment Field School. Galé, OH, U.S.A.
- [2] AWWA. 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. American Water Work Association. 1368p.
- [3] Diniz Filho J. B., Carvalho Júnior E. R., Stein P., Melo Júnior G., Carvalho M. F. B., Rosário F. F., Ribeiro Filho J. C., Cabral N. M. T. 2008. Atributos e modelo hidrogeológico conceitual do aquífero Carbonático raso em áreas da Bacia Potiguar – RN/Brasil. In: Congr. Bras. Hidrogeologia, 36, Natal, *Anais*, 1:1-20.
- [4] Hem, J. D. 2005. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. Los Angeles, University Press of the Pacific. 384p.