



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
GEOLOGIA AMBIENTAL, HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

HIDROGEOQUÍMICA DO AQUÍFERO FISSURAL DO
MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO COITÉ, BAHIA, BRASIL

AMANDA DE MACÊDO PEIXOTO

SALVADOR

2019

**HIDROGEOQUÍMICA DO AQUÍFERO FISSURAL DO
MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO COITÉ, BAHIA, BRASIL**

Amanda de Macêdo Peixoto

Orientador: Prof. Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Geologia Ambiental, Hidrologia e Recursos Hídricos.

SALVADOR

2019

Peixoto, Amanda de Macêdo

Hidroggeoquímica do Aquífero Fissural do Município de Conceição do Coité, Bahia, Brasil

Amanda de Macedo Peixoto – Salvador, 2019.

49f : il

Orientador: Manoel Jerônimo Moreira Cruz

Dissertação (Mestrado – Pós-Graduação em Geologia) – Universidade Federal da Bahia,
Instituto de Geociências, 2019.

1. Aquífero fissural. 2. Hidroggeoquímica. 3. Sertão baiano. 4. Uso para irrigação. 5. Gestão dos recursos hídricos. I. Cruz, Manoel Jerônimo Moreira. II. Título.

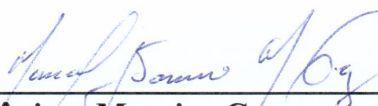
AMANDA DE MACÊDO PEIXOTO

HIDROGEOQUÍMICA DO AQUÍFERO FISSURAL DO

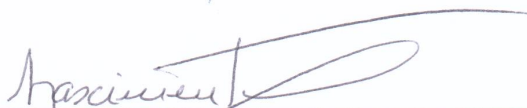
MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO COITÉ, BAHIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em Geologia na área de concentração em Geologia Ambiental, Hidrologia e Recursos Hídricos em 19/12/2019.

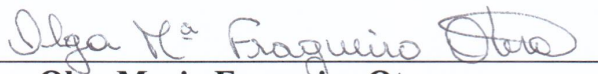
DISSERTAÇÃO APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:



Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz
Orientador – PPPGG/UFBA



Dr. Sérgio Augusto Nascimento
Examinador Interno – PPGeo/UFBA



Dra. Olga Maria Fraguero Otero
Examinador Externo

Salvador – BA
2019

À minha família, com muito carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, ao meu pai e ao meu irmão pelo incentivo e apoio para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador professor Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz, pela orientação, paciência, puxão de orelha e empenho para a realização deste trabalho.

Ao meu esposo, Rafael do Vale, pela paciência, cuidado, admiração, amor e por me dar forças nos momentos que mais precisei.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Geologia (IGEO/UFBA).

As amigas Marília Gabriela e Lais Matos, pela disponibilidade de estar com meu filho nos momentos de idas à UFBA ou quando estava escrevendo.

Ao técnico Elinaldo Sales, pela fundamental ajuda durante as atividades de campo.

A POSPETRO/NEA, especialmente Jorge Mario e Sarah Rocha.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Geoquímica das Interfaces, pelas discussões e acréscimos neste trabalho.

Ao funcionário Sr. Dé, da Secretaria de Agricultura do Município de Conceição do Coité, pela disponibilidade em campo, sem ele a distribuição dos poços não seria exata.

A CAPES, pela bolsa de estudo.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para que este trabalho pudesse ser realizado.

RESUMO

O município de Conceição do Coité, Bahia, é caracterizado por baixa intensidade pluviométrica e elevadas taxas de evapotranspiração, portanto a água subterrânea torna-se uma opção importante para desenvolvimento de atividades antrópicas, que permitem explorações para uso doméstico, irrigação, entre outros. Este trabalho objetiva caracterizar a hidrogeoquímica das águas subterrâneas de Conceição do Coité, identificando os principais constituintes químicos presentes avaliando a qualidade destas águas para fins de irrigação e para uma análise da evolução química e temporal. Foram tratados dados analíticos oriundos de 36 poços tubulares arquivados no banco de dados CERB em 2006 e 22 poços obtidos no ano de 2018. Para a classificação do tipo de água, foi utilizado o diagrama triangular de Piper, onde as relações químicas obtidas permitiram classificar as águas como cloretadas sódicas. Na avaliação desse recurso para consumo humano, conclui-se que são indevidas para potabilidade, porém, para essa confirmação, são necessárias análises bacteriológicas. No diagnóstico da água para irrigação, foram usados o diagrama de SAR (Razão de Adsorção de Sódio) e classificação de Ayers & Westcot. Para a espacialização dos resultados, foram confeccionados mapas temáticos das variáveis, sendo utilizada a *krigeagem* como interpolador para indicar áreas que possuem águas subterrâneas possíveis de serem utilizadas. Concluiu-se que as concentrações elevadas de sais, podem ocasionar a salinização e a sodificação dos solos e conseqüentemente deterioração de algumas culturas. Comparando os parâmetros analisados com os padrões de uso para irrigação, observou-se precariedade que inviabilizam a sua utilização em mais de 70% dos poços analisados.

Palavras-chave: hidrogeoquímica; Conceição do Coité; salinização.

ABSTRACT

The municipality of Conceição do Coité, Bahia, is characterized by low rainfall and high evapotranspiration rates, so groundwater becomes an important option for the development of anthropic activities, which allow domestic exploitation, irrigation, among others. This objective work characterizes the hydrogeochemistry of the groundwater of Conceição do Coité, identifying the main chemical constituents present in the quality of these waters for the irrigation fins and an analysis of the chemical and temporal evolution. Analytical data from 36 tubular wells filed in the CERB database in 2006 and 22 wells obtained in 2018 were provided. For the classification of the water type, the Piper triangular diagram was used, where the obtained chemical relations allowed to classify the waters as sodium chloride. In the evaluation of this resource for human consumption, it is concluded that they are improper for potability, however, for this confirmation, bacteriological analyzes are necessary. For irrigation water diagnosis, the SAR (Sodium Adsorption Ratio) diagram and Ayers & Westcot classification were used. For the spatialization of the results, thematic maps of the variables were made, using krigagem as an interpolator to indicate areas that have groundwater that can be used. It was concluded that high salt concentrations may cause salinization and sodification of the soil and consequently deterioration of some crops. Comparing the analyzed parameters with the irrigation use patterns, it was observed precariousness that make their use in more than 70% of the analyzed wells unfeasible.

Keywords: hydrogeochemistry; Conceição do Coité; salinization.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL.....	10
CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1: CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E TEMPORAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO CONCEIÇÃO DO COITÉ, BAHIA, NORDESTE DO BRASIL.....	20
CAPÍTULO 3 – CONCLUSÕES.....	41
APÊNDICE A – ANÁLISES HIDROQUÍMICAS REALIZADAS POR PEIXOTO (2018), NOS POÇOS DO MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO COITÉ, BAHIA (MÊS DE JANEIRO).....	43
APÊNDICE B – ANÁLISES HIDROQUÍMICAS ENCONTRADAS NO BANCO DE DADOS CERB (2006).....	44
ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	45
ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO.....	48

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

A água é um elemento essencial para funcionamento dos ecossistemas e da vida, como a formação e dinâmica dos solos e clima. É indispensável para o processo metabólico de todas as formas de vida e tem uma infinidade de usos, direto ou indireto, em tudo que a humanidade utiliza e produz. De toda a água existente no planeta Terra, somente 2,7% é água doce e cerca de 30% dessa água que está disponível para uso da humanidade (Rebouças *et al.* 1999), está na forma de água subterrânea, tornando-se então, uma grande reserva estratégica de água do Planeta.

No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação, abastecimento, fins industriais, geração de energia, mineração, navegação, turismo e lazer (ANA, 2019). Essas utilizações alteram as condições naturais da água, seja ela superficial ou subterrânea.

A demanda de recursos hídricos na região do sertão baiano tem crescido de forma exponencial nas últimas décadas, devido ao crescimento urbano e no uso agrícola. A má gestão dos recursos hídricos superficiais vem prejudicando a potabilidade da água, infringindo contaminações principalmente por fontes antropogênicas (Hirata, 2003), degradando suas características para consumo humano e animal. Uma das alternativas para suprir a demanda de água de boa qualidade é a utilização dos recursos hídricos subterrâneos.

O município de Conceição do Coité, localizado na região Nordeste do Estado da Bahia, limitando-se com os municípios de Serrinha, Ichu, Riachão do Jacuípe,

Retirolândia, Valente, Santaluz e Araci. A área municipal é de 1.015,252 km² (IBGE, 2010) e abrigando uma população de 62.040 habitantes (IBGE, op. cit.), em torno de 61,1 hab/km². O acesso a partir de Salvador é efetuado pelas rodovias pavimentadas BR-324, BR-116 e BA-409, num percurso total de 210 km (Figura 1). Sua principal atividade econômica é o cultivo do sisal para o beneficiamento de fibra e fabricação de mantas, fios e cordas de sisal. Destaca-se também, como agricultura de subsistência, a produção da mandioca, feijão e milho; a pecuária, pela criação de bovinos, equinos, caprinos, ovinos e aves; e no setor industrial, com fábricas de cordas sintéticas, calçados, bebidas, confecções, entre outros.

Segundo a classificação de KOPPEN, o clima da região é do tipo BSh, quente e seco com chuvas mal distribuídas, raras e concentradas entre os períodos de novembro a abril e precipitação pluviométrica média anual de 585m³ com altas taxas de evaporação. Para o cultivo na agricultura faz-se necessário o uso direto de água, onde o clima se torna um fator importante responsável pela recarga hídrica, influenciando fortemente nas concentrações das águas superficiais e subterrâneas (Almeida, 2012).

Conceição do Coité está inserido no semiárido do Nordeste, com temperatura média de 22.3°C. Inserido no Polígono das Secas no Brasil, onde o regime pluviométrico é marcado por extrema irregularidade de chuvas, constituindo uma forte barreira ao desenvolvimento socioeconômico e à subsistência da população. Rios e riachos intermitentes, como o rio Jacuípe, riacho Tocó e riacho das Pedras (CEI, 1994), constituem as reservas hídricas superficiais existentes no município, além de reservas como açudes e aguadas públicos e particulares existentes. As drenagens do município

que ocorrem em sua porção sul correm para a bacia do rio Paraguaçu, enquanto que na área norte as drenagens pertencem à bacia do rio Itapicuru (CPRM, 2005).

