

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS TIPOS HIDROQUÍMICOS E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS DO ESTADO DE SERGIPE

Silva, Cristiane Neres¹; Negrão, Francisco Inácio¹; Silva, Denize Ribeiro da¹; Oliveira², Iara Brandão de; Oliveira, Paulo Roberto Nascimento^{1,3}; Abreu, Aislan Silva de^{1,3}; Santos, Jéssica Neres dos^{1,3}; Santos, Antonia de Andrade¹

Resumo

Este trabalho analisa a influência dos fatores geológico e climático – precipitação pluviométrica – no comportamento das águas subterrâneas do Estado de Sergipe, com o objetivo de elaborar um mapa preliminar de domínios hidrogeológicos. Para análise da qualidade das águas subterrâneas, os dados das análises químicas foram extraídos do Banco de Dados SIAGAS/SGB/CPRM, provenientes do cadastramento de poços tubulares neste sistema. Com base nos tipos litológicos dominantes, foram definidos quatro grandes compartimentos com potencialidade hidrológica, denominados de: domínios hidrogeológicos do Embasamento Cristalino; dos Metassedimentos/Metavulcânicas; das Bacias Sedimentares; e das Coberturas Detríticas. Através dos diagramas de Piper e Stiff as águas subterrâneas foram classificadas hidroquimicamente e por análise de sólidos totais dissolvidos (STD) foram classificadas quanto à salinidade.

Palavras-Chave: Domínio, Hidroquímica, Qualidade da Água.

Abstract

This paper analyzed the influence of geological and climatic factors - rainfall - the behavior of groundwater in the state of Sergipe in order to prepare a preliminary map hydrogeological domains. Analyzing the dominant rock types, the basic principle of criteria, four large compartments with hydrological potential were defined. Such compartment were named hydrogeological domains Basement Complex; of Metasediments / Metavolcanics; Sedimentary Basins; Detrital Cover. The chemical data of groundwater were extracted from the Bank of Data SIAGAS/SGB/CPRM, from the registration of tube wells in this system. Through the Piper and Stiff diagrams groundwater were

¹ Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM <Superintendência Regional de Salvador / tel.: (71) 2101-7300>

² Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica <Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental /tel.: (71) 3283-9795>

³ Universidade Federal da Bahia – Instituto de Geociências.

classified hidroquimicamente and analysis of Total Dissolved Solids were classified according to salinity.

Keywords: Domain, hydrochemistry, Water Quality.

1 – INTRODUÇÃO

O Estado de Sergipe com 21.915,116 km² de área territorial é constituído pelos seguintes terrenos geológicos: Embasamento Cristalino; Metassedimentos e Metavulcânicas; Bacias Sedimentares e Formações Cenozóicas, associados a uma grande variedade de tipos litológicos. Esses terrenos foram denominados aqui de domínios hidrogeológicos do Embasamento Cristalino – Indiviso; das Metassedimentares/Metavulcânicas; das Bacias Sedimentares, dividido em três subdomínios compreendendo as bacias do Tucano, Sergipe/Alagoas e Rio do Peixe; e o das Coberturas Detríticas – Indiviso, compreendendo os depósitos das Formações Cenozóicas indiferenciadas

Segundo Guerra e Negrão (1996[1]), utilizando-se como princípio básico a subordinação das águas subterrâneas, em termos de qualidade e potencial, cada domínio hidrogeológico se caracteriza pela sua capacidade de produção de seus poços e pela qualidade natural de suas águas. Portanto, associando-se o fator geológico ao fator climático, ou seja, a precipitação, pode-se delimitar áreas de comportamento hidrogeológico semelhante, representativas de domínios distintos associados aos tipos litológicos predominantes e índices pluviométricos específicos.

Para avaliação preliminar dos tipos hidroquímicos e qualidade das águas subterrâneas nos domínios hidrogeológicos pode-se classificar a qualidade química das águas através dos diagramas de Piper (1944[2]) e Stiff (1951[3]), os quais descrevem a concentração relativa dos íons principais Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, CO₃⁻², HCO₃⁻, SO₄⁻², Cl⁻ e parâmetros secundários como Fe⁺², NO₃⁻ (Figura 1). análises da água. A distribuição georreferenciada dos poços tubulares consistidos no SIAGAS/SGB/CPRM, ao longo dos terrenos geológicos da área de estudo está mostrada na Figura 2.

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar um mapa preliminar de domínios hidrogeológicos do Estado de Sergipe como base para a classificação dos tipos hidroquímicos e qualidade de suas águas subterrâneas.

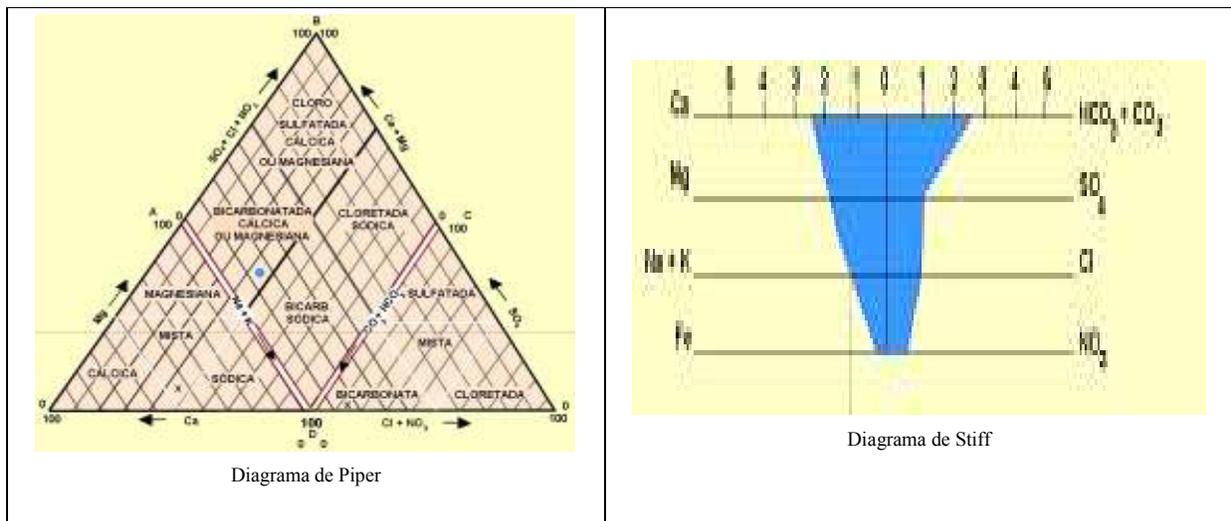


Figura 1. Diagramas de qualidade da água subterrânea tipo Piper (1944) e Stiff (1951).

