

Origem e Mecanismos de Salinização das Águas Subterrâneas na Borda Sul da Bacia Potiguar, RN

José Geraldo de Melo; Mickaelon Belchior de Vasconcelos; Rafaela da Silva Alves

Departamento de Geologia da UFRN

jgmelo@ufrnet.br; mickvasconcelos@yahoo.com.br; alves.rafaelasilva@yahoo.com.br

Recebido: 12/08/11 – revisado: 22/10/11 – aceito: 04/07/12

RESUMO

A área de estudo está situada em região semi-árida da Borda Sul da Bacia Potiguar no Estado do Rio Grande do Norte. As águas subterrâneas do Aquífero Açu constituem a principal fonte de suprimento hídrico da população com água potável e também na irrigação de culturas. O uso da água subterrânea tem sido limitado devido a ocorrência de águas salinas em alguns setores da área. Este artigo tenta evidenciar as fontes, mecanismos e distribuição da salinização da água subterrânea usando técnicas da geologia estrutural, da geofísica, da hidrogeologia e da hidrogeoquímica. Foi verificado que a salinização das águas depende, sobretudo, do controle estrutural da área, o qual exerce grande influência nas potencialidades e na direção do fluxo subterrâneo. A salinidade das águas decresce de sul para norte na mesma direção do fluxo subterrâneo à medida que a transmissividade aumenta. Foram identificados os seguintes tipos de água: $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ $\text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ e Mg^{2+} ou $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$. Esses tipos de água estão relacionados a processos geoquímicos, tais como evaporação, dissolução de minerais e troca de íons.

Palavras chaves: Fluxo de águas subterrâneas. Região semi-árida. Salinização. Recarga das águas subterrâneas.

INTRODUÇÃO

A área de estudo está situada na borda sul da Bacia Potiguar na parte central do Estado do Rio Grande do Norte. É uma área estreita entre as cidades de Upanema e Afonso Bezerra, com superfície de 1080 km². A água subterrânea do Aquífero Açu é a principal fonte de suprimento das cidades de Upanema, Ipanguaçu e Afonso Bezerra, além de alguns distritos (Figura 1). O uso da água na irrigação não é comum, mas está em crescimento. No Município de Upanema, ao norte da sua sede municipal, as águas do aquífero Açu são utilizadas como água mineral, pela Indústria de Água Mineral Seridó. Os poços que penetram o aquífero Açu são de profundidades da ordem de 90,0 m e produzem até 60,0 m³/h. A descarga total obtida dos poços foi de cerca de 5,3 milhões de m³/ano. Nos últimos anos o uso das águas subterrâneas, quer no suprimento da população quer para irrigação, tem sido limitado devido a ocorrência de águas salinas, baixa produtividade de poços em algumas situações e a falta de conhecimento acerca das potencialidades do aquífero.

Águas subterrâneas salinas ocorrem frequentemente em contacto hidráulico com águas doces e pode causar restrições à exploração destas águas. O entendimento de respostas para os corpos de águas

salinos pela abstração de águas doces requer o conhecimento acerca do sistema total que inclui o controle de cargas e do fluxo subterrâneo (LLOYD; HEATHCOTE, 1985; MATHER, 1997). A água doce é considerada a água cuja salinidade é menor do que 1000 mg/L de sólidos totais dissolvidos (STD) (FREZE; CHERRY, 1979; ROBINOVE; LANGFORD; BROOKHART, 1958). O termo água salina é usado para água no qual os sólidos totais dissolvidos é maior do que 1000 mg/L (LLOYD; HEATHCOTE, 1985) e o termo salinização, significa um aumento dos sólidos totais dissolvidos a partir de um referido background (RICHTER; KREITLER, 1993). Neste artigo, os aspectos da salinização das águas do aquífero Açu são discutidos, tentando obter informações acerca da origem e a distribuição das águas salinas e também sobre os mecanismos de salinização no que diz respeito à fácies hidroquímicas envolvidas.

METODOLOGIA

As investigações sobre a origem e mecanismos da salinização das águas subterrâneas do aquífero Açu são baseadas em dados geológicos, estruturais, geofísicos e hidrogeológicos e, sobretudo, nos resultados das análises químicas de amostras de água.