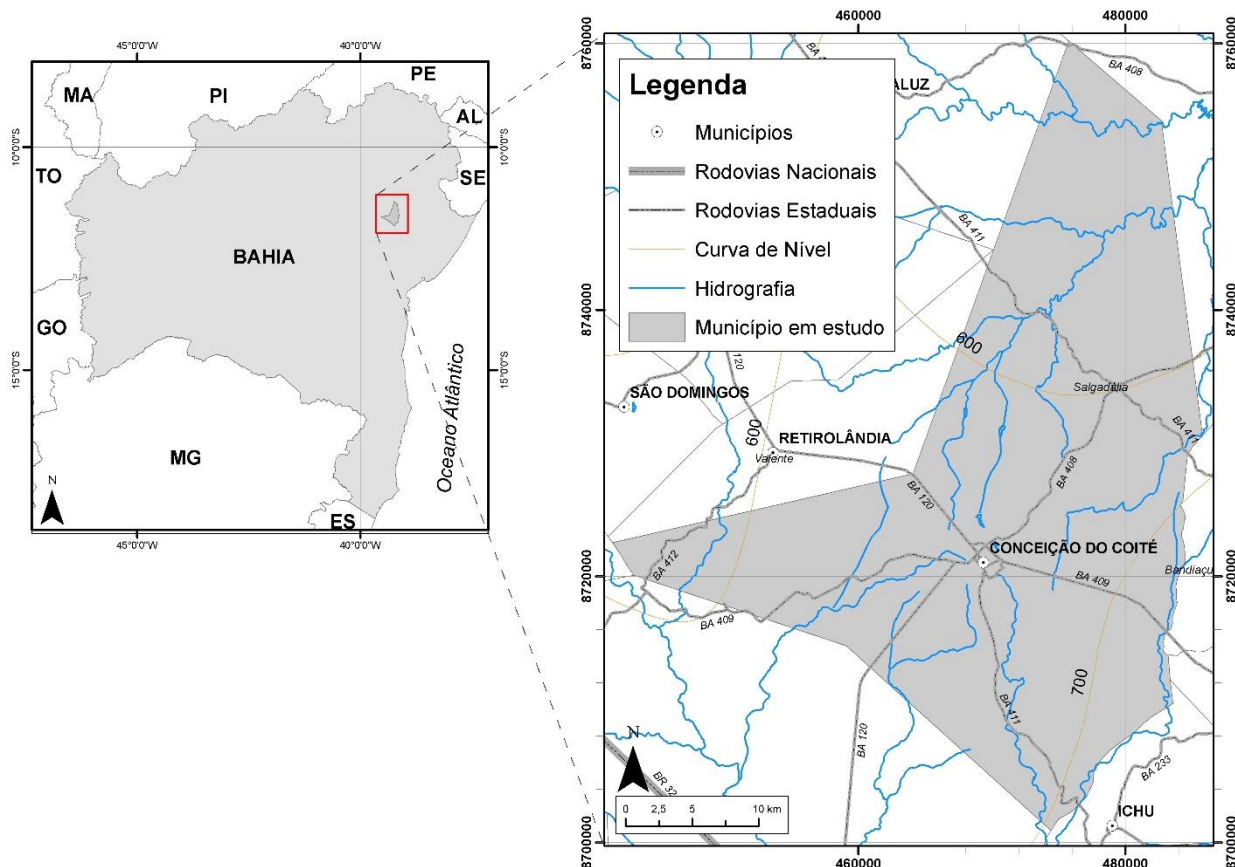


Figura 1 – Situação da área de pesquisa no estado da Bahia, município Conceição do Coité-Bahia (Adaptado de IBGE, 2008).

Devido ao clima semiárido, ao seu pequeno aporte hídrico, a falta de uma descarga de fundo e ao tipo de bacias hidráulicas rasas e largas em que foram erguidos, os mananciais encontram-se frequentemente salinizados. A água da chuva armazenada no solo é evaporada, havendo um acúmulo de sais na superfície. Assim, a água superficial tende a ficar salinizada, logo, a água subterrânea tornou-se uma alternativa para o abastecimento de pequenas comunidades da região, sobretudo propriedades rurais, no uso na agricultura e na pecuária tornando-se uma reserva estratégica para períodos de prolongadas estiagens.

O aquífero local é constituído por rochas distintas e heterogêneas, com variáveis concentrações de elementos químicos. Os domínios geológicos de Conceição do Coité são constituídos essencialmente de rochas cristalinas pertencentes aos complexos Caraíba e Santa Luz, além de representantes do greenstone belt do Rio Itapirucu, granitóides sin a tectônicos e corpos graníticos (CPRM, 2005). Na porção nordeste do município ocorre uma estrutura anticlinal, o domo de Teofilândia, representado por granodiorito e tonalito em parte gnaissificados, litotipos das unidades sedimentar e vulcânica máfica e granitóides representados por monzogranitos e sienogranito (CPRM, op. cit). Ocorre ainda tonalito, granodiorito e diorito, em parte gnaissificados e calcialcalinos de alto K (CPRM, op. cit).

O complexo Caraíba define uma associação de rochas migmatizadas e metamorfizadas em alto grau. É frequente a presença de feições migmatíticas, tais como estruturas schlieren, nebulítica e schöllen, cujas fases leucossomáticas são sienogranítica e monzogranítica (Kosin *et al.* 2003). Já o complexo Santa Luz é o conjunto gnáissico-granítico-migmatítico. Exibem geralmente estrutura estromática, apresentando localmente partes mais mobilizadas, com estruturas nebulíticas e schlieren (CPRM, 2005).

Os poços selecionados estão dispostos por todo o município, situados em dois domínios hidrogeológicos: metassedimentos/metavulcanitos e rochas cristalinas (CPRM, op. cit) (Figura 2). Os aquíferos localizados em rochas cristalinas, apresentam-se um comportamento fissural ou fraturado. Em geral estes aquíferos têm produtividade baixa, mas ainda assim, quando localizados em regiões carentes de recursos hídricos, têm uma função estratégica muito importante no abastecimento público (ANA, 2019).

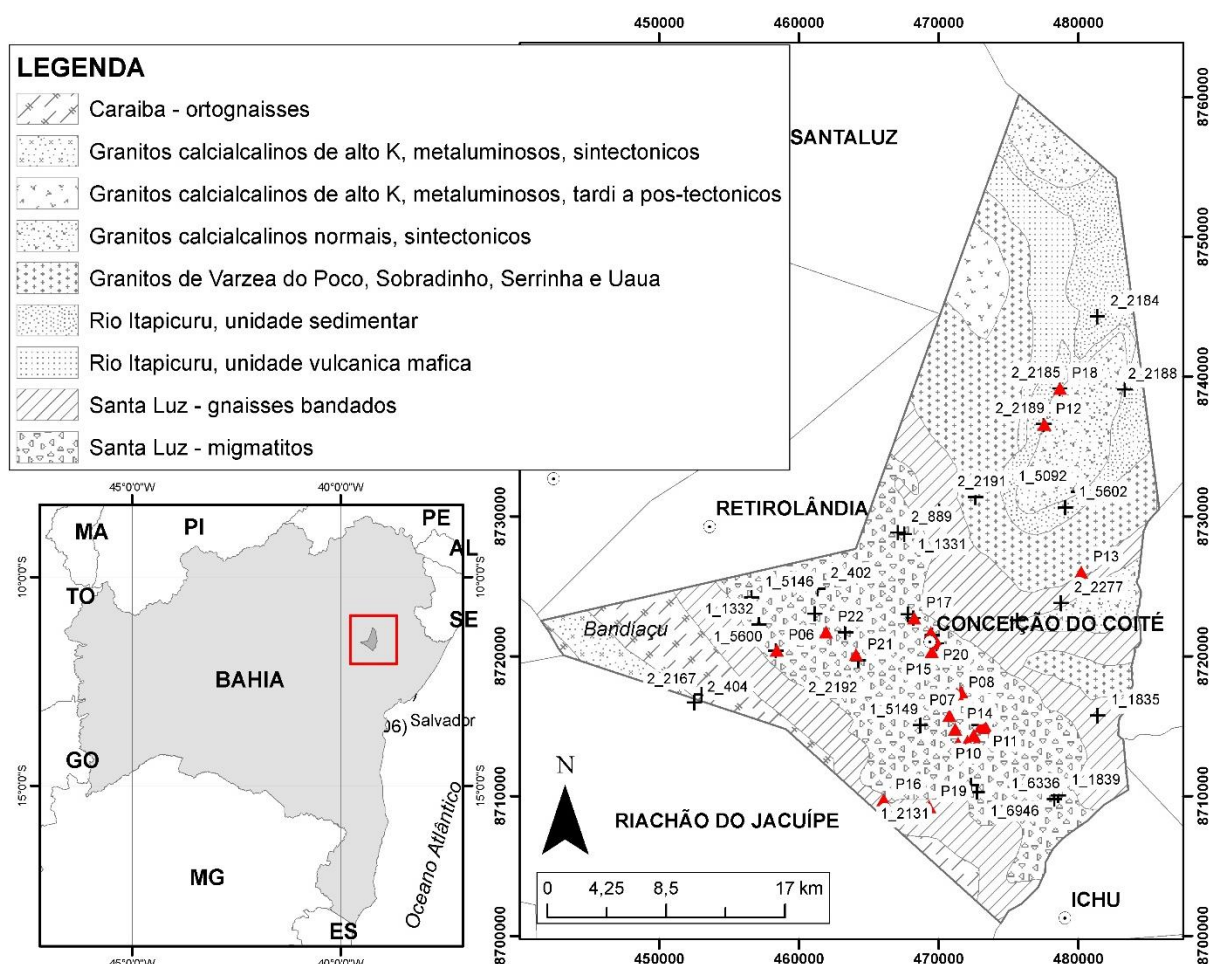


Figura 2 – Síntese da geologia e localização dos poços selecionados dispostos no município Conceição do Coité, Bahia (apud Dalton de Souza et al. 2003).

A recarga e acúmulo da água nas aberturas das rochas ocasionam a dissolução de elementos que as constituem, contaminando geogenicamente através do aporte de elementos e compostos, comprometendo a pureza da água subterrânea. Apesar de geralmente águas subterrâneas apresentarem excelentes qualidades químicas e físicas, diversos fatores podem interferir na característica hidrogeoquímica de um aquífero, alterando a qualidade destas águas.

A qualidade das águas amostradas nessa pesquisa foi analisada baseando-se nos padrões para potabilidade e para irrigação proposto pela Portaria 2.914/2011 do

Ministério da Saúde do Brasil (Tabela 1) e por Ayers & Westcot (1994) (Tabela 2), respectivamente.

Parâmetro (unidade)	Valores máximos na área de estudo	VMP pela Portaria 2.914/2011 MS	Outros padrões
STD (mg/l)	15600	1000	
C.E. (uS/cm)	25200	-	750 uS/cm (Mendes & Oliveira, 2004)
pH	9,45	-	6,0 – 9,0 (Resolução CONAMA 357/2005)
Cloreto (mg/l)	8437,3	250	-
Sulfato (mg/l)	165,5	250	-
Sódio (mg/l)	1683,6	200	-
Nitrato (mg/l)	165,8	10	-
Ferro total (mg/l)	<0,1	0,3	-
Manganês (mg/l)	0,9	0,1	-
Alumínio (mg/l)	<0,1	0,2	-
Zinco (mg/l)	0,46	5,0	-
Cobre (mg/l)	0,17	2,0	-
Chumbo (mg/l)	<0,1	0,01	-
Bário (mg/l)	1,38	0,7	-

Tabela 1 – Qualidade da água para fins de potabilidade (Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde do Brasil).