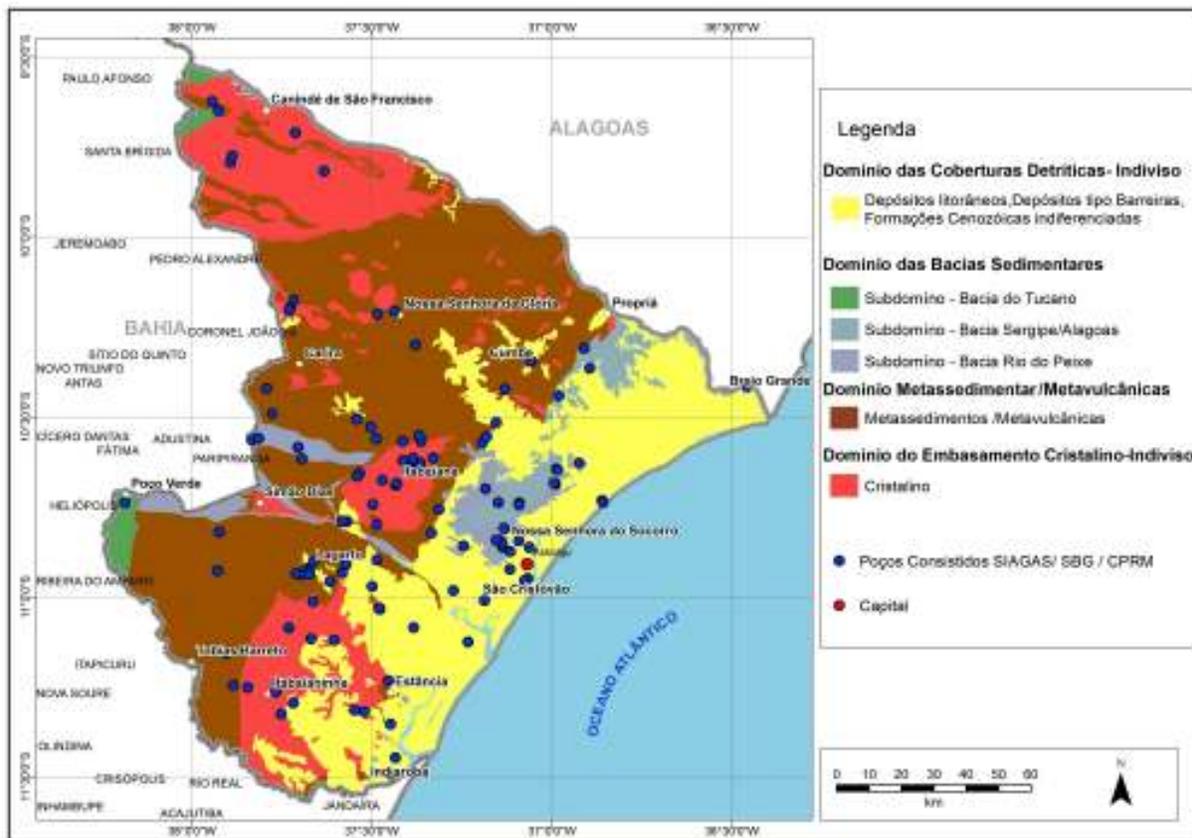


Figura 2. Mapa de pontos d'água consistentes e georreferenciados do Estado de Sergipe – SIAGAS/SGB/CPRM – Modificado (SANTOS, et. al, 1998 [4]).

1.1 – Domínios Hidrogeológicos Compartimentados do Estado de Sergipe

1.1.1 – Domínio do Embasamento Cristalino

O Embasamento Cristalino é essencialmente constituído por rochas graníticas e gnáissicas do Arqueano e Proterozóico que recobrem aproximadamente 20% da área do Estado. Este domínio é constituído por aquíferos de natureza fissural, de reduzida potencialidade hídrica.

As rochas desse domínio afloram nos municípios de Moita Bonita, Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo, Boquim, Carira, Feira Nova, Itabaiana, Itabaiânia, Riacho do Dantas, Lagarto e Macambira.

1.1.2 – Domínio dos Metassedimentos e Metavulcânicas

Aproximadamente 42% da área do Estado são recobertas por rochas metassedimentares e metavulcânicas, constituintes das Formações Macururé; Frei Paulo; Ribeirópolis; Palmares; Itabaiana e Lagarto, distribuindo-se em áreas com precipitações inferiores a 1.200 mm/anuais.

Os metassedimentos e as metavulcânicas formam aquíferos livres de natureza fissural similarmente aos aquíferos cristalinos. Diferenciam-se destes, entretanto, por vazões mais elevadas e por menor salinização de suas águas, em parte, devido à sua composição litológica rica em quartzo, quando relacionada diretamente aos metarenitos.

Esse domínio é aflorante nos municípios de Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora das Dores, Pedra Mole Ribeirópolis, Areia Branca, Carira, Feira Nova, Frei Paulo, Riacho do Dantas, Simão Dias, Tobias Barreto, Campo do Brito e Estância.

1.1.3 – Domínio das Bacias sedimentares

O Domínio das Bacias Sedimentares é representado pelos seguintes Subdomínios: Bacia do Tucano, Bacia de Sergipe/Alagoas e Bacia do Rio do Peixe, abrangendo 8 % da área do Estado. Este domínio, com exceção de parte da Bacia do Tucano, situa-se, predominantemente, em faixas de isoietas entre 600 e 1.600 mm/ano e é grande armazenador de água.

O Subdomínio Bacia do Tucano aflora em uma pequena faixa nos municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco na divisa com o estado da Bahia.

O Subdomínio da Bacia de Sergipe/Alagoas se constitui das seguintes Formações: Riachuelo, Membros Taquari e Maruim; Formações: Calumbi, Penedo e Igreja Nova, aflorando nos municípios de Maruim, Nossa Senhora do Socorro, São Francisco, Carmópolis, Cedro de São João e General Maynard.

O Subdomínio Bacia do Rio do Peixe é constituído de carbonatos e metacarbonatos das Formações Cotinguiba-Sapucari; Olhos D'água; e Riachuelo, Membro Angico, aflora nos municípios de Nossa Senhora do Socorro, Pinhão, Divina Pastora, Japarutuba e Laranjeiras.

1.1.4 – Domínio das Coberturas Detríticas

Constituído pelas Formações Cenozóicas, os depósitos de cobertura detrítica são representados pelas formações litorâneas e depósitos fluvio-lagunares e Formação Barreiras. Este domínio está distribuído em uma faixa de aproximadamente 40 km, adentrando o continente por todo o litoral, recobrando 30% da área do Estado.

Esses depósitos, quando espessos, podem armazenar grande volume de água, sendo recarregados diretamente por águas pluviais ou indiretamente pela descarga dos riachos. Para depósitos de pequenas espessuras (<10 m), os sistemas de captação se dão através de: poços rasos, poços ponteiras, poços com drenos radiais, trincheiras filtrantes e barragens subterrâneas.