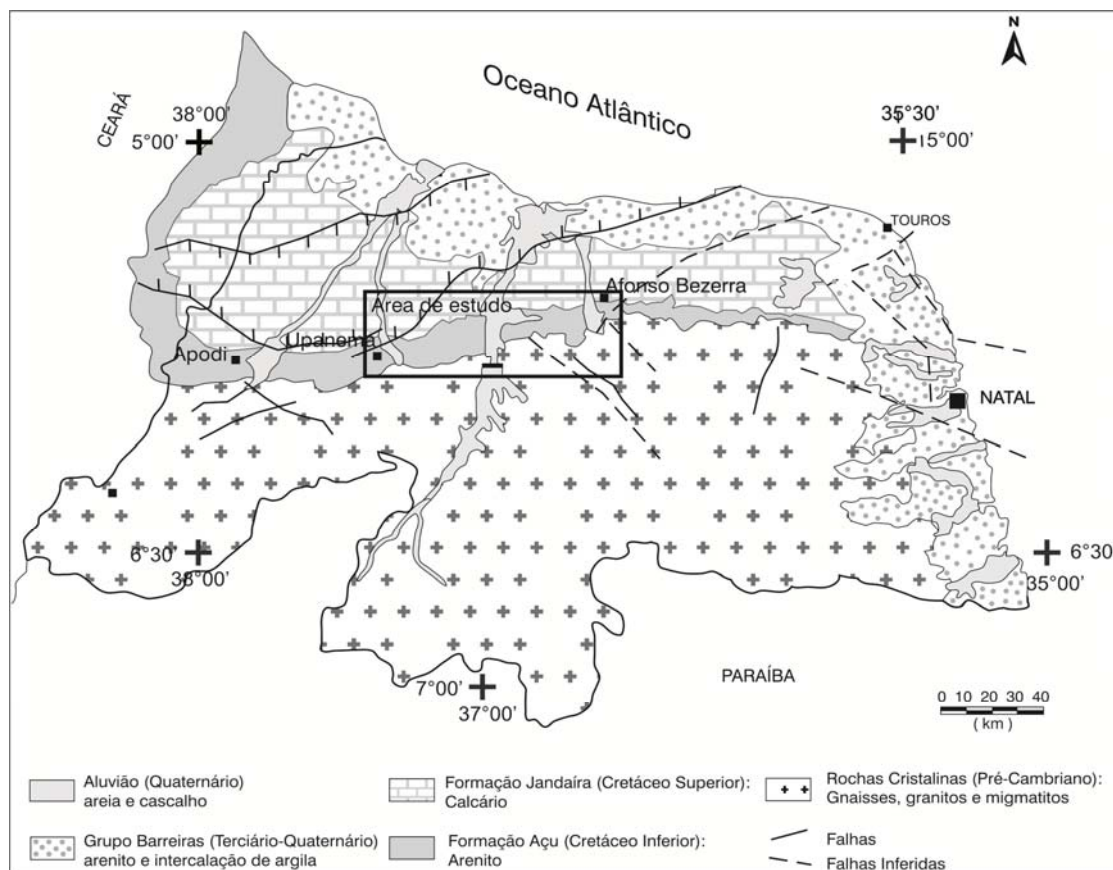


Figura 1- Localização da área de estudo e geologia do Estado do Rio Grande do Norte

A geologia da área foi obtida com base na interpretação de fotografias aéreas, imagens de radar e de Satélite, que permitiram em associação com mapa geológico regional (escala 1: 500.000) existente (ANGELIM; MEDEIROS; NESI, 2006) a elaboração de um mapa geológico com algumas feições estruturais da área de estudo (escala 1: 200.000), com posterior checagem e ajustes de campo. A estrutura Geológica ficou definida mediante a correlação de perfis de poços e prospecção geofísica, com a utilização dos métodos de resistividade e gravimétricos.

Com base em dados da profundidade do nível d'água dos poços cadastrados e dados topográficos (cotas) dos mesmos, foi elaborado o mapa potenciométrico do aquífero Açu, que permitiu a definição do modelo do fluxo das águas subterrâneas. No nivelamento topográfico dos pontos de água, foi utilizando o sistema de GPS Geodésico de dupla frequência.

Os estudos hidroquímicos foram iniciados com um reconhecimento da salinidade das águas, através de medidas "in situ" da condutividade elétrica da água de cada um dos poços. Neste caso, condutímetros portáteis foram usados.

Para consolidação dos estudos hidrogeoquímicos foi definida uma rede de poços para coleta de amostras de água e realização de análise química completa com avaliação dos cátions maiores (Na^+ , Ca^{++} e Mg^{++}) e os ânions maiores (Cl^- , SO_4^{--} , e HCO_3^-); os compostos de nitrogênio (NH_4^+ e NO_3^-) e a condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, temperatura, alcalinidade e dureza, além de Fe^{++} , CO_3^{--} e K^+ . Nessa seleção foi dada prioridade a poços com perfis litológicos e construtivos e situados em domínios de diferentes níveis de salinidade. As análises foram efetuadas no Laboratório de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes da Fundação de Apoio à Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do Rio Grande do Norte (FUNCERN).

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, GEOLÓGICAS E FISIOLÓGICAS

A precipitação pluviométrica na área de estudo cresce de leste para oeste. Os valores variam de 536 mm/anuais, em Afonso Bezerra, até 666 mm/ano, em Upanema com média de 595,5 mm/ano (perío-