Efeito considerado	Variáveis	Classes de restrição de uso para irrigação		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Salinidade	CE (μ S/cm)	<700	700 – 3000	>3000
	STD (mg/L)	<450	450 – 2000	>2000
	Na (meq/L)			
Toxidez de íon específico	Irrigação por superfície	<3,0	3,0 – 9,0	>9,0
	Irrigação por aspersão	<3,0	>3,0	-
	Cl ⁻ (meq/L)			
	Irrigação por superfície	<4,0	4,0 – 10,0	>10,0
Outros efeitos	Irrigação por aspersão	<3,0	>3,0	-
	HCO ₃ (meq/L)	<1,5	1,5 – 8,5	>8,5
	pH	Faixa normal 6,5 – 8,4		

Tabela 2 – Qualidade da água para fins de irrigação (Ayers & Westcot, 1994).

Algumas concentrações de metais e de parâmetros físico-químicos se apresentaram alteradas e acima do valor máximo permitido. Sendo assim, é possível evidenciar fatores de risco para a saúde da população que reside na região e para o solo e às culturas, como salinidade e toxidez às plantas cultivadas.

A qualidade da água usada para irrigação está associada ao tipo e quantidade de sais presentes, seus efeitos sobre as propriedades do solo e o rendimento da espécie cultivada. As principais características físicas e químicas que determinam a qualidade da água para a agricultura são: pH, condutividade elétrica, temperatura, grau de acidez e alcalinidade, concentração em sólidos totais dissolvidos (STD), cálcio, magnésio, cloreto, sódio, potássio, nitrato, boro, carbonato, bicarbonato e sulfato.

Desta forma, faz-se necessário o seguinte questionamento: É possível dizer que a água subterrânea do município de Conceição do Coité está hábil ao consumo humano ou para a agricultura?

As águas subterrâneas desempenham um papel fundamental no abastecimento público e privado em todo o mundo e a sua gestão é de fundamental importância para evitar problemas futuros de abastecimento e contaminação do solo. Como foi amostrado anteriormente, a água subterrânea se encontra em um ambiente possivelmente mineralizado, devido a composição da rocha, e que possui diversas influências externas de contaminação, como fatores antropogênicos.

O objetivo geral desta pesquisa tem em vista a contribuição de um estudo sobre a qualidade das águas subterrâneas disponíveis e utilizáveis do município de Conceição do Coité, partindo da caracterização físico-química, hidrogeoquímica e hidrogeologia. Tendo o intuito de proporcionar uma alternativa viável para prevenção de consumo ou utilização indevida de águas contaminadas, orientando ao poder público uma gestão desses recursos hídricos. Para tal compreensão, faz-se necessário a elaboração e entendimento dos seguintes objetivos específicos:

- i. Caracterizar a hidrogeoquímica da água da região;

- ii. Classificar a água quanto a sua qualidade para agricultura;
- iii. Interpretar e avaliar as informações obtidas levando em consideração aos riscos de saúde pública e meio ambiente.

O monitoramento hidroquímico é um importante instrumento para avaliação do nível de poluição ou contaminação das águas, permitindo identificar o nível de degradação ao longo do tempo. A qualidade da água subterrânea é uma questão de saúde pública, uma vez que se torna necessário investigar as características físicas, químicas e biológicas presentes nela, verificando sua adequação ao abastecimento público e agricultura. Neste sentido, este projeto visa incrementar um estudo apropriado para uma adequada gestão dessas reservas hídricas subterrâneas, sendo de fundamental importância para garantir assim, a segurança dos seus usuários.

Sendo assim, esta pesquisa é de suma importância, pois poderá desenvolver projetos que auxiliem o poder público na gestão de recursos hídricos, no intuito de contribuir para uma investigação de contaminação sendo uma alternativa viável na prevenção das áreas com águas subterrâneas contaminadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.A.S. **Índice de qualidade de uso da água subterrânea (e-IQUAS): Uma metodologia de modelagem numérica flexível**, Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica. Salvador, BA, 2012.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Quantidade de água**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 13 de março de 2019.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Editora Rome: FAO. 1994.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente do. **Resolução no 357, de 17 de março de 2005-Conama**. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde do. **PORTARIA N.º 2914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011**. 2000. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2018.

CEI – Centro de Estatística e Informações. **Informações Básicas dos Municípios Baianos. Região Nordeste**. vol.I. Caracterização da área de estudo, Aspectos Fisiográficos. 1994.

CERB – Companhia de Engenharia Rural da Bahia. **Cadastro de Poços Tubulares do Estado da Bahia**. 2006.

CPRM – Serviço Geológico Brasileiro. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea do Estado da Bahia. Diagnóstico do Município de Conceição do Coité**. 2005.

DALTON DE SOUZA J., KOSIN M., MELO R.C., SANTOS R. A., TEIXEIRA L. R., SAMPAIO A. R., GUIMARÃES J. T., VIEIRA BENTO R., BORGES V. P., MARTINS A. A. M., ARCANJO J. B., LOUREIRO H. S. C., ANGELIM L. A. A. **Mapa geológico do Estado da Bahia – Escala 1:1.000.000**. Salvador: CPRM, 2003. Versão 1.1. Programas Carta

Geológica do Brasil ao Milionésimo e Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Convênio de Cooperação e Apoio Técnico-Científico CBPM/CPRM. 2003.

HIRATA, R. **Recursos Hídricos**. In: Teixeira, W. [et al.]. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, p. 422 – 444. 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do Censo Demográfico 2010**. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/conceicao-do-coite>. Acesso em 5 de maio de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas Plani-Altimétricas do Estado da Bahia**. Escala 1:100.000. 2008.

KOSIN M., MELO R. C., SOUZA J. D., OLIVEIRA E. P., CARVALHO M. J. & LEITE C. M. M. **Geologia do segmento norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá e guia de excursão**. Revista Brasileira de Geociências, 33(1-Suplemento):15-26. 2003.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J.F.S. **Qualidade da água para o consumo humano**, Lidel-edições técnicas, LTDA, ISBN:9789727572748. 2004.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo, Acad. Bras. Cien./IEA-USP, 1999.

CAPÍTULO 2

ARTIGO 1 – CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E TEMPORAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO CONCEIÇÃO DO COITÉ, BAHIA, NORDESTE DO BRASIL

HIDROCHEMICAL AND TEMPORAL CHARACTERIZATION OF GROUNDWATER IN CONCEIÇÃO DE COITÉ MUNICIPALITY, BAHIA, NE BRAZIL

Resumo

O clima do município de Conceição do Coité (BA) é caracterizado por baixa intensidade pluviométrica e elevadas taxas de evapotranspiração. O aquífero local do tipo fissural, está inserido em ambiente geológico de rochas de alto grau metamórfico. Sua reserva de água subterrânea torna possível o desenvolvimento de atividades antrópicas, que permitem explorações para uso doméstico, irrigação, entre outros. Foram tratados dados analíticos oriundos de 36 poços tubulares arquivados no banco de dados CERB em 2006 e 22 poços obtidos no ano de 2018, para a caracterização da qualidade destas águas para irrigação e uma análise temporal. Concluiu-se que as concentrações elevadas de sais, podem ocasionar a salinização e a sodificação dos solos e conseqüentemente deterioração de algumas culturas. As relações químicas obtidas permitiram classificar as águas como cloretadas sódicas. Comparando os parâmetros analisados com os padrões de uso para irrigação, observou-se precariedade que inviabilizam a sua utilização em mais de 70% dos poços analisados.

Palavras-chave: estudos hidroquímicos; uso para irrigação; semiárido baiano.

Abstract

The climate of Conceição de Coité municipality, Bahia State, Brazil, is affected by low rainfall and high evapotranspiration rates. The local aquifer is fissural type and is inserted in the geological environment of high grade metamorphic rocks. This groundwater reserve makes it possible to develop human activities, it is exploited mainly for domestic and irrigation use. Analytical data from 36 tubular wells filed in the CERB database in 2006 and 22 wells obtained in 2018 were treated for the characterization of the quality of these waters for irrigation and a temporal analysis. The data processing allowed concluded that salt high levels may cause the salinization and sodiumpfication of soils and consequently deterioration of agricultural activity. The chemical data qualify Sodium-chloride type water. The parameters analyzed estimate that over 70% underground waters cannot be used for irrigation.

Keywords: hydrochemical studies; use for irrigation; Bahia semi-arid.

1 Introdução

A água é fonte indispensável à vida dos organismos vivos na Terra. Suas características químicas, físicas e biológicas podem variar em função dos aspectos geogênicos da região de ocorrência ou por aspectos antropogênicos, visando a utilização em projetos de irrigação como sinônimo de desenvolvimento e prosperidade em várias regiões agricultáveis do mundo. O aumento populacional, o uso indiscriminado dos recursos naturais, produção de lixo, descarte indevido de efluentes e contaminantes e práticas agrícolas inadequadas contribuem para a contaminação dos solos e da água superficial e subterrânea (Rhodern *et al.* 2016). Segundo Leppers *et al* (2005), estas alterações também estão relacionadas às alterações climáticas, ao ciclo do carbono, à perda de biodiversidade e ao manejo da agricultura.

O conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico, ou seja, a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário. A água que se destina à irrigação, com manejo adequado, pode conduzir excelentes resultados na produção de alimentos, porém seu inadequado uso provoca alteração do meio físico natural além de causar efeitos indesejáveis nas culturas agrícolas, servindo de canal de propagação da contaminação para a população. Segundo Mantovani *et al.* (2006), a qualidade da água é um aspecto essencial para um melhor aproveitamento nos sistemas de irrigação, ainda assim, a análise da qualidade da água é tratada como descaso em projetos. A prática da agricultura fornece mais de 40% da comida mundial (OECD, 2002) e é responsável por 70% do consumo de toda água no país (Madramootoo & Fyles, 2010), sendo a atividade recordista em desperdício de água (Olivio & Ishiki, 2015).

A qualidade da água de irrigação é tradicionalmente definida principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica. Alguns cátions e ânions, quando em excesso, podem trazer prejuízos ao solo e às plantas cultivadas, dependendo do grau de tolerância destas aos sais (Ayres & Westcot, 1994). Os principais sais dissolvidos na água de irrigação são os de sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos. Segundo Ayres & Westcot *op. cit.*, mesmo que a água apresente baixos níveis de salinidade ainda pode-se acarretar um processo de salinização, caso não seja manejada corretamente. O clima, o tipo de aquífero e a natureza geológica são os principais fatores que interferem no processo de salinização causada pelo uso das águas subterrâneas (Cruz & Melo, 1969).