Esse domínio aflora nos municípios de Nossa Senhora do Socorro, Parambu Santa Luzia do Itanhy, Aracajú, Brejo Grande, Carmópolis Indiaroba, Itaporanga D’Ajuda, Nossa Senhora das Dores salgado Santa Luzia do Itanhy.

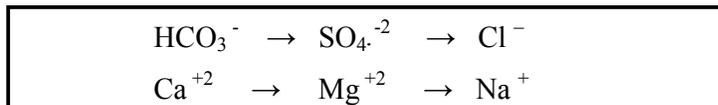
2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o mapa geológico do Estado de Sergipe na escala 1:250.000 (SANTOS, et. al 1998[4]) e do mapa de isoietas para a região. Também foram utilizadas as informações referentes à hidroquímica, através dos resultados das análises químicas respectivas, além de informações geológicas e hidrogeológicas, constantes no SIAGAS/SBG/CPRM, de poços tubulares no Estado de Sergipe.

Para a seleção dos poços representativos de cada domínio foram fixados alguns critérios prévios, como procedimento: (i) poços com dados de elementos maiores, incompletos, com valores por análise abaixo do Limite de Detecção do Método-LDM foram completados com valores calculados, segundo Helsel (2005[5]); (ii) poços com análise química com menos de 50% da informação dos íons principais, foram excluídos.

Após esse procedimento estabeleceu-se uma base de dados contendo 120 (cento e vinte) poços tubulares consistidos, organizados em tabelas e especializados no mapa de domínios hidrogeológicos compartimentados (Figura 2).

Para cada domínio hidrogeológico definido seus dados foram tratados em planilhas do *Excel* e transferidos para o programa *Qualigraf* (2009[6]), onde se processou os gráficos de Piper, Stiff e STD, que subsidiaram a classificação da qualidade química das águas subterrâneas através a concentração relativa dos íons principais Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+} , CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , SO_4^{-2} , Cl^{-} e parâmetros secundários como Fe^{+2} , NO_3^{-} , propiciando a identificação dos processos envolvidos na evolução natural hidroquímica no meio aquífero (CUSTODIO e LLHAMAS, 1985[7]) (Quadro 1) e indicando sua potabilidade.



Quadro 1. Evolução hidroquímica das águas.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 – Tipos Hidroquímicos e Qualidade das Águas dos Domínios Hidrogeológicos

3.1.1 – Do Embasamento Cristalino

Após o processamento de dados químicos de 33 (trinta e três) poços para este domínio, os resultados apresentados no diagrama de Piper, mostram que cerca da metade das amostras são sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas e a outra metade são sulfatadas ou cloretadas sódicas, denotando que estão em plena evolução no aquífero (Figura 3). Apenas uma amostra é bicarbonatada cálcica ou magnesiana, evidenciando, possivelmente, a influência da pluviosidade local ou influência da composição do aquífero.

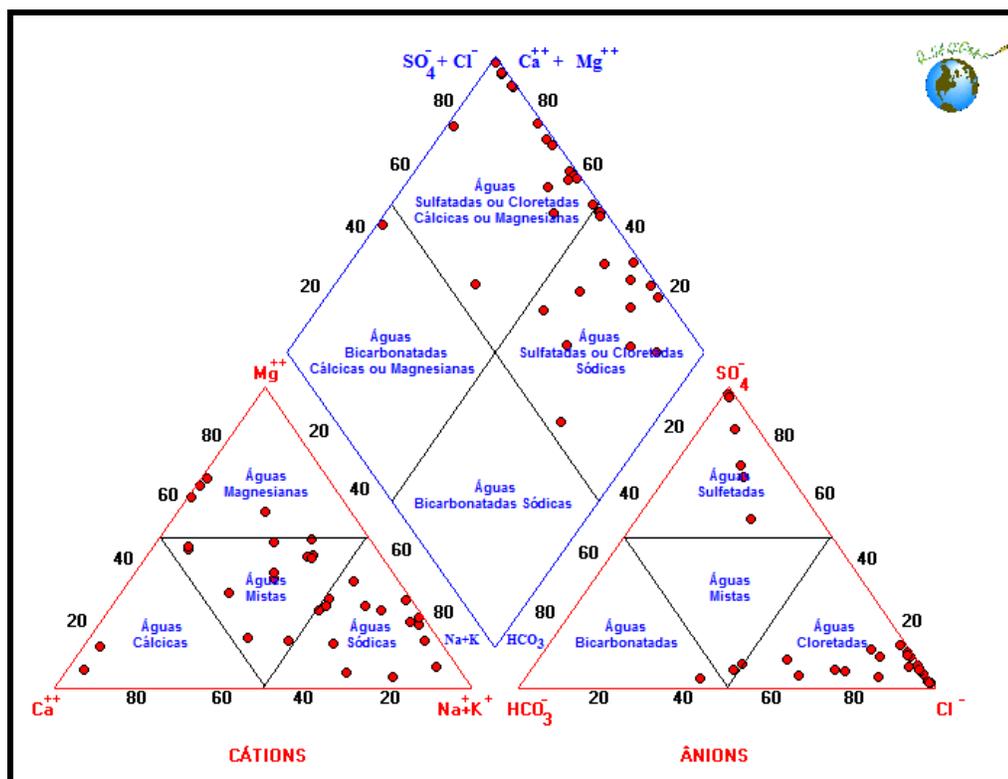


Figura 3. Diagrama de Piper para o Domínio do Embasamento Cristalino.

Tomando-se como referência o STD verifica-se que apenas 57,6% apresentam índice de salinização dentro dos padrões de potabilidade para uso humano (água doce), ficando os demais casos na dependência de processos de dessalinização para sua utilização (Figura 4).

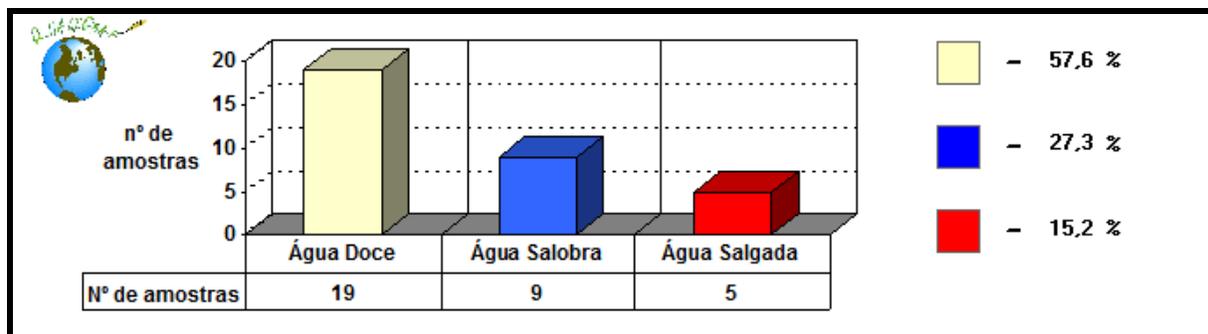


Figura 4. Salinidade das águas baseada em STD para o Domínio do Embasamento Cristalino.