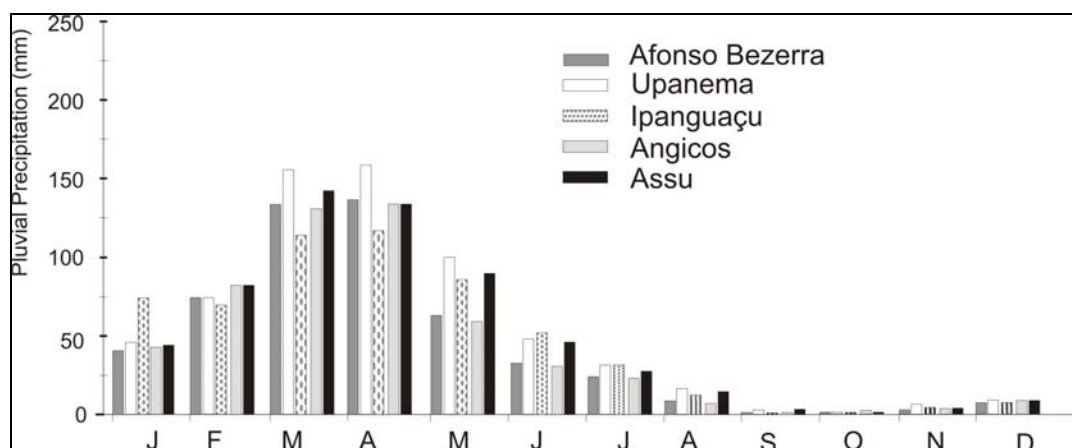


Figura 2- Representação gráfica da precipitação pluviométrica mensal (1910-2004) (MELO et al. 2007)

do 1931-2004). A chuva está concentrada em três a quatro meses do ano (Figura 2), resultando em um elevado “déficit” hídrico e uma área com características do semi-árido, com evapotranspiração potencial é de 1499,4 mm/ano (MELO et al., 2007).

A área está situada na borda sul da Bacia Potiguar, formada principalmente por arenitos da Formação Açu, do Cretáceo Inferior. O Quaternário é representado por cascalhos e depósitos aluviais que ocorrem com expressividade na Planície aluvial do vale do Açu. A Formação Açu está situada sobre rochas cristalinas do Pré-Cambriano e está limitada ao sul por essas rochas, principalmente por granitos do Brasiliano e gnaisses migmatíticos. Há indicação de foliação e zonas de stress, de idade Brasiliana. Ao Norte, a Formação Açu está limitada pela Formação Jandaira, constituída de rochas carbonáticas (calcário e dolomita), de idade atribuída ao Cretáceo Superior. Esses limites aparecem nas imagens, em alguns casos, como uma linha reta, representando um relevo abrupto e indicando falhas e fraturas (possível reativação neotectônica por falhas Cretáceas ou falhas Terciárias, conforme descrito por Medeiros et al (2001).

O Rio Açu cruza a parte central da área de Sul a Norte após drenar terrenos de rochas cristalinas. Os efluentes desse rio desenvolvem uma drenagem pouco densa indicando baixo fluxo superficial e uma elevada taxa de infiltração, que é afetada pela alta taxa de evapotranspiração.

Na paisagem regional, diferentes formas de relevo podem ser vistas associadas aos diferentes tipos de rochas e as características geo-estruturais. No domínio das rochas cristalinas, ao sul da área, o relevo é acidentado, com montanhas desenvolvendo

uma drenagem dendrítica e densa. Ao norte da área, o relevo é plano e suave. Este é formado pelos calcários e dolomitas da Formação Jandaira. A área efetivamente estudada, de afloramento da Formação Açu, tem um relevo tabular com inclinação suave na direção dos rios. O limite dos arenitos da Formação Açu com os calcários da Formação Jandaira, conforme já apresentado, ocorre através de um relevo abrupto

SITUAÇÃO HIDROLÓGICA

Estrutura hidrogeológica

A caracterização da estrutura hidrogeológica da área reuniu elementos da análise geológica e estrutural, da geofísica e da hidrogeologia.

Os sedimentos da Formação Açu estão parcialmente saturados com água, constituindo o sistema aquífero Açu. Efetivamente, a estrutura hidrogeológica do aquífero Açu foi definida com base na correlação de perfis de poços e resultados dos estudos geofísicos.

As seções hidrogeológicas evidenciaram os seguintes aspectos: existem variações laterais de fácies, com arenitos grossos passando para arenitos finos e argilosos; a parte inferior dos perfis é formada de arenitos finos a grosseiros e conglomeráticos e a parte superior, em direção a superfície do solo, são arenitos com níveis de argilitos e siltitos intercalados; verificou-se também que a espessura da Formação Açu cresce de sul para norte, porém ocorrem descontinuidades geológicas, sugerindo a ocorrência de altos e baixos estruturais.