Assim, segundo FAO/UNESCO (1973), os riscos a serem considerados quando se avalia a adequabilidade de determinada água para irrigação são principalmente: salinização, sodificação e alcalinização por carbonatos para o solo; aspectos tóxicos em relação a cloretos e sódio para as plantas; e prejuízos ao sistema de irrigação pela alta concentração de sais de baixa solubilidade. Segundo Bernardo (1987), dentre as características que determinam a qualidade da água para irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é o fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas.

Na área de estudo, a qualidade da água subterrânea está diretamente relacionada ao consumo humano da região. O processo de irrigação para agricultura de subsistência tem crescido exponencialmente para o cultivo de mandioca, feijão e milho, assim como algumas frutas como a laranja e tomate. Esta atividade requer o uso constante da água que é captada de poços tubulares para o aumento da produtividade e sobrevivência para muitos habitantes.

Para evitar problemas consequentes, deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com a qualidade (Ayres & Westcot, 1994). Para Cavalcante (2000), a qualidade da água para a agricultura é determinada sob enfoques de pureza, microbiológicos e químicos, este último determinado pela concentração dos sais constituintes dissolvidos.

A importância de estudos hidroquímicos se justifica principalmente pela necessidade de identificação de alterações na composição da água subterrânea que são prejudiciais à agricultura, permitindo uma avaliação do seu estado e possíveis ações para remediação de sua utilização. O presente trabalho apresenta abordagens de análise

temporal e espacial para avaliar as mudanças na composição química do aquífero assim como suas características qualitativas, discutindo seu uso na agricultura irrigada.

2 Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Conceição do Coité, estado da Bahia, entre as latitudes 11°45'00" e 11°12'00"S e longitudes 39°31'00" e 39°07'00" W. A Figura 1 ilustra a área do levantamento, correspondendo a um total de 1.015.252 km² (IBGE, 2010).

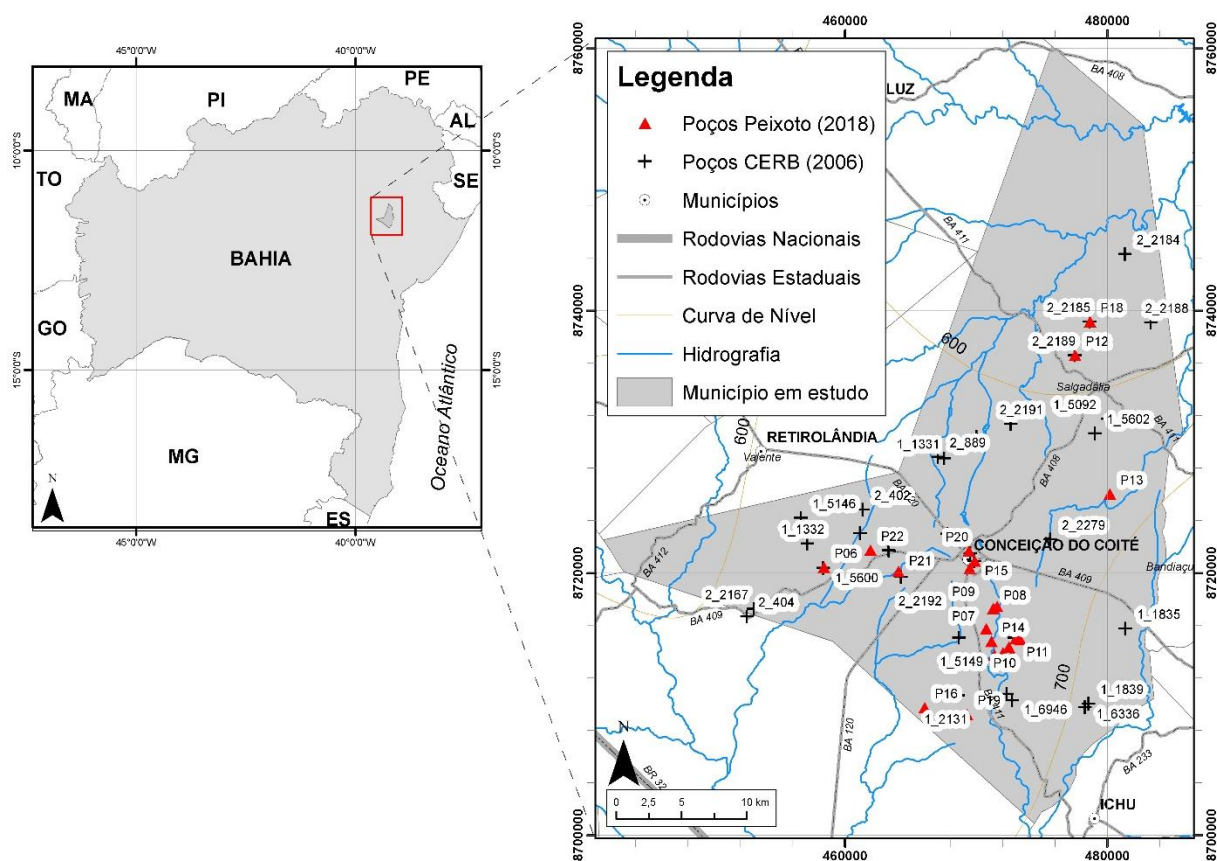


Figura 1 – Situação da área de pesquisa no estado da Bahia e localização dos poços amostrados e analisados (Adaptado IBGE, 2008).

Conceição do Coité está inserido no semiárido do Nordeste, com temperatura média de 22.3°C. Inserido no Polígono das Secas no Brasil, onde o regime pluviométrico é

marcado por extrema irregularidade de chuvas, constituindo uma forte barreira ao desenvolvimento socioeconômico e à subsistência da população. Rios e riachos intermitentes, como o rio Jacuípe, riacho Tocó e riacho das Pedras (CEI, 1994), constituem as reservas hídricas superficiais existentes no município, além de reservas como açudes e reservatórios públicos e particulares existentes. As drenagens do município que ocorrem em sua porção sul desaguam na bacia do rio Paraguaçu, enquanto que na área norte as drenagens pertencem à bacia do rio Itapicuru (CPRM, 2005).

Devido ao clima semiárido, ao seu pequeno aporte hídrico, a falta de uma descarga de fundo e ao tipo de bacias hidráulicas rasas e largas em que foram erguidos, os mananciais encontram-se frequentemente salinizados. A água da chuva armazenada no solo é evaporada, podendo causar um acúmulo de sais na superfície. Os sais acumulados e concentrados na superfície tendem a ser mobilizados por meio da gravidade adsorvido pelo solo, incorporando-se seu interior e atingindo o freático, salinizando a água existente. Assim, com a água superficial salinizada, a água subterrânea se tornou uma alternativa para o abastecimento de pequenas comunidades da região, sobretudo propriedades rurais, no uso na agricultura e na pecuária tornando-se uma reserva estratégica para períodos de prolongadas estiagens.

O aquífero local é constituído por rochas distintas e heterogêneas, com variáveis concentrações de elementos químicos. Os domínios geológicos de Conceição do Coité são constituídos essencialmente de rochas cristalinas, de alto grau metamórfico, pertencentes aos complexos Caraíba e Santa Luz, além de representantes do greenstone belt do Rio Itapicuru, granitóides sin a tarditectônicos e corpos graníticos (CPRM, 2005;

Figura 2). Na porção nordeste do município ocorre uma estrutura anticlinal, o domo de Teofilândia, representado por granodiorito e tonalito em parte gnaissificados, litotipos das unidades sedimentar e vulcânica máfica e granitóides representados por monzogranitos e sienogranito. Ocorre ainda tonalito, Granodiorito e diorito, em parte gnaissificados e calcialcalinos de alto K (CPRM, op. cit).

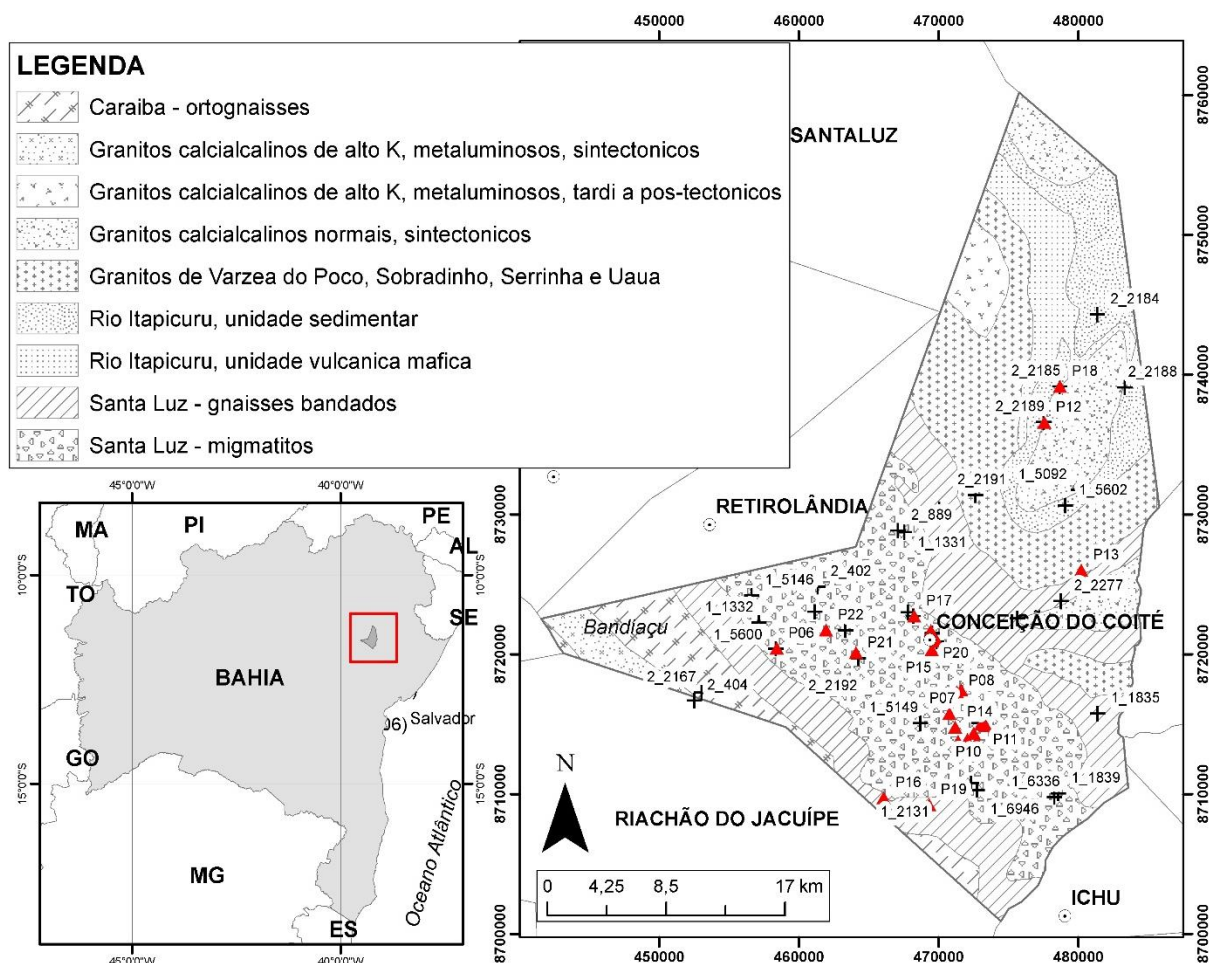


Figura 2 – Síntese geológica do município de Conceição do Coité-BA (apud Dalton de Souza et al. 2003).