No domínio do Embasamento cristalino localizam-se as áreas de maior carência hídrica e maior índice de aridez do Estado de Sergipe, decorrente exatamente da baixa capacidade de armazenamento das rochas, baixo índice pluviométrico e do elevado índice de evaporação. Tendo-se como resultado deste quadro, além da baixa capacidade de produção dos poços um elevado índice de salinidade de suas águas.

3.1.2 – Dos Metassedimentos e Metavulcânicas

Os resultados apresentados no diagrama de Piper para os 23 (vinte e três) poços neste domínio mostram, assim como, no domínio do embasamento cristalino, que cerca da metade das amostras são sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas a outra metade são sulfatadas ou cloretadas sódicas, denotando que estão em plena evolução no aquífero e três amostras são águas bicarbonatadas sódicas, mostrando-se já no final da sua evolução hidroquímica dentro do aquífero. Apenas uma amostra é bicarbonatada cálcica ou magnesiana, evidenciando, possivelmente, a influência da pluviosidade no local da amostragem ou influência da composição do aquífero neste domínio (Figura 5).

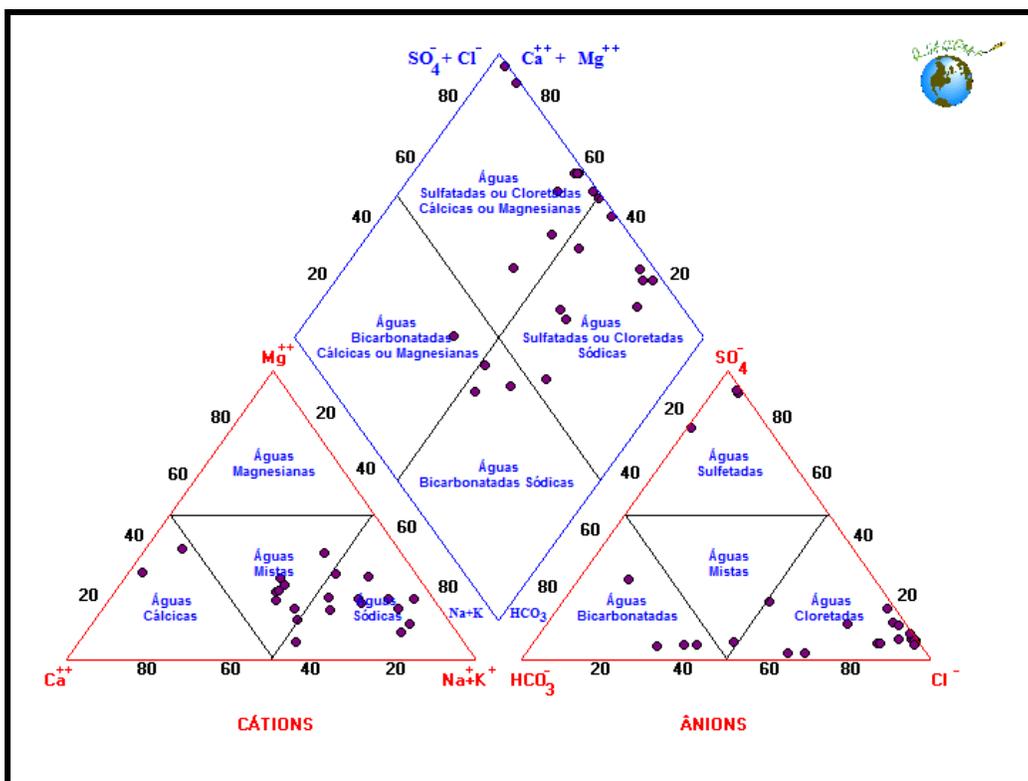


Figura 5. Diagrama de Piper para o Domínio dos Metassedimentos e Metavulcânicas.

Tomando-se como referência o STD verifica-se que 60,9% apresentam índice de salinização dentro dos padrões de potabilidade para uso humano (Figura 6).

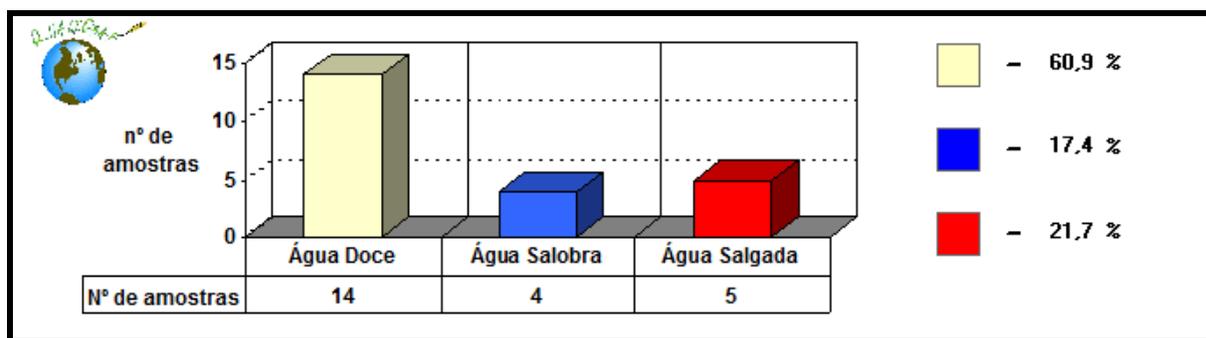


Figura 6. Salinidade das águas baseada em STD para o Domínio dos Metassedimentos e Metavulcânicas.

3.1.3 – Das Bacias Sedimentares

O Domínio das Bacias Sedimentares está subdividido por subdomínios hidrogeológicos, aqui representados pelas Bacias do Tucano, Sergipe/Alagoas e Bacia do Rio Do Peixe, perfazendo um total de 25 poços de referência para análise. Serão apresentados os resultados representados por cada subdomínio.

3.1.3.1 – Subdomínio Bacia do Tucano

Como resultado do processamento de 2 (dois) poços representativos para este subdomínio, tem-se a classificação através do diagrama de Piper de uma amostra sulfatada ou cloretada cálcica ou magnésiana e uma amostra sulfatada ou cloretada sódica denotando que estão em plena evolução no aquífero (Figura 7).