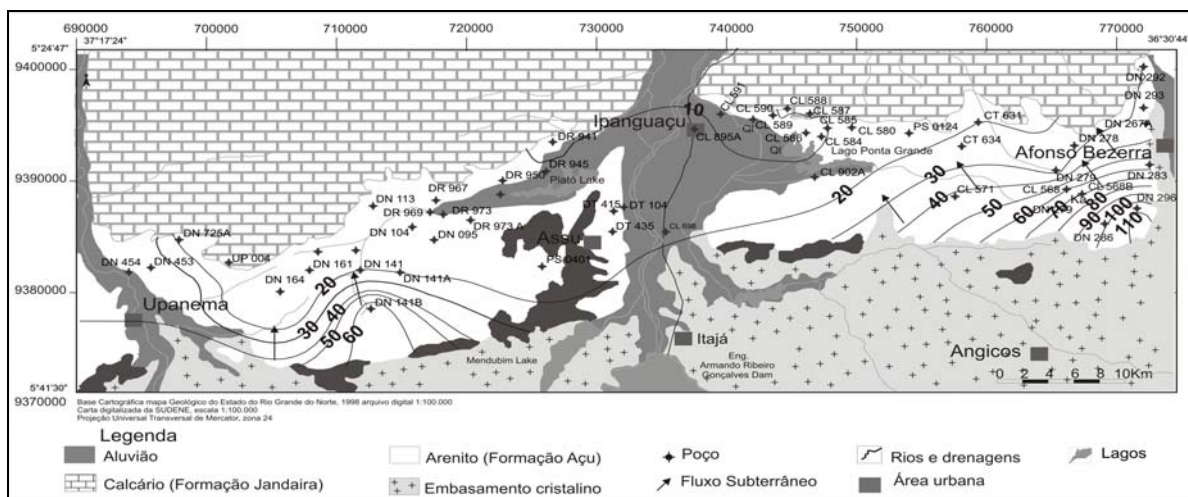


Figura 3- Mapa potenciométrico do aquífero Açu

Foi verificado pelos perfis dos poços que a espessura da Formação Açu varia de menos de 32,0 m na faixa Sul da área (próximo ao limite das rochas cristalinas) até mais do que 154,0 m na faixa norte da área (em direção aos calcários da Formação Jandaíra). Os estudos geofísicos, entretanto, mostram a possibilidade da Formação Açu alcançar espessuras de 140,0 e 300,0 m, ao sul e norte da área, respectivamente.

A espessura saturada do aquífero Açu varia de 9,8 m na faixa sul da área até 140,0 m na faixa norte. A profundidade do nível da água subterrânea muda principalmente em conformidade com a topografia de menos de 10,0 m para mais do que 60,0 m.

Estudos regionais embora admitam que as anomalias atribuídas as variações de espessura do aquífero Açu na borda sul da bacia Potiguar possam em alguns casos serem interpretadas como configuração associada a paleorelevo, na maioria das vezes uma interpretação estrutural (falhas) prevalece (MEDEIROS et al., 2001).

A configuração litoestrutural do aquífero Açu atribui ao mesmo o caráter de um sistema livre com ocorrências localizadas de semi-confinamentos.

Fluxo das águas subterrâneas e parâmetros hidrodinâmicos

Como mostra a configuração das equipotenciais obtidas com base em dados de março de 2007 (Figura 3), o fluxo das águas subterrâneas é, em geral, na direção de Sul para Norte, originado próximo do limite sul com as rochas cristalinas e seguindo em direção aos calcários da Formação Jandaíra. Ocasionalmente, as linhas de fluxo mudam

para noroeste e nordeste em direção aos principais rios que drenam a área (Rio Açu, Rio do Carmo, e Rio Mulungu). Os gradientes hidráulicos na maior parte da área são da ordem de 0,35%, ocorrendo locais onde os gradientes alcançam valores superiores a 1%, nos setores de relevo mais acentuado, e casos onde é de menos de 0,1% (planície aluvial do Açu). A vazão total do fluxo subterrâneo natural da área foi avaliada em 0,8 m³/s.

A transmissividade do aquífero cresce na mesma direção do fluxo subterrâneo, mudando de menos do que 10 m²/dia, na zona sul, para valores superiores a 400 m²/dia, na zona norte, alcançando valores mais elevados próximo ao limite com os calcários. O valor mais elevado de transmissividade foi obtido na Planície do vale do Açu, onde foi alcançado 2065 m²/dia. Neste caso, provavelmente, por influência de recarga do aquífero aluvial. A porosidade efetiva é da ordem de 8,1%, obtida a partir da interpretação de resultados de teste de aquífero executado no Município de Açu.

AVALIAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E SALINIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A análise hidrogeoquímica foi executada com os seguintes objetivos: identificação dos tipos de água com relação aos íons maiores ou caracterização das fácies hidroquímicas; avaliação da recarga e descarga das águas subterrâneas; e estudo da origem, mecanismos e distribuição das águas subterrâneas salinas.

Resultados das análises químicas das amostras de água

A avaliação hidroquímica, incluindo os aspectos relativos à distribuição, origem e os mecanismos de salinização das águas subterrâneas é apresentada a partir dos resultados das análises químicas de 55 amostras de água coletadas em poços captando água do aquífero Açú, 3 amostras de água de poços mistos, penetrando os aquíferos Jandaira e Açú, e, 2 amostras de poços do aquífero fissural cristalino (março 2007).

Nas águas dos poços do aquífero Açú o pH varia de 5,2 a 7,8, com média de 6,4; portanto, águas, em sua maioria, ácidas. A condutividade elétrica varia de 198,6 a 2850,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com média de 923,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A concentração de cloreto varia de 21,8 a 850 mg/L, com média de 231 mg/L. O sódio, de 13,0 a 475 mg/L, com média de 87,4 mg/L. Essas características, indicam a ocorrência de águas de salinidade média a elevada, com menor ocorrência de águas com baixa salinidade.

As águas de poços mistos, que penetram os aquíferos Açú e Jandaira, e, que captam águas dos mesmos, apresentam pH médio de 6,7; ou seja são águas em geral ligeiramente ácidas. A condutividade elétrica é de 715,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cloreto de 113 mg/L e sódio de 26,6 mg/L, ou seja, são águas de salinidade média.