O complexo Caraíba define uma associação de rochas migmatizadas e metamorfizadas em alto grau. Trata-se de ortognaisses de cor cinza-esverdeado quando frescos e amarelo-pardacento quando em processo de alteração. É frequente a presença

de feições migmatíticas, tais como estruturas schlieren, nebulítica e schöllén, cujas fases leucossomáticas são sienogranítica e monzogranítica (Kosin *et al.* 2003). Já o complexo Santa Luz é o conjunto gnáissico-granítico-migmatítico, trata-se de migmatitos bandados da fácies anfibolito alto, cujos paleossomas/mesossomas são biotita gnaisses de cor cinza e granulação média a fina, e cuja fase leucossomática tem composição granítica e mostra coloração branca à rósea. Exibem geralmente estrutura estromática, apresentando localmente partes mais mobilizadas, com estruturas nebulíticas e schlieren (CPRM, 2005).

2.2 Cadastramento de poços e amostragem

O banco de dados hidrogeológicos da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB) de 2006, proporcionou uma análise estatística convencional de 36 poços, visando reconhecer a distribuição espacial e as características das variáveis relacionadas ao aquífero em questão. Após campo realizado em 2018, apenas 22 poços estavam em operação (Figura 1). Os mesmos foram catalogados e georreferenciados por intermédio de GPS de navegação e as informações levantadas foram dispostas em um questionário próprio, contendo: posições geográficas dos poços, características construtivas, características geológicas, uso atual e parâmetros físico-químicos.

A determinação dos parâmetros físico-químicos de cada poço foi efetuada no local, por meio da sonda multiparâmetros Horiba U-50 portátil. Ainda em campo, foram coletadas duas amostras de água de cada poço em recipientes de plásticos de polietileno de 1L e 500mL, para posterior análises em laboratório de metais e íons. A princípio, estes recipientes foram descontaminados em solução aquosa contendo 5% de HCL ou HNO₃

e acondicionados de forma adequada para transporte. A coleta da água foi realizada *in natura*, utilizando os recipientes totalmente preenchidos e lacrados, e em seguida armazenados em caixas de isopor térmico com gelo para posterior acondicionamento em refrigerador até a análise em laboratórios no Instituto de Geociências (PLASMA e NEA, UFBA).

2.3 Tratamento de dados

Os dados utilizados para esta pesquisa foram: condutividade elétrica (C.E.), sólidos totais dissolvidos (STD), pH, sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), cloreto (Cl^-) e bicarbonato (HCO_3^-), de acordo com a metodologia e definições proposta por Ayers & Westcot (1994), para análise da qualidade da água para irrigação. A adequação das águas para uso na irrigação foi feita com o diagrama, desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USSL, 1954), que relaciona a Condutividade Elétrica como parâmetro de salinidade e com a Razão de Adsorção de Sódio (SAR) como parâmetro de risco de sódio.

Foram definidas áreas com três classes de restrição de uso de água (Ayers & Westcot, 1994; Tabela 1): (I) nenhuma restrição, (II) moderada restrição e (III) severa restrição; considerando o risco de salinização da água de irrigação, visando evitar futuros problemas de infiltração da água com a sodificação do solo.

Efeito considerado	Variáveis	Classes de restrição de uso para irrigação		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Salinidade	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<700	700 – 3000	>3000
	STD (mg/L)	<450	450 – 2000	>2000
Toxidez de íon específico	Na (meq/L)			
	Irrigação por superfície	<3,0	3,0 – 9,0	>9,0
	Irrigação por aspersão	<3,0	>3,0	-
	Cl^- (meq/L)			
Toxidez de íon específico	Irrigação por superfície	<4,0	4,0 – 10,0	>10,0
	Irrigação por aspersão	<3,0	>3,0	-

Outros efeitos	HCO ₃ (meq/L) pH	<1,5	1,5 – 8,5	>8,5
		Faixa normal 6,5 – 8,4		

Tabela 1 – Qualidade da água para fins de irrigação (Ayers & Westcot, 1994).

E assim, foram gerados mapas temáticos das variáveis analisadas, sendo utilizada a krigagem no software Arcgis geoestatística como interpolador, indicando áreas que possuem águas subterrâneas possíveis de serem utilizadas.

3 Resultados

A classificação e comparação de grupos distintos de águas, quanto aos íons dominantes, constitui-se num passo inicial para o entendimento da química da água, o qual determinará os principais usos a que tais águas podem ser destinadas. O diagrama de Piper (1944) é um dos mais utilizados na classificação hidroquímica de águas. Uma das principais vantagens do mesmo é a possibilidade de se trabalhar com um grande número de análises, classificando diferentes grupos amostrados quanto aos íons dominantes.

Visando classificar as águas subterrâneas utilizadas para a irrigação, os resultados das análises físico-químicas foram plotados em um diagrama de Piper utilizando o programa Diagrammes, desenvolvido pelo Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon, evidenciando os valores dos íons dominantes (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, SO₄⁻ e Cl⁻) expressos em unidade de meq/L, determinados em laboratório (Figura 3).

A Figura 3 permitiu classificar, com base nos ânions, 100% dessas águas como águas cloretadas para ambos os anos. E, secundariamente, com base nos cátions, 46,7% como águas mistas em 2006 e 68,2% como águas sódicas em 2018.

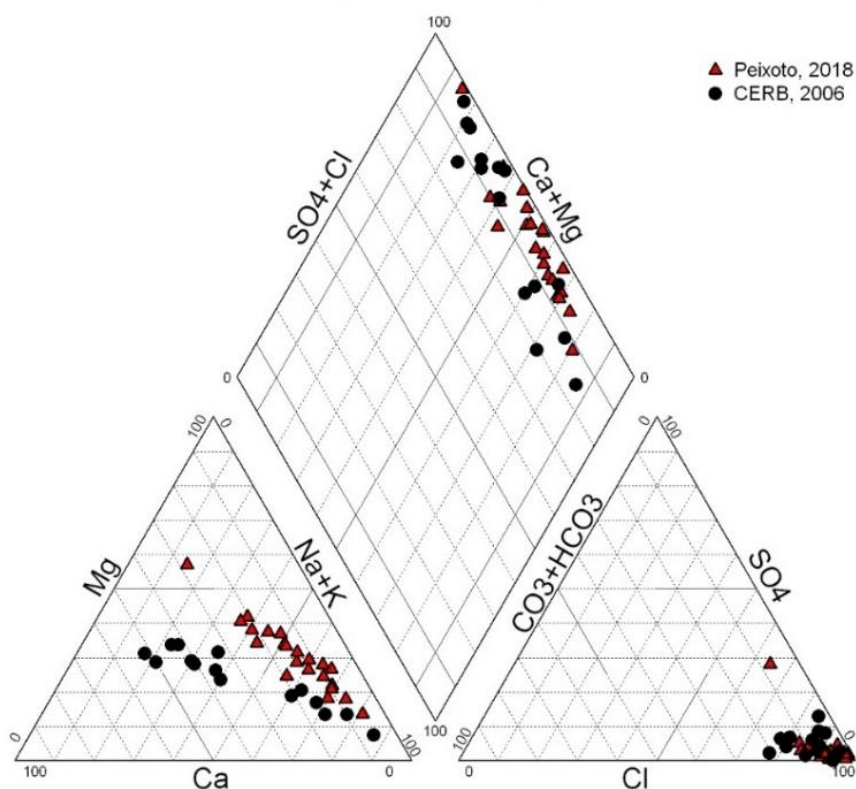


Figura 3 – Classificação Hidroquímica da água do município de Conceição do Coité-BA.

A classificação da água para fins de irrigação é um recurso que fornece uma base com a finalidade de informar o efeito geral da sua utilização sobre o solo e a planta e sobre o sistema de irrigação. Segundo USSL a classificação ficou definida como mostra a Figura 4.

O resultado da classificação da água para irrigação do município de Conceição do Coité, indica predominância das classes C5-S3 e C5-S4 com 11,1% em 2006, e C5-S4 com 27,3%, C5-S3 e C4S2 com 22,7% em 2018, demonstrando um risco muito alto e extremamente alto de salinidade e um risco médio a forte teor de sódio. O parâmetro mais importante à qualidade da água para irrigação é a concentração total de sais, neste

caso as águas possuem teor de salinidade que não podem ser utilizadas em condições normais apenas para solos excessivamente permeáveis.

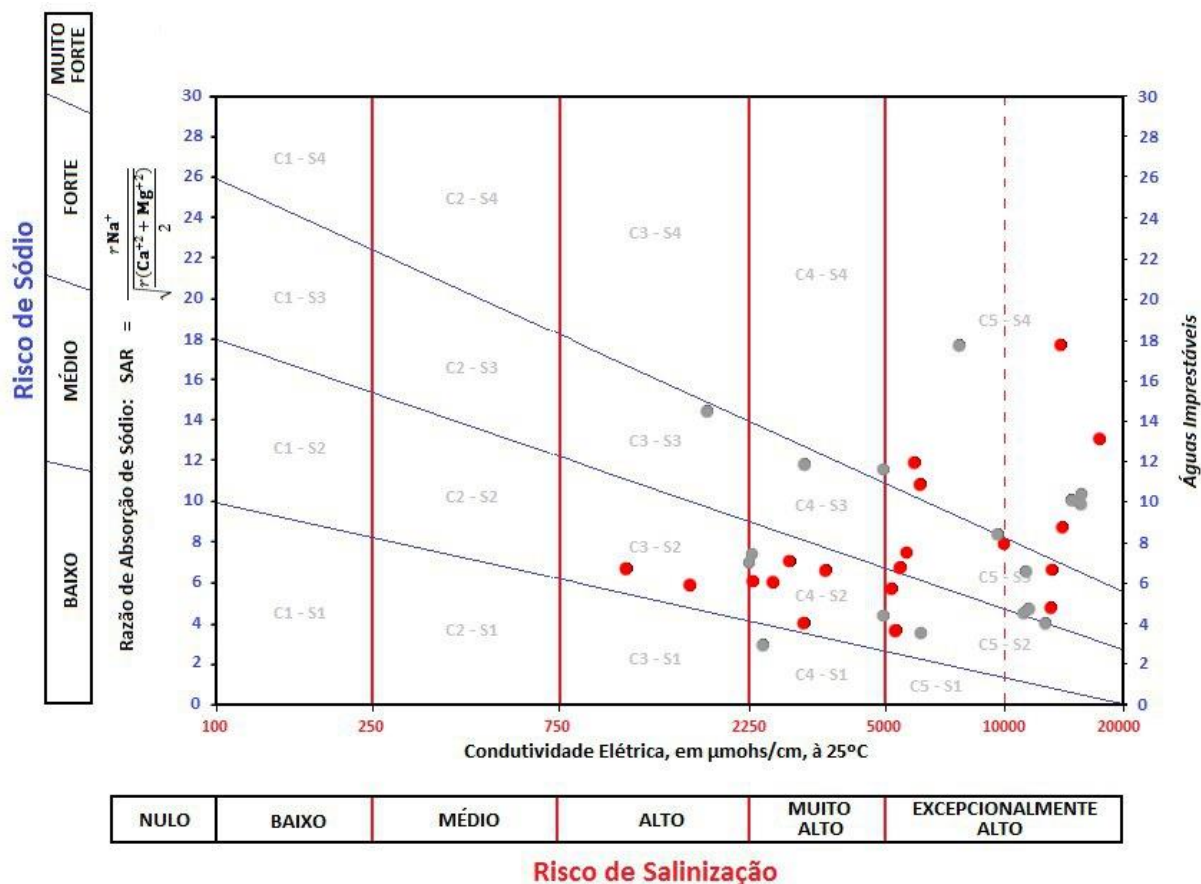


Figura 4 – Classificação das águas para fins de irrigação segundo USSL (na cor cinza o ano de 2006 e em vermelho de 2018).