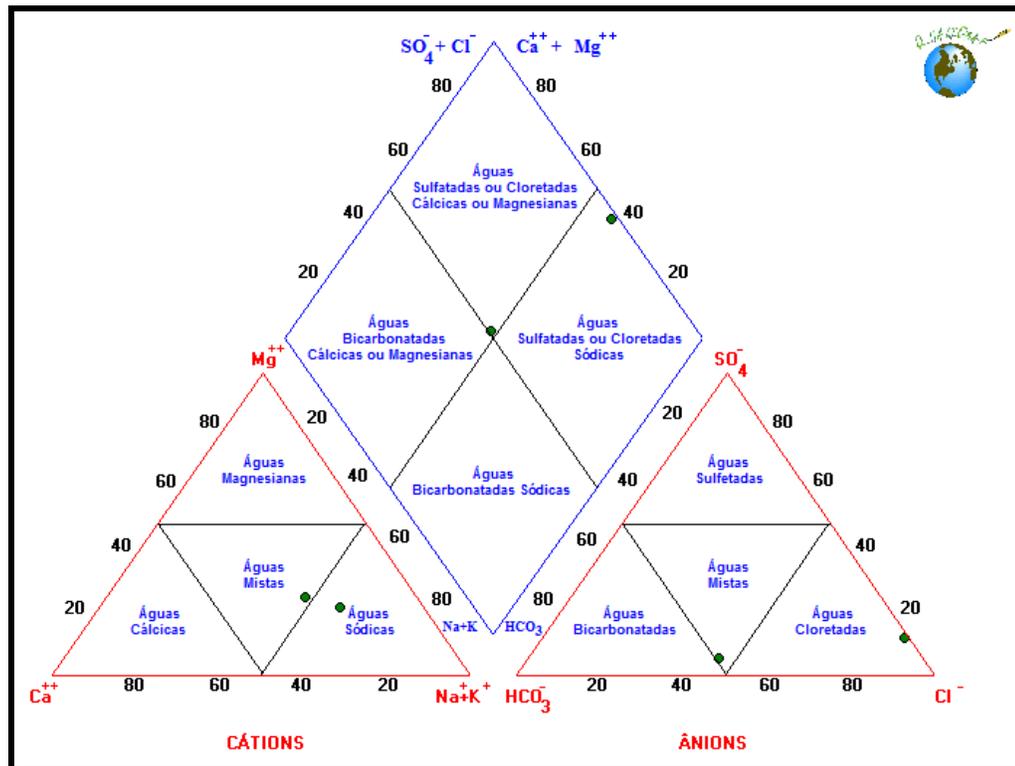


Figura 7. Diagrama de Piper para o Subdomínio da Bacia do Tucano.

A Bacia de Tucano insere-se em faixas de isoietas abaixo dos 600 mm/anuais as demais bacias situam-se, predominantemente, em faixas de isoietas acima de 800 mm/ano. Tomando-se como referência o STD verifica-se que 50 % das amostras apresentam índice de salinização dentro dos padrões de potabilidade para uso humano (Figura 8).

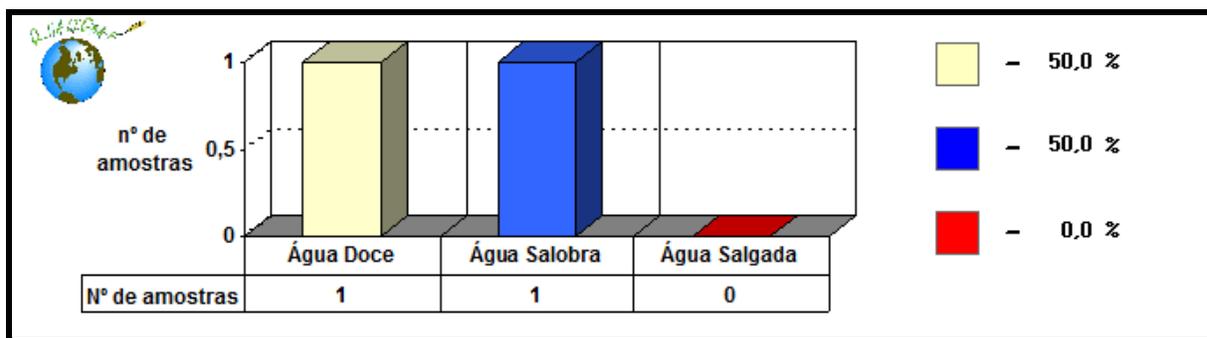


Figura 8. Salinidade das águas baseada em STD para o Subdomínio Bacia do Tucano.

3.1.3.2 – Subdomínio Bacia de Sergipe/Alagoas

Como resultado da análise de 12 poços a classificação das águas deste subdomínio, segundo Piper, mostra que 8 (oito) amostras são sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas, 3 (três) amostras são sulfatadas ou cloretadas sódicas, denotando que estão em plena evolução no aquífero, e apenas 1 (uma) amostra é bicarbonatada cálcica, refletindo a influência da pluviosidade.

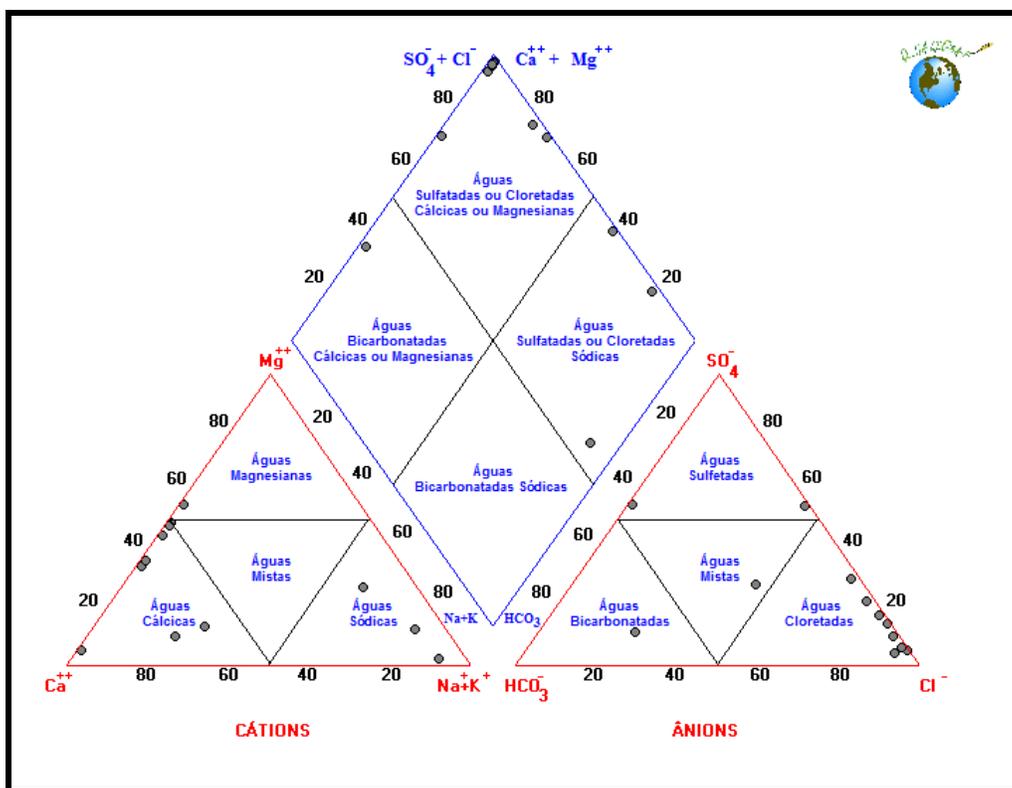


Figura 9. Diagrama de Piper para o Subdomínio da Bacia de Sergipe/Alagoas.