As águas do aquífero cristalino são básicas e de salinidade elevada, com condutividade elétrica da ordem de 3820 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cloreto de 1109,7 mg/L e sódio de 327,5 mg/L, respectivamente.

Comportamento espacial da salinidade das águas subterrâneas

A condutividade elétrica (CE) foi o principal parâmetro usado para avaliar a salinidade das águas subterrâneas, desde que o mesmo apresenta elevada correlação com os sólidos totais dissolvidos (STD), alcançando 99% (Tabela 2). No contexto geral, a água subterrânea é mais salina próximo às rochas cristalinas na parte sul da área, alcançando 2600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 25 °C (Figura 4). Para o norte, na mesma direção do fluxo subterrâneo, a medida que a transmissividade do aquífero aumenta, a salinidade da água diminui para valores menores do que 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 4). A estrutura hidrogeológica contribui para um melhor armazenamento e renovação das águas subterrâneas através da infiltração de água de chuva na zona norte da área, próxima a ocorrência dos calcários.

A baixa transmissividade do aquífero na faixa ao sul da área e a presença de um limite hidrogeológico representado pelas rochas cristalinas, propiciando a ocorrência de águas subterrâneas rasas, é provavelmente o principal responsável pela alta salinidade da água subterrânea que se verifica na faixa sul da área, cuja baixa e intermitente recarga provavelmente resulta no efeito de sais cíclicos. Entre outros fatores que podem afetar a química das águas subterrâneas convém citar o clima e a natureza litológica do terreno. Alguns constituintes dissolvidos apresentam um comportamento similar com relação a CE, ou seja, há uma diminuição na concentração a medida que o fluxo d'água subterrânea se desloca de sul para norte da área. Os mecanismos de recarga e a renovação das águas são responsáveis por essas modificações (MELO e STEIN 2003). Há uma boa correlação entre a CE (e STD) e a concentração dos cátions Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , com coeficientes de correlação de 84%; 73% e 97%, respectivamente (Tabela 1). O íon K^+ , entretanto, não apresenta uma boa correlação com a CE, alcançando somente 51%. Isto significa que o K^+ não é afetado a medida que a salinidade da água subterrânea diminui na direção do fluxo subterrâneo seguindo o trajeto de sul para o norte. Os sedimentos argilosos na matriz do aquífero afetam as concentrações de K^+ nas águas subterrâneas. Sua presença induz concentrações mais baixas nas águas subterrâneas (MATHER, 1997).

Considerando os ânions, o Cl^- apresenta uma boa correlação com a CE (97%). A concentração de Cl^- diminui no sentido do fluxo subterrâneo (Figura 5). Isto significa que o mecanismo de recarga contribui para uma diluição progressiva dos sais e uma redução na concentração do cloreto.

Os ânions HCO_3^- e SO_4^{2-} apresentam uma baixa correlação com os sólidos totais dissolvidos, cujos coeficientes de correlação são de 35% e 41%, respectivamente. Portanto, esses ânions não são afetados pela salinização.

Tabela 1 - Correlação matricial entre constituintes químicos

	Concentração em mg/L								
	Cond	TDS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	SO ₄	Cl
Cond	1,0	0,999	0,731	0,968	0,842	0,513	0,353	0,415	0,968
TDS		1,0	0,732	0,969	0,839	0,507	0,346	0,41	0,969
Ca			1,0	0,77	0,386	2,5 E-2	0,334	0,689	0,711
Mg				1,0	0,732	0,471	0,284	0,42	0,942
Na					1,0	0,552	0,446	0,278	0,8
K						1,0	-0,17	-0,12	0,525
HCO ₃							1,0	0,463	0,236
SO ₄								1,0	0,304
Cl									1,0