Referente à utilização dos poços amostrados e analisados no ano de 2018, 9% para uso pecuário, 27% para uso doméstico (usada também em atividades de subsistência), 27% para abastecimento de zonas urbanas e 37% é utilizado para irrigação. Todos os poços de caráter tubular.

Foi verificado que os métodos de irrigação são superficiais e artesanais, de baixa eficiência. A implementação de métodos de irrigação mais eficientes e de manejo de água adequados pode ser considerada ferramenta para a economia de água, além de possibilitar um controle maior do processo de salinização (Bernardo, 1995).

Considerando a condutividade elétrica, cloreto, bicarbonato de cálcio, sódio, pH e sólidos totais dissolvidos da água subterrânea, a área foi dividida em três classes: nenhuma restrição, moderada restrição e severa restrição ao uso da água para irrigação.

A condutividade elétrica (C.E.) mostrou-se uma severa restrição para o uso de irrigação (Figura 5 A e B), apresentaram valores mínimos de 1767 e 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e máximo 31250 e 25200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em 2006 e 2018 respectivamente. Segundo Ayers & Westcot (1994), para nível de salinidade maior que 2.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a perda da produtividade pode atingir o valor de 25% em relação à produtividade máxima. Para esse caso, com a condutividade elétrica da água em torno de 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, possivelmente a perda da produtividade ultrapassou os 25%.

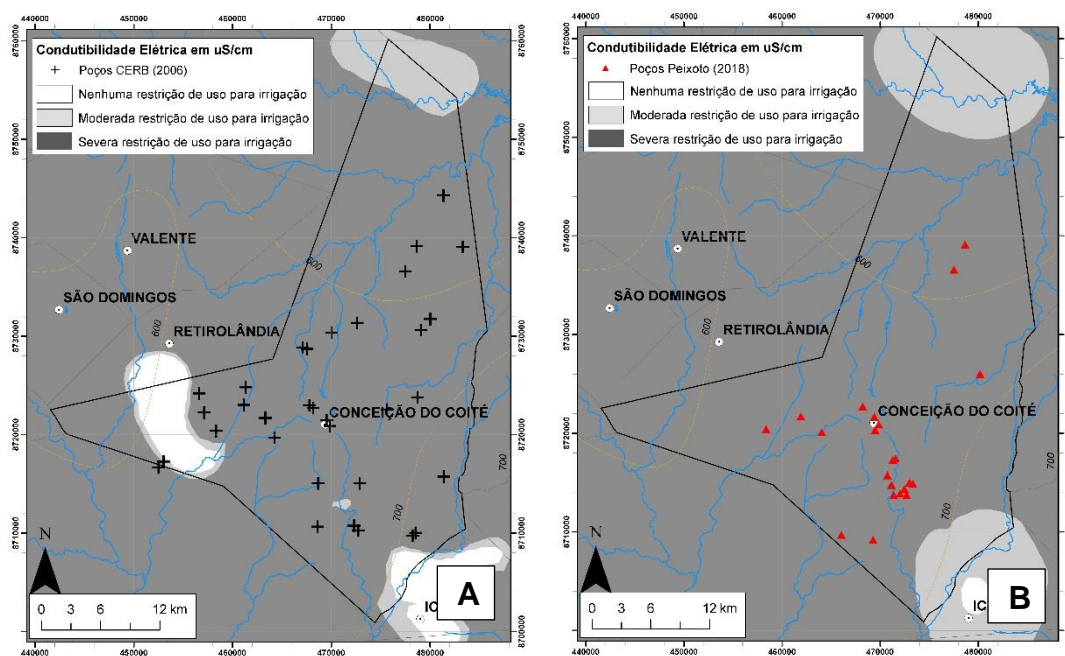


Figura 5 – Distribuição na área de estudo do parâmetro condutibilidade elétrica para análise química e temporal: (A) para dados de 2006 e (B) para dados de 2018.

Os teores de cloreto (Cl^-) apresentaram valor mínimo de 7,41 e 6,20 meq/L e máximo de 286,12 e 237,94 meq/L, nos anos de 2006 e 2018 respectivamente. Porém, ambos os anos apresentaram valores acima de 10 meq/L em sua maioria, tornando a

água com restrição severa para uso de irrigação (Figura 6 A e B). O cloreto não é retido nem adsorvido pelo solo, mas é absorvido pelas raízes e direcionado às folhas, onde se acumula pela transpiração. É um íon que se tornara tóxico para planta quando a mesma absorve em excesso (Chaves *et al.* 2009). A sensibilidade das culturas a este íon é bastante variável, as frutíferas, por exemplo, começam a mostrar danos com concentrações acima de 0,3 % de cloreto, em base de peso seco, as espécies tolerantes podem acumular até 4,0 a 5,0 % de cloreto, sem manifestar qualquer sintoma de toxicidade (Dias & Blanco, 2010).

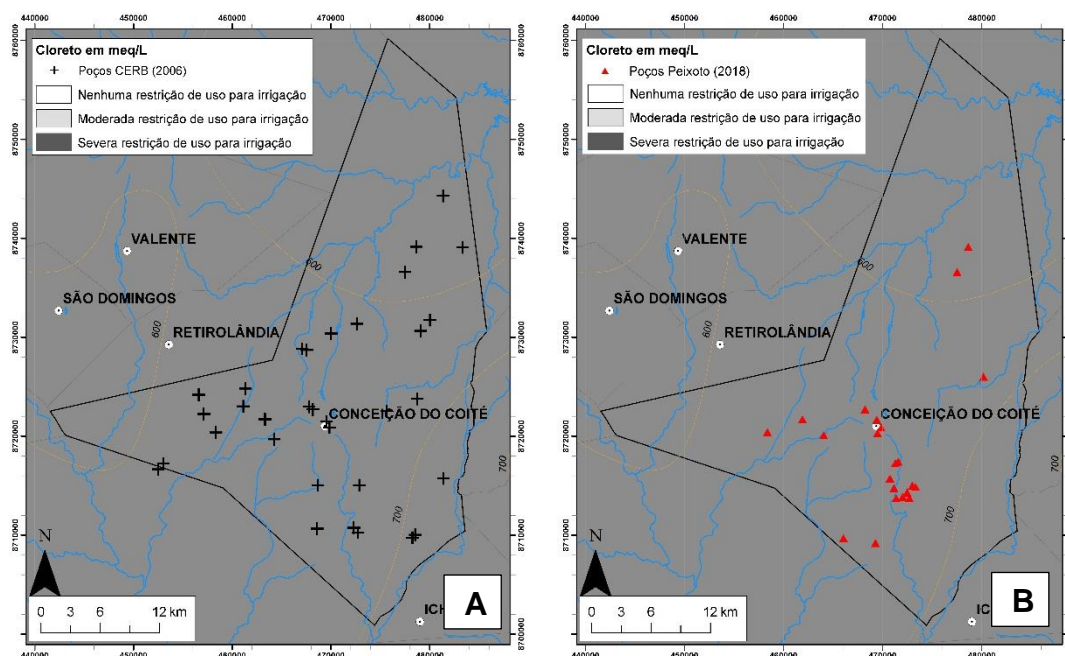


Figura 6 – Distribuição na área de estudo do parâmetro o cloreto: (A) para dados de 2006 e (B) para dados de 2018.

Conforme os resultados obtidos, os teores de bicarbonato (HCO_3^-) oscilaram entre 1,76 a 16,51 meq/L em 2006 e 0,45 a 7,24 meq/L em 2018. É possível observar que os valores elevados permanecem próximo ao centro urbano, porém houve uma redução de 16,51 meq/L em 2006 para 7,24 meq/L em 2018 no mesmo poço e em valores próximos aos limites do município (Figura 6 A e B). Elevadas concentrações de íons de HCO_3^-

podem ocorrer precipitações de cálcio e magnésio, sob forma de carbonatos, nesse caso carbonato de cálcio (CaCO_3), o que reduz suas concentrações e aumenta a proporção de sódio e cloretos (Mantovanni *et al.* 2006).

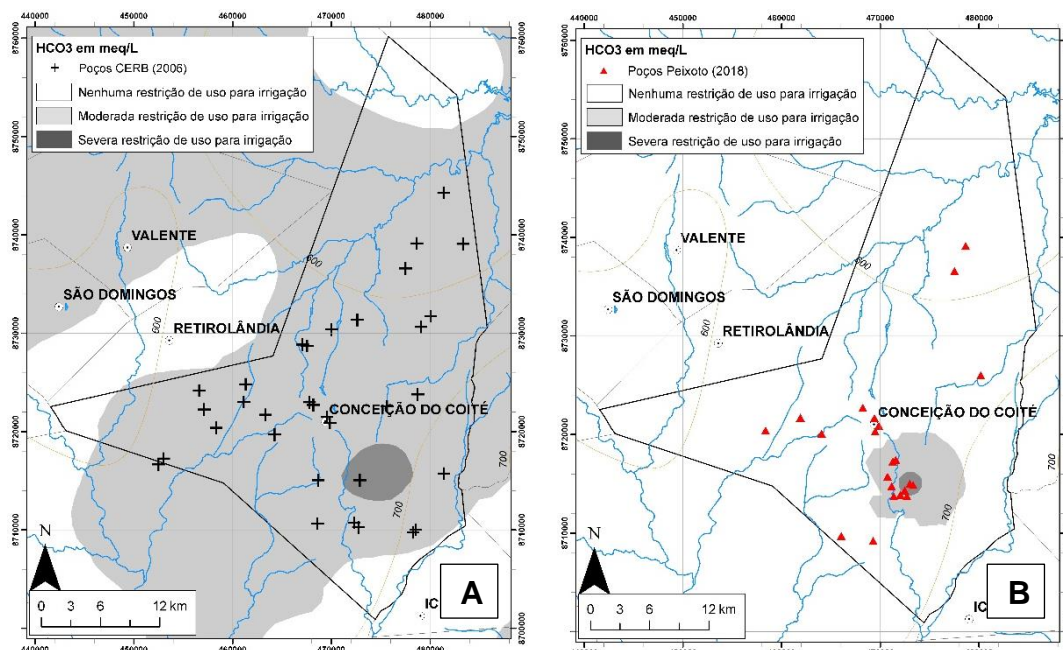


Figura 6 – Distribuição na área de estudo do parâmetro bicarbonato para análise química e temporal: (A) para dados de 2006 e (B) para dados de 2018.