Tomando-se como referência o STD verifica-se que 66,7% apresentam índice de salinização dentro dos padrões de potabilidade para uso humano (Figura 10).

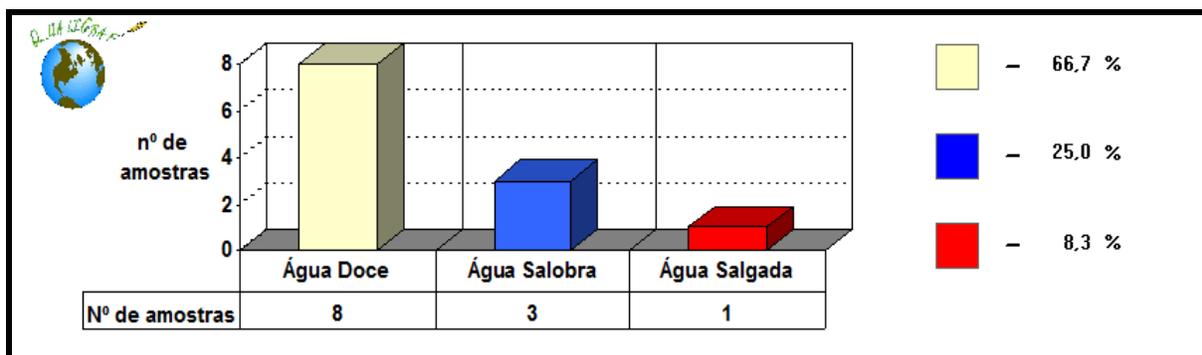


Figura 10. Salinidade das águas baseada em STD para o Subdomínio Bacia de Sergipe/Alagoas.

3.1.3.2 – Subdomínio Bacia Rio do Peixe

Após a análise das águas de 11 (onze) poços, a classificação de Piper para este subdomínio, indica quase 50% das amostras como de águas sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas e os outros 50% são de águas sulfatadas ou cloretadas sódicas, denotando que estão em plena evolução no aquífero. Apenas uma amostra é bicarbonatada cálcica ou magnesiana mostrando, evidenciando, possivelmente, influência da pluviosidade ou influência da composição do aquífero neste domínio (Figura 11).

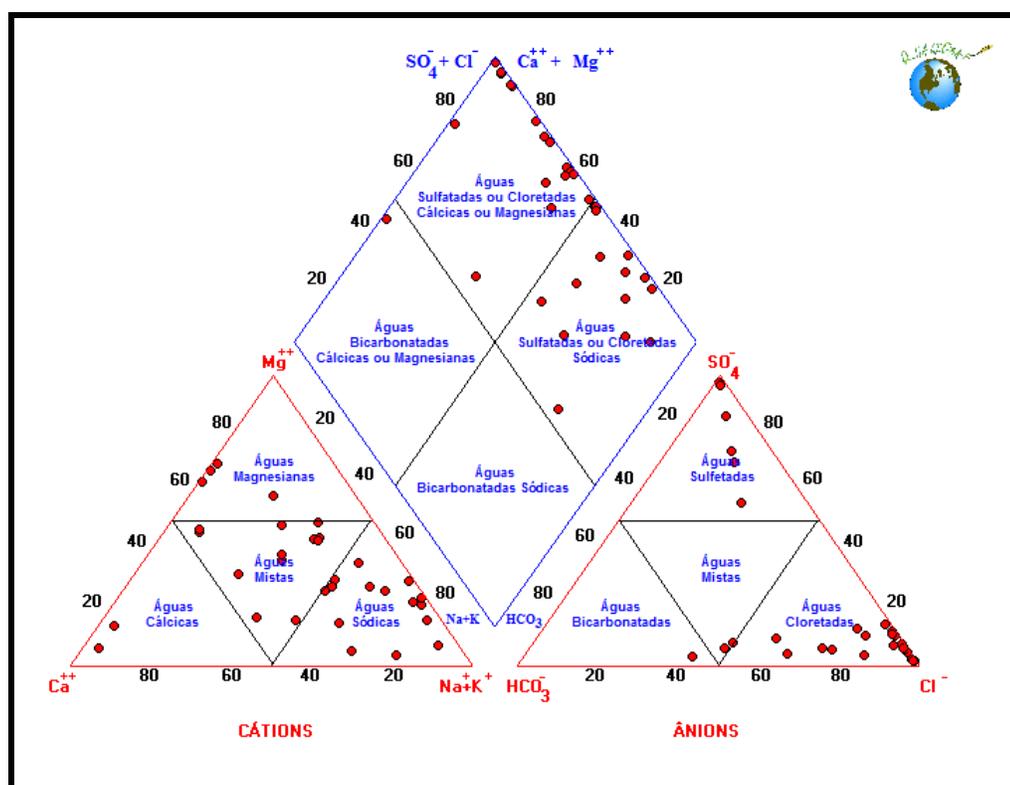


Figura 11. Diagrama de Piper para o Subdomínio da Bacia Rio do Peixe.

Tomando-se como referência o STD verifica-se que 81,8% apresentam índice de salinização dentro dos padrões de potabilidade para uso humano (Figura 12).

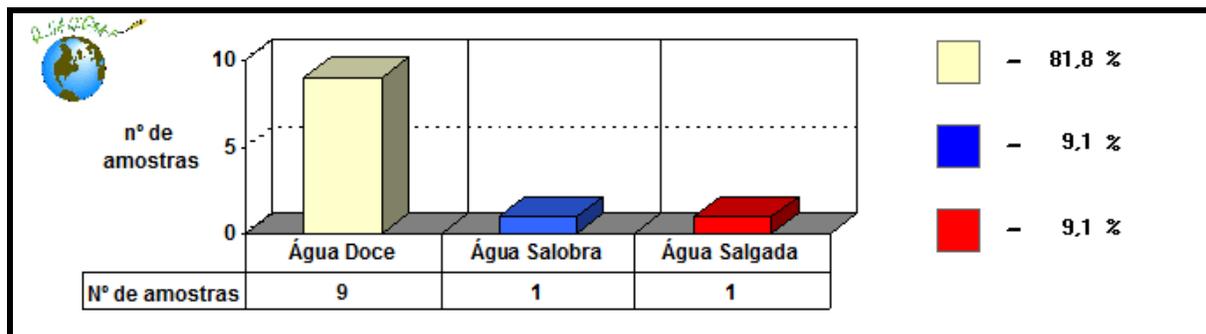


Figura 12. Salinidade das águas baseada em STD para o Subdomínio Bacia do Rio do Peixe.