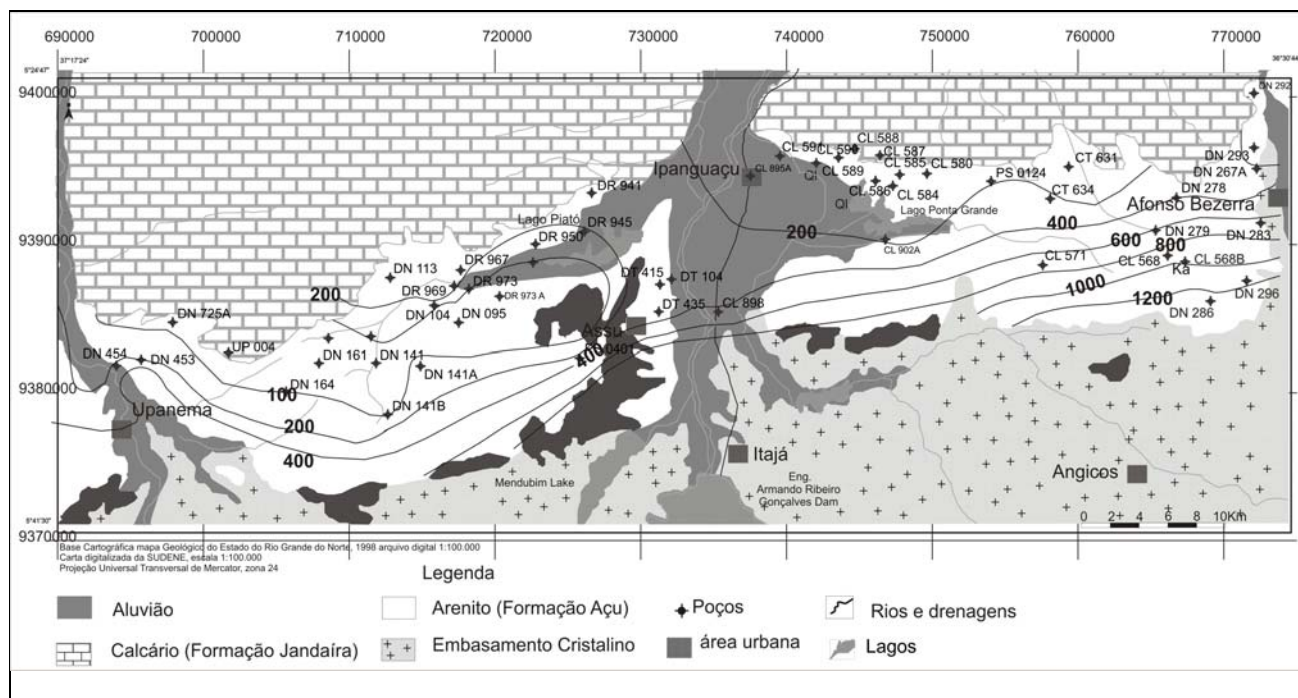


Figura 4- Distribuição dos poços com análise química e Condutividade elétrica do aquífero Açu

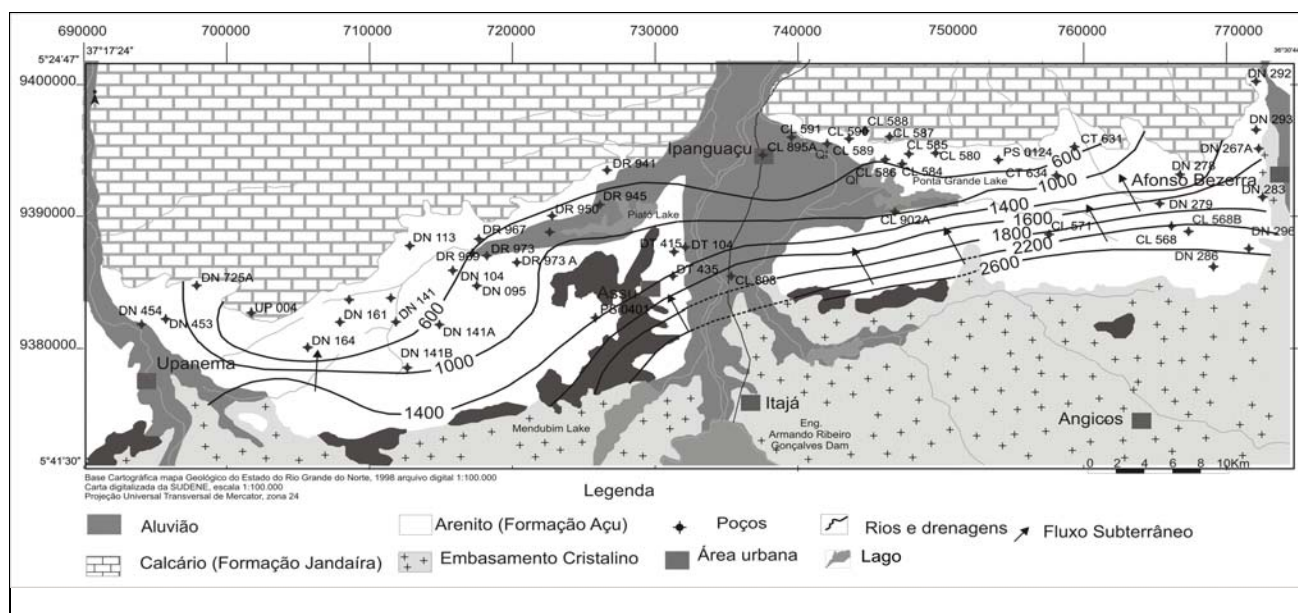


Figura 5- A distribuição da concentração de cloreto no aquífero Açu

Facies hidroquímicas e processos geoquímicos atuantes

O termo “facies” é usado para descrever os corpos de água subterrânea, no aquífero, que diferem em sua composição química. As “facies” são uma função da litologia, cinética da solução, e padrão do fluxo

do aquífero (BACK, 1960, 1966; EDMUNDS, 1981). Fácies hidroquímicas podem ser classificadas com base nos íons dominantes e podem ser definidas através do diagrama trilinear de Piper (Figura 6). Os resultados das análises químicas das 63 amostras de água coletadas dos poços no aquífero Açu, aquífero Jandaíra e aquífero cristalino foram representados

nesse diagrama. Três fácies hidroquímicas foram identificadas no domínio do aquífero Açú: Águas dos tipos Na^+ - Cl^- , Ca^{2+} - Cl^- e/ ou Mg^{2+} , e Ca^{2+} - HCO_3^- .