As concentrações de sódio (Na) obtidas variaram entre 16,52 e 91,34 meq/L em 2006, severa restrição de uso e 5,73 e 73,23 meq/L em 2018, de moderada a severa restrição de uso (Figura 7 A e B), mesmo com alguns poços inativos de 2006. O sódio pode ocasionar a desestruturação do solo, além de causar toxidez na planta. Solos com excesso de sódio apresentam problemas de permeabilidade e causa encharcamento na superfície do solo, impedindo a germinação das sementes e o crescimento das plantas por falta de aeração.

Com relação aos sólidos totais dissolvido (STD), as concentrações mínimas são de 931 e 706 mg/L e máximas de 25110 e 15600 mg/L, 2006 e 2018 respectivamente, havendo uma diminuição dos valores na região central do município (Figura 7 C e D).

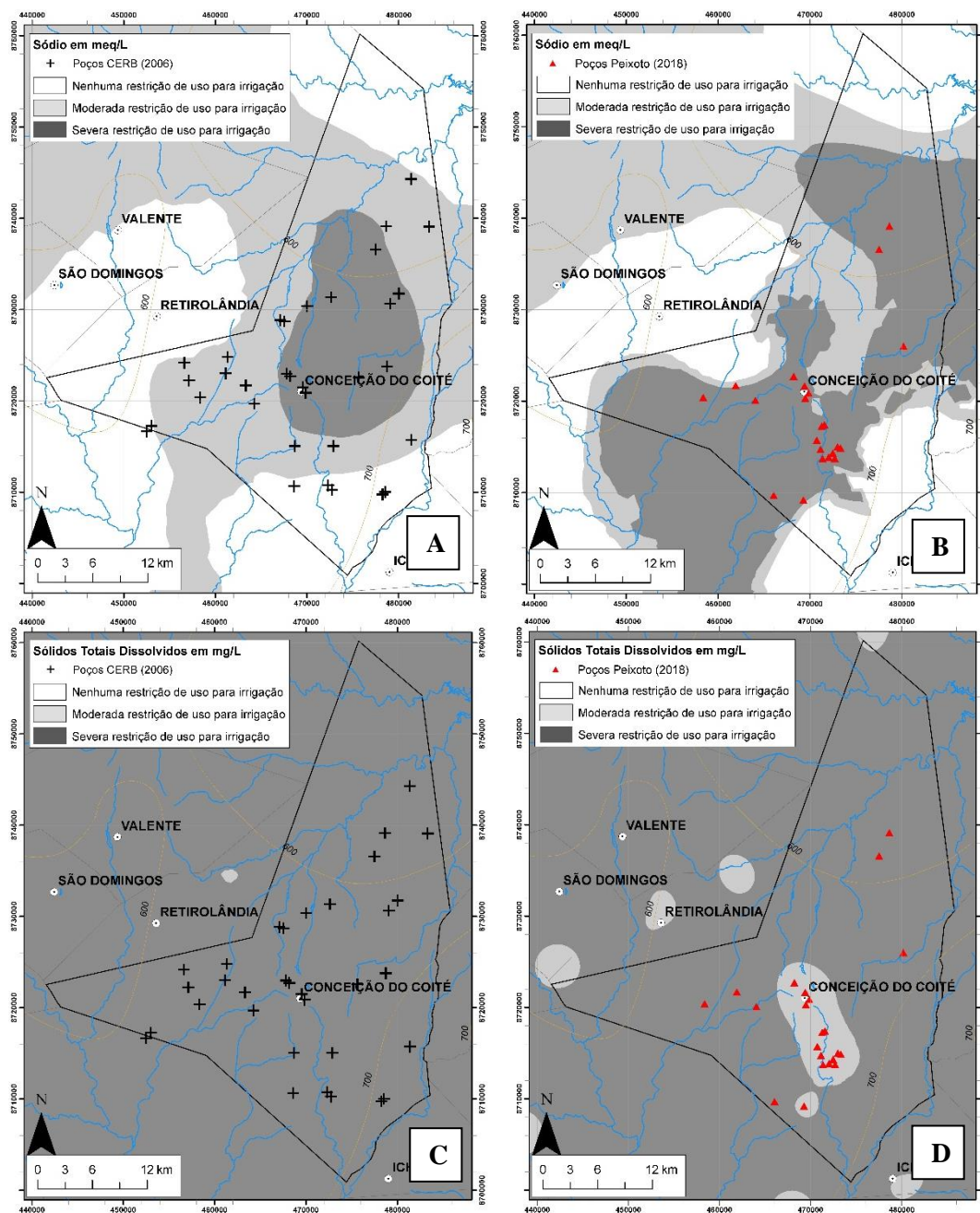


Figura 7 – Distribuição na área de estudo do parâmetro bicarbonato para análise química e temporal: (A) para dados de 2006 e (B) para dados de 2018; e o parâmetro sólidos totais dissolvidos: (C) para dados de 2006 e (D) para dados de 2018.

O pH mais ácido de 2006 foi de 6,8 e de 2018 de 2,67. A distribuição espacial dos graus de restrição ao uso da água com relação ao pH permitiu verificar que houve uma mudança visível de 2006 a 2018, predominando um meio ácido em toda a região (Figura 8 A e B).

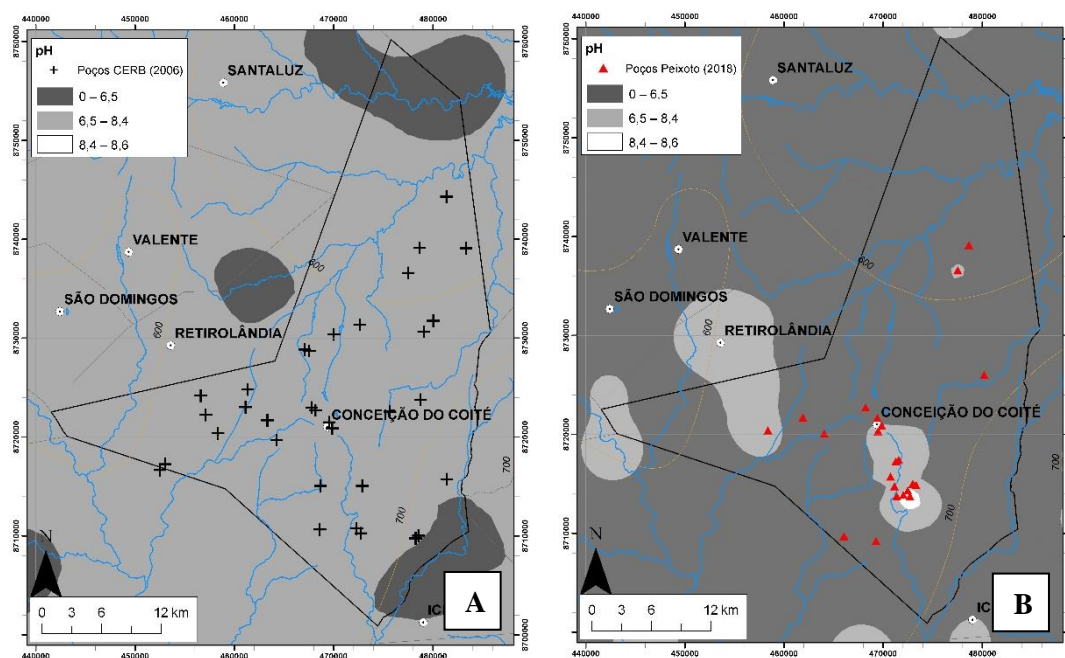


Figura 8 – Distribuição na área de estudo do parâmetro pH para análise química e temporal: (A) para dados de 2006 e (B) para dados de 2018.

4 Considerações finais

O município de Conceição do Coité utiliza a água subterrânea para diversas finalidades, entre elas, 37% de sua utilização são para irrigação, tornando-se um recurso para a sobrevivência de uma parte da população. O resultado das análises de 2018 da classificação hidroquímica da água subterrânea da região deu-se como águas cloretadas sódicas.

De acordo com a classificação da qualidade da água para irrigação, foi possível verificar que as água analisadas apresentaram um risco alto a excepcionalmente alto de salinidade e um risco médio a forte de sodificação, em função dos valores elevados de

condutividade elétrica e teores de sódio (corroborando o resultado da classificação hidroquímica dita anteriormente). Para usá-las seria necessárias práticas especiais para o controle da salinidade e do teor de sódio ou utilizada apenas em solos excessivamente permeáveis ou plantio altamente tolerante a sais.

Dos parâmetros analisados e segundo classificação adotada, durante 12 anos, concluímos que: a condutibilidade elétrica e o cloreto permaneceram com severa restrição de uso para irrigação; o teor de bicarbonato diminuiu, permanecendo alto em um mesmo poço; os níveis de sódio sofreram um aumento, passando de moderada para severa restrição; os sólidos totais dissolvidos apresentaram uma diminuição no centro urbano do município; e o pH tornou-se mais ácido.

Para fins de irrigação, não houve variação na salinidade e no teor de sódio durante 12 anos, permanecendo valores altos durante a segunda coleta de dados. Essa utilização prolongada das águas subterrâneas no município poderá provocar problemas futuros de salinização e redução na fertilidade do solo, conseqüentemente na produtividade agrícola. Porém, a utilização ou não dessa água para fins de irrigação requer também características físico-químicas dos solos em que vai ser aplicado, assim como a resistência das culturas a serem irrigadas.

5 Referências

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**..Editora Rome: FAO. 1994.

BERNARDO, S. 1995. **Manual de Irrigação**. 6ª edição. Viçosa: Editora da UFV. 657p.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Editora UFPB. 71 p. 2000.

CEI – Centro de Estatística e Informações. **Informações Básicas dos Municípios Baianos. Região Nordeste.** vol.I. Caracterização da área de estudo, Aspectos Fisiográficos. 1994.

CERB – Companhia de Engenharia Rural da Bahia. **Cadastro de Poços Tubulares do Estado da Bahia.** 2006.

CHAVES M. M., FLEXAS J. & PINHEIRO C. **Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell.** Annals of Botany 103:551–560. 2009.