3.1.3 – Das Coberturas Detríticas

Utilizando a classificação de Piper para este domínio, indica que da análise de 35 (trinta e cinco) poços, em 33 (trinta e três) poços as águas amostradas são sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas, denotando que estão em plena evolução no aquífero, e apenas 2 (duas) amostras são bicarbonatadas cálcica, mostrando certamente a influência da pluviosidade neste domínio (Figura 13).

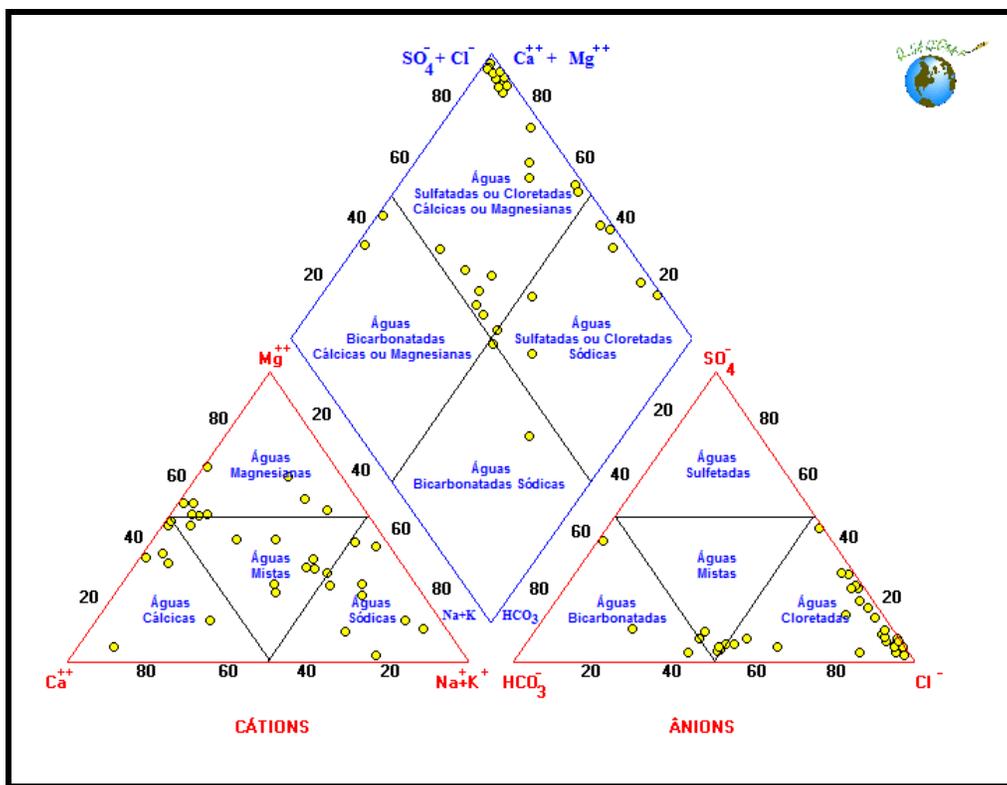


Figura 13. Diagrama de Piper para o Domínio das Coberturas Detríticas.

Tomando-se como referência o STD verifica-se que 68,6% das amostras apresentam índice de salinização dentro dos padrões de potabilidade para uso humano (Figura 14).

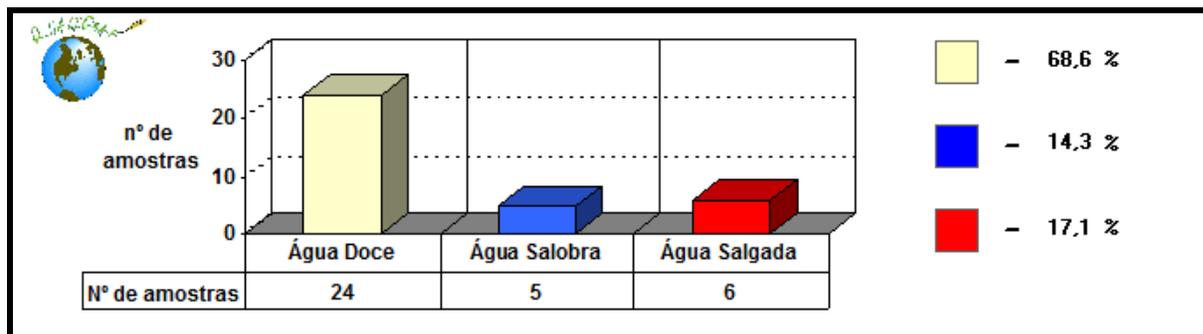


Figura 14. Salinidade das águas baseada em STD para o Subdomínio Bacia do Rio do Peixe.

Quanto aos tipos hidroquímicos as águas subterrâneas do Estado de Sergipe estão divididas entre 50% de águas sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas e 50% águas sulfatadas ou cloretadas sódicas (Figura 15).

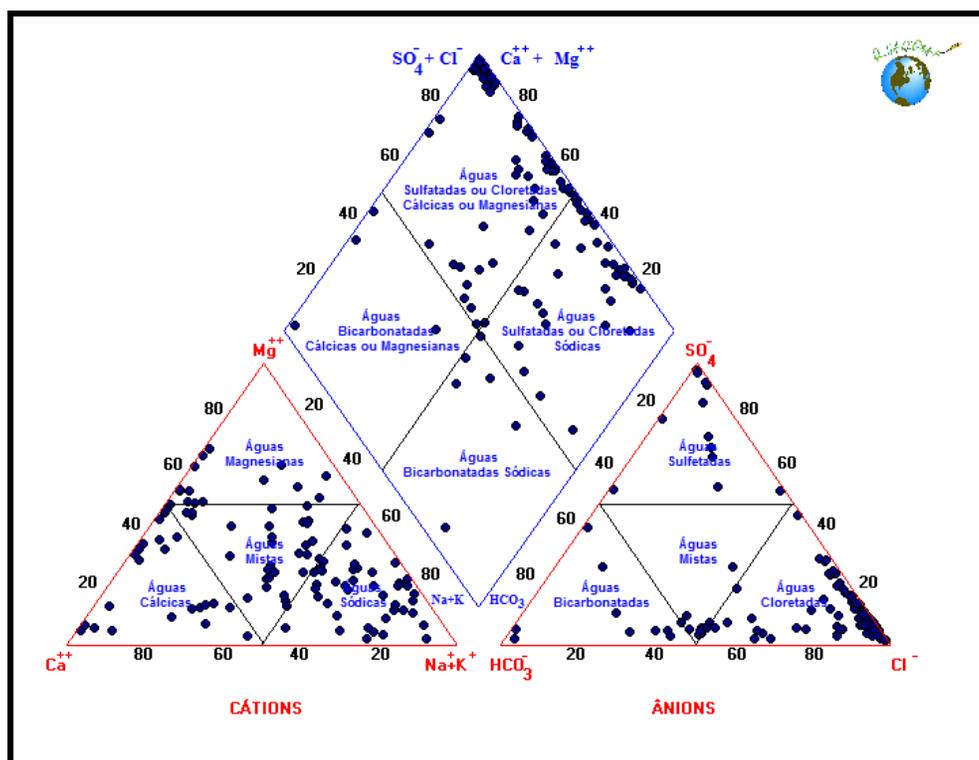


Figura 15. Diagrama de Piper para as águas subterrâneas do Estado de Sergipe.