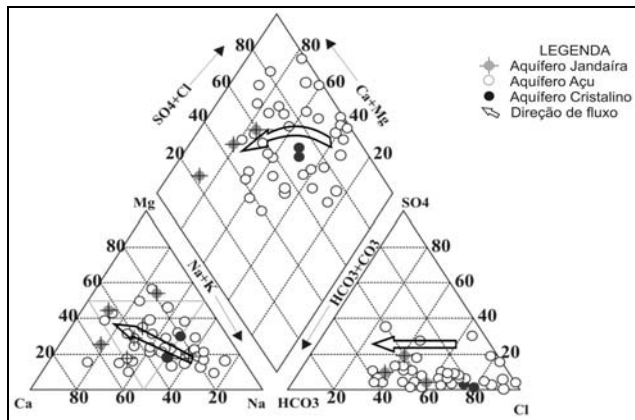


Figura 6- Representação dos resultados das análises químicas das amostras de água coletadas nos poços, no diagrama de Piper

Observando o triângulo dos cátions (Figura 6) pode ser verificado que na direção do fluxo subterrâneo, o cátion Na^+ tende a mudar de posição com relação ao cátion Ca^{2+} ou Mg^{2+} . No triângulo dos ânions, o Cl^- é substituído pelo ânion HCO_3^- .

A água do aquífero Jandaira é do tipo Ca^{2+} - HCO_3^- , cujos íons dominantes foram originados pela dissolução das rochas carbonáticas (calcários). A água dos poços do aquífero cristalino é do tipo Na^+ - Ca^{2+} - Cl^- . A presença do cloreto nas águas do aquífero cristalino é uma característica comum em regiões semi-áridas, cuja salinidade é elevada e associada aos efeitos de sais cíclicos.

Os resultados das análises químicas foram também representados no diagrama de Durov expandido. Esse diagrama tem uma distinta vantagem sobre o diagrama de Piper porque ele fornece mais informações sobre os tipos hidroquímicos e sobre a evolução da qualidade das águas (HUSSEIN, 2004; LLOYD; HEATHCOTE, 1985; PETALAS; DIAMANTIS, 1999). Com base no diagrama de Durov, oito (8) diferentes campos foram identificados entre os nove (9) possíveis campos. A maioria da água está situada nos campos 8 e 9, seguido pelos campos 5, 7, 4, 2 e 1 (Figura 7). Os campos e os correspondentes tipos de água identificados são discutidos a seguir:

- **Campo 9:** Cl^- e Na^+ dominante. A água é em geral mais salina e as amostras foram coletadas em poços do aquífero Açú na faixa sul da área e de poços no aquífero cristalino.

- **Campo 8:** Cl^- dominante e cátion não dominante. Indica que a água subterrânea pode estar relacionada com trocas de íons reverso de águas Na^+ - Cl^- . Esse contexto é observado principalmente em águas de poços localizados no aquífero Açú nas partes central e norte da área.
- **Campo 5:** Ânion ou cátion não dominantes. Indica águas exibindo simples dissolução ou mistura. Essa situação foi observada na água de poços penetrando o aquífero Açú.
- **Campo 3:** HCO_3^- e Na^+ dominantes, indicando provavelmente águas com troca de íons no aquífero Açú.
- **Campo 7:** Cl^- e Ca^{2+} dominante. Pode ser resultado de troca reversa de íons de águas Na^+ - Cl^- .
- **Campo 4:** SO_4^{2-} dominante ou ânions indiscriminados e Ca^{2+} dominante. Indica águas exibindo simples dissolução ou mistura. Esse tipo de água ocorre no aquífero Açú, próximo do aquífero Jandaira.
- **Campo 2:** HCO_3^- e Mg^{2+} dominantes, com Ca^{2+} e Na^+ também considerados importantes. Provavelmente a água está associada com dolomitas; representa águas de poços situadas no setor norte da área, próximo das rochas carbonáticas ou associadas com poços que captam águas dos aquíferos Açú e Jandaira (um caso foi observado).
- **Campo 1:** HCO_3^- e Ca^{2+} dominante, correspondendo a duas amostras, uma delas de um poço penetrando o aquífero Jandaira e a outra de um poço penetrando o aquífero Açú.

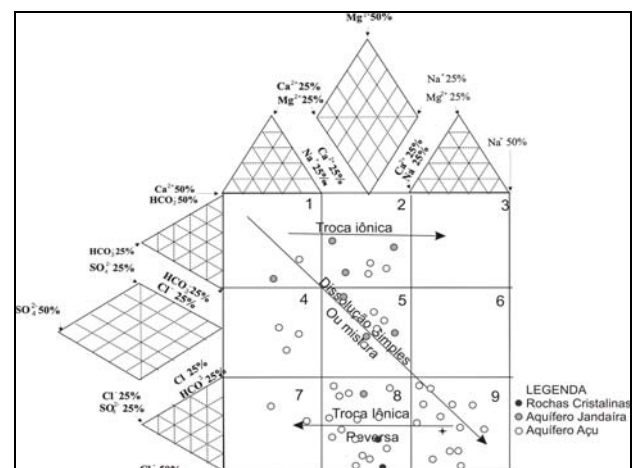


Figura 7- Facies hidroquímicas e tipos de água segundo o diagrama de Durov expandido

CONCLUSÕES

A Formação Açú é caracterizada por arenitos com argilitos intercalados e a presença de altos e baixos estruturais. Essa configuração resultou em um aquífero livre com a ocorrência de semi-confinamentos localizados, cuja transmissividade varia em diferentes setores da área. Este comportamento, associado ao clima semi-árido, é responsável por processos geoquímicos específicos que ocorrem no sentido do fluxo subterrâneo. Esses processos incluem evaporação, mistura de águas salinizadas e águas doces, troca de íons reversa, e dissolução de carbonatos e dissolução de gipsita e/ou anidrita. A ação de todos esses processos resulta na ocorrência de águas com diferentes concentrações salinas. Na zona sul da área a evaporação é o processo mais importante, resultando em água com salinidade mais elevada. A água, neste caso é do tipo $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$, cuja utilização é limitada. Na zona norte da área, as condições de recarga, armazenamento e a renovação da água são favoráveis à ocorrência de águas de baixa salinidade. O processo de troca de íons reversa, misturas e dissolução de carbonato, resultam em águas dos tipos: $\text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ e/ ou $\text{Mg}^{2+} \text{Cl}^-$ e $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$. Nesse caso, as águas subterrâneas assumem um importante papel no suprimento humano e de uso na irrigação.

REFERÊNCIAS

- ANGELIM, L. A. A.; MEDEIROS, V. C.; NESI, J. R. Programa Geologia do Brasil –PGB. *Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte*. Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Escala. 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERN, 2006. 1 mapa color.
- BACK, W. *Hydrochemical facies and groundwater flow patterns in northern part of the Atlantic Coastal plain*. Washington: U.S. Department of the Interior, 1966. (Geological Survey Professional Paper, 498-A).
- BACK, W. Origin of hydrochemical facies in groundwater in the Atlantic Coastal plain. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 21., 1960, Copenhagen, DK. *Proceedings...* Copenhagen (Denmark), 1960. p. 87-95. Report Part I.
- EDMUNDS, W. M. Hydrogeochemical investigations. In: LLOYD, J. W (Ed.). *Case-studies in groundwater resources evaluation*. Oxford: Clarendon Press, 1981. p. 87-112.
- FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. *Groundwater*. New Jersey: Prentice-Hall, 1979. 204 p.
- HUSSEIN, M. T. Hydrochemical evaluation of groundwater in the Blue Nile Basin, eastern Sudan, using conventional and multivariate techniques. *Hydrogeology Journal*, v. 12, n. 2, p. 144-158, 2004.
- LLOYD, J. W.; HEATHCOTE, J. A. *Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater, an introduction*. Oxford: Clarendon Press, 1985.
- MATHER, J. Relationship between rock, soil and groundwater compositions. In: SAETHER, O. M.; CARITAT, P. (Ed.). *Geochemical processes, weathering and groundwater recharge in catchments*. Rotterdam: Aa Balkema, 1997. p 305-328.
- MEDEIROS, W. E.; JARDIM DE SÁ, E. F.; MEDEIROS, V. C.; LUCENA, L. R. F. *Estrutura geológica do aquífero Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar entre Apodi e Upanema, RN*. Natal (RN), 2001. Convênio CAERN/FUNPEC/UFRN. Relatório Técnico.
- MELO, J. G.; MEDEIROS, J. I.; VASCONCELOS, M. B.; MORAIS, F. *Avaliação do Aquífero Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar, Brasil-Faixa Upanema-Afonso Bezerra*. Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Natal (RN): Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.
- MELO, J. G.; STEIN, P. *Recursos hídricos subterrâneos da Formação Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar, RN – Faixa Upanema-Apodi*. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Natal (RN), 2003.
- PETALAS, C. P.; DIAMANTIS, I. B. Origin and distribution of saline groundwater in the upper Miocene aquifer system, coastal Rhodope area, North-eastern Greece. *Hydrogeology Journal*, v. 7, n. 3, p. 305-316, 1999.
- RICHTER, B. C.; KREITLER, B. E. *Geochemical techniques for identifying sources of groundwater salinization*. Boca Raton: C K Smoley, 1993.

ROBINOVE, C. J.; LANGFORD, R. H.; BROOKHART, JW. *Saline water resources of North Dakota: a description of the principal saline water aquifers and surface-water bodies, with available analyses*. U.S. Government Printing Office, 1958. 72 p. (Geological survey water supply paper, v. 1428).

Souces and Mechanisms of Groundwater Salinization on the Southern Edge of The Potiguar Basin, RN

ABSTRACT

The study area is situated in the southern edge of the Cretaceous Potiguar Basin in Rio Grande do Norte State, in a semiarid region. The groundwater of the Açu aquifer is the main water source of water supply for the population and irrigation. Groundwater use has been limited due to the occurrence of saline waters in some sectors of the area. This article tries to show the sources, mechanisms and distribution of groundwater salinization using structural geology, geophysical, hydrogeological and hidrogeochemical techniques. It was found that salinization of the water depends on the structural geology, which controls the direction of flow. Water salinity decreases from south to north in the direction of groundwater flow as transmissivity increases. Water types identified are: $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$; $\text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ and Mg^{2+} or $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$. These are related to geochemical processes like evaporation, mineral dissolution and ion exchange.

Key-words: Groundwater flow, semiarid region, salinization, groundwater quality.