Quanto às representações dos diagramas de Stiff em cada domínio hidrogeológico do Estado de Sergipe, pode-se observar que o enriquecimento das águas em material dissolvido se coaduna

com a composição química dos reservatórios, onde as águas, originárias dos aquíferos sedimentares, são mais pobres em sais do que as águas dos aquíferos metassedimentares e cristalinos. Observe-se, também, através dos diagramas de Stiff que o fluxo das águas subterrâneas no Estado segue preferencialmente de oeste para leste (Figura 16).

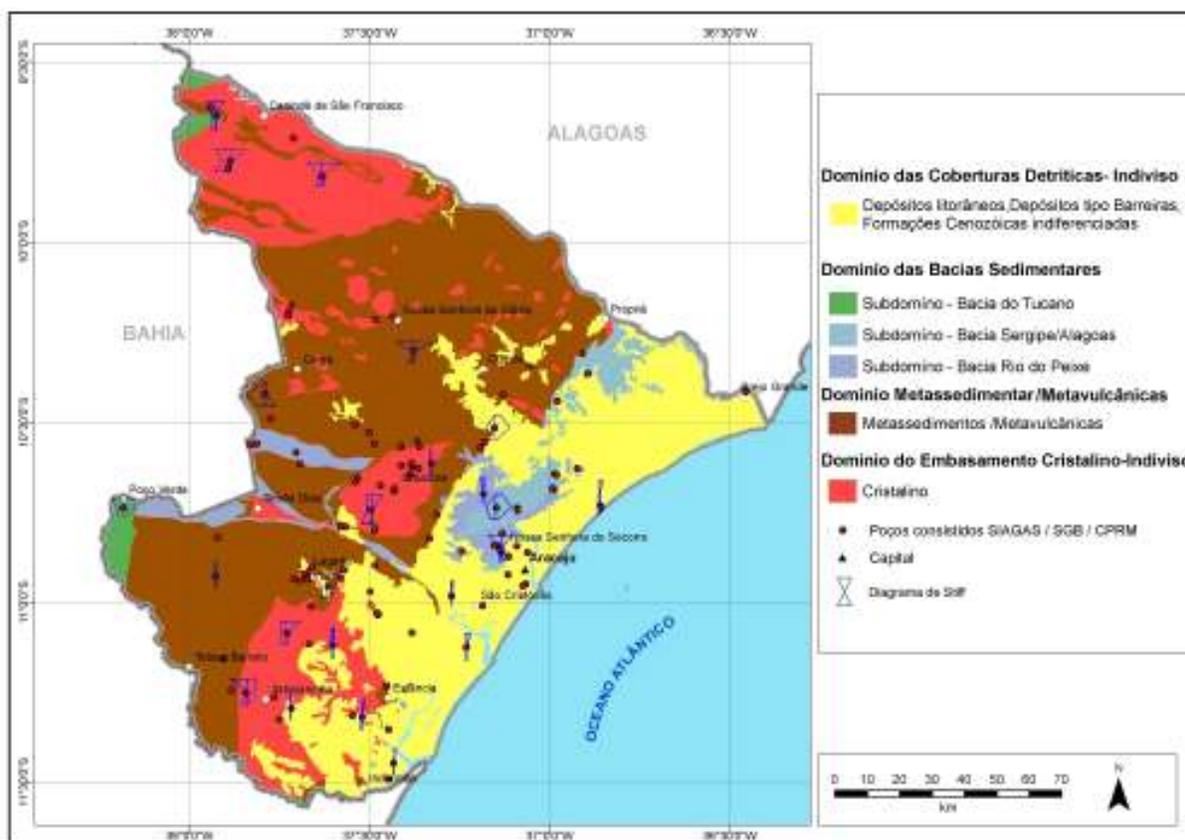


Figura 16. Mapa Preliminar dos Domínios Hidrogeológicos do Estado de Sergipe e Tipos Hidroquímicos das Águas Subterrâneas.

4- CONCLUSÕES

No Domínio do Embasamento Cristalino os dados mostram que é marcante a influência da pluviosidade devido aos 57,6 % de águas doces neste domínio.

Nos Domínios das Bacias sedimentares e Coberturas Detriticas nota-se facilmente a influência climática, refletida na boa qualidade química de suas águas ocasionada pelo volume das precipitações, apresentando percentuais de água de boa qualidade entre 50% e 68%.

Entre os domínios dos Metassedimentos/Metavulcânicas e Bacias Sedimentares, em decorrência das características litológicas, não se verificam grandes influências climáticas na composição química de suas águas, apresentando-se normalmente de boa qualidade. O domínio das Coberturas Detriticas é um bom armazenar de água. Geralmente, são de espessuras reduzidas, por

isso são bastante utilizados em captações do tipo artesanais como cacimbas, poços amazonas, poços ponteiros, poços com drenos radiais, trincheiras filtrantes, barragens subterrâneas e outras mecanismos.

A distribuição e configuração dos diagramas de Stiff mostram que as chuvas no Estado de Sergipe progridam de oeste para leste.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea**. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1976, v. 2, 1157 p.

GUERRA, A. M. e NEGRÃO F. I. Domínios Hidrogeológicos do Estado da Bahia. **In: IX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Salvador, Bahia. 1996.

HELSEL, D. R. **Non detects and data analysis: Statistics for censored environmental data**. New York: Wiley, 2005. 250 p.

MOBUS, G. **Programa para Análise da Qualidade da Água – QUALIGRAF**. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/software/qualigraf>. Acesso em 20 de fevereiro de 2014.

PIPER, A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. **American Geophysics Union**. 1944, v. 25, pp 914 – 923.

STIFF, H. A. Jr. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. **Journal Petroleum Technology**. 1951, v. 3, n. 10, pp15 – 17.

SANTOS, R. A. et al. (Org.). **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe: texto explicativo do mapa geológico do Estado de Sergipe**. Brasília: CPRM, 1997. 156p. Escala 1:250.000. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Convênio CPRM/CODISE.