CPRM – Serviço Geológico Brasileiro. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea do Estado da Bahia.** Diagnóstico do Município de Conceição do Coité. 2005.

CRUZ, W. B. & MELO, F. A. C. F. DE. **Zoneamento químico e salinização das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil.** Boletim de Recursos Naturais, v.7, n.1/4, p.7-40. 1969.

DALTON DE SOUZA J., KOSIN M., MELO R.C., SANTOS R. A., TEIXEIRA L. R., SAMPAIO A. R., GUIMARÃES J. T., VIEIRA BENTO R., BORGES V. P., MARTINS A. A. M., ARCANJO J. B., LOUREIRO H. S. C., ANGELIM L. A. A. **Mapa geológico do Estado da Bahia – Escala 1:1.000.000.** Salvador: CPRM, 2003. Versão 1.1. Programas Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo e Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Convênio de Cooperação e Apoio Técnico-Científico CBPM/CPRM. 2003.

DIAS, N. D. & BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta.** In: GHEYI, H. R., DIAS, N. S. & LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e

aplicados. Editora Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140. 2010.

FAO: AQUASTAT – **FAO's global information system on water and agriculture**, FAO, Roma, Italia. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do Censo Demográfico 2010**. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/conceicao-do-coite>. Acesso em 5 de maio de 2019. 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas Plani-Altimétricas do Estado da Bahia. Escala 1:100.000**. 2008.

KOSIN M., MELO R. C., SOUZA J. D., OLIVEIRA E. P., CARVALHO M. J. & LEITE C. M. M. **Geologia do segmento norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá e guia de excursão**. Revista Brasileira de Geociências, 33(1-Suplemento):15-26. 2003.

LEPERS, E., LAMBIN, E. F., JANETOS, A. C., DEFRIES, R., ACHARD, F., RAMANKUTTY, N. & SCHOLES, R. J. **A Synthesis of Information on Rapid Land-cover Change for the Period 1981-2000**. *BioScience*, 55 (2): 115-124. 2005.

MADRAMOOTOO C. A. & FYLES H. **Irrigation in the context of today's global food crisis**. *Irrig Drain* 59:40–52. 2010.

MANTOVANI, E. C., BERNARDO, S. & PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Editora Viçosa: UFV. 328 p. 2006.

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development. **Transition to full-cost pricing of irrigation water for agriculture** in OECD countries, Paris. 2002.

OLIVO, A. M. & ISHIKI, H. M. **Brasil frente à escassez de água**. *Colloquium Humanarum*, 11 (3): 41- 48. 2015.

PIPER, A. M. **A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis**. Transactions American Geophysical Union, number 25, p.914-923. 1944.

QUALIGRAF – **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**, FUNCEME. Disponível em: <http://www.funceme.br>. 2017.

RHODEN, A. C., FELDMANN, N. A., MUHL, F. R., RITTER, A. F. S. & MOREIRA, A. **A importância da água e da gestão dos recursos hídricos**. Revista Ciências Agroveterinárias e alimentos. 2016.

USSL – United States Salinity Laboratory. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali soils**. U.S.D.A. Handbook. No 60, p. 160. 1954.

CAPÍTULO 3

CONCLUSÕES

As águas subterrâneas do município de Conceição do Coité, Bahia, estão armazenadas em um aquífero fissural, constituído por rochas distintas e heterogêneas, com variáveis concentrações de elementos químicos. Os poços selecionados no presente trabalho, estão dispostos por todo o município, situados unicamente no domínio hidrogeológico cristalino. Em geral estes aquíferos têm produtividade baixa, mas ainda assim, quando localizados em regiões carentes de recursos hídricos, têm uma função estratégica muito importante no abastecimento público.

Sua finalidade varia, porém 37% de sua utilização são para fins de irrigação, tornando-se um recurso para a sobrevivência de uma parte da população. O resultado das análises de 2018 da classificação hidrogeoquímica da água subterrânea da região deu-se como águas cloretadas sódicas.

A caracterização hidrogeoquímica permitiu verificar que essas águas apresentaram um risco alto a excepcionalmente alto de salinidade e um risco médio a forte de sodificação, em função dos valores elevados de condutividade elétrica e teores de sódio (corroborando o resultado da classificação hidrogeoquímica dita anteriormente). Para usá-las seria necessárias práticas especiais para o controle da salinidade e do teor de sódio ou utilizada apenas em solos excessivamente permeáveis ou plantio altamente tolerante a sais.

A água utilizada para consumo humano é aquela isenta de substâncias que oferecem riscos à saúde. Neste sentido, é essencial o estudo físico, químico e

bacteriológico para garantir que essas águas estão em condições próprias para potabilidade. Nesta pesquisa, os aspectos bacteriológicos não foram analisados. Porém, comparando os dados analíticos desta pesquisa com os valores máximos permitidos estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, observamos que praticamente todas as amostras apresentaram valores não adequados para potabilidade desta água. Somente os valores de ferro total, alumínio, zinco e cobre encontraram-se dentro da normalidade. Sendo assim, fica evidente que as águas subterrâneas do município estão inadequadas para consumo humano.

Para fins de irrigação, não houve variação na salinidade e no teor de sódio durante 12 anos, permanecendo valores altos durante a segunda coleta de dados. Essa utilização prolongada das águas subterrâneas no município poderá provocar problemas futuros de salinização e redução na fertilidade do solo, conseqüentemente na produtividade agrícola. Porém, a utilização ou não dessa água para fins de irrigação requer também características físico-químicas dos solos em que vai ser aplicado, assim como a resistência das culturas a serem irrigadas.

Diante do exposto, o presente trabalho possibilitou a elaboração de um diagnóstico sobre a qualidade das águas subterrâneas do município de Conceição do Coité e um levantamento sobre as condições hidrogeoquímicas deste aquífero local. Essas informações se apresentam como um instrumento importante para o desenvolvimento de políticas locais para gestão desses recursos hídricos subterrâneos, afim de orientar seus usos e impedir contaminações futuras.

**APÊNDICE A – ANÁLISES HIDROQUÍMICAS REALIZADAS
POR PEIXOTO (2018), NOS POÇOS DO MUNICÍPIO DE
CONCEIÇÃO DO COITÉ, BAHIA (MÊS DE JANEIRO)**

Pontos	pH	C.E. μS/cm	STD mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ³⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L
P01	6,78	13200	8210	652,5	44,3	230,8	299	3956,14	58,962	112,4	2,64
P02	6,81	5320	3350	276,2	29,7	139,1	172,9	1198,35	242,403	69,6	3,11
P03	6,07	13100	8110	492,9	39,1	283,5	303,2	4097,6	172,931	268	17,7
P04	4,15	14000	8690	991,7	88,1	275,6	419,9	4433,27	182,427	33,1	29,5
P05	2,67	25200	15600	126,6	72,8	278,6	344,3	8437,37	202,419	165,5	0,1
P06	7,91	14700	9120	938,3	38,7	282,8	222,3	4553,16	142,443	143,9	8,26
P07	7,3	2450	1570	161,8	17,2	77,9	84,5	517,42	82,467	8,87	124,2
P08	8,34	5180	3260	386,1	28,4	104	141,7	1188,76	109,456	45,2	260
P09	7,44	3530	2320	273,3	28,6	26,5	61,5	718,82	27,489	6,35	44,4
P10	8,88	5460	3440	422,9	22,9	99,3	116,8	1380,57	157,437	16,6	26,5
P11	6,9	13900	8610	1261,9	28,6	113,5	162,5	3682,33	442,323	12,6	11,1
P12	7,1	1100	706	131,9	11	8,5	12,4	220,11	52,479	18	18,1
P13	6,67	9970	6280	696	37	180,6	244,2	2857,53	197,421	66,2	0,1
P14	9,45	6150	3880	629,6	24,4	74,1	108,1	1399,75	197,421	43,1	150,7
P15	9,2	5610	3540	463,6	25,7	79,7	125,1	1438,12	127,449	25,2	47,3
P16	8,01	5940	3740	742,1	26,5	92,1	120,6	1524,43	172,431	48,8	37,2
P17	5,87	3120	2000	251,7	19,6	115,2	108,4	709,23	177,429	34	0,1
P18	6,51	17400	10800	1683,6	174	367,9	536,4	5560,18	172,431	140	36,4
P19	7,24	2600	1670	276,5	15,3	51,7	65,7	527,01	63,475	18,6	165,8
P20	6,64	2300	1470	254,1	13,4	30,4	60,5	517,42	67,473	17,5	95,4
P21	6,25	2860	1830	314,8	20,7	43,6	64,4	613,32	77,469	57	125,7
P22	5,84	1590	1020	189,8	26	31,3	28,2	258,47	51,23	152,7	111,6

APÊNDICE B – ANÁLISES HIDROQUÍMICAS ENCONTRADAS NO BANCO DE DADOS CERB (2006)

Pontos	pH	C.E. μS/cm	STD mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ³⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L
3_6071	7,78	2290	1454	400	11	101	71	630	146	15,6	23,3
2_1727	7,95	12238,5	11548			1513,74	688,79	4850,97	145,89	152,5	5,124
1_6946	8,11	20000	19300			3686,37	704,98	8630,1	299,77	445,07	0,992
2_2184	7,5	10340	12955			808	493	2319	288	1120	0,11
2_2277	8,36	4940	2962	750	15	153	99,2	1538	155	1	0,01
1_6336	7,37	18610	13982			1985,2	1168,58	6940,71	349,1	450	0,578
1_1839	7,3	31250	13126			1675	3944	5287,94	203,91	107,5	0,006
1_1835	7	12500	16626			1802,16	4655,58	6949,6	308,81	125	0,068
2_889	8,15	15500	13212	2075	37,5	1690,85	978,37	5973,7	423,74	730	7
1_1381	6,8	27937	14608			2491,75	3837,29	5507,77	312,75	310	1,6
2_402	8,3	23750	9332			1151,15	607,87	3456,06	205,36	155	7,48
1_5600	7,63	9590	6888	1240	18	985	388	3352	526	310	8,47
3_6072	7,14	3110	1588	500	18	54,6	47,5	800	186	17,2	21,5
3_6073	6,81	2240	1574	380	15	117	64,2	565	185	37,3	47,2
2_891	7,6	14224	12310			1952,88	669,52	5348,07	227,13	340	0,12
1_1842	7,5	17500	8020			1026,17	2729,36	2994,85	226,61	272,5	1,34
2_2189	7,28	6150	4476	475	34	745	362	1788	509	204	0,01
1_5148	7,56	7700	4444	1450	12	266	144	2201	1008	83,3	0,22
2_2185	7,18	11200	9707	900	28	1889	658	3902	396	515	4,35
2_404	8,4	6000	2326			376,04	292,46	754,05	384,06	77,5	0
2_2167	8,5	1940	931			172	64	263	439	42	0,23
1_2131	8,4	6250	2146			378,44	462,74	803,19	407,66	56,5	0
2_2191	7,16	12680	13860	950	20	2532	929	5052	287	1040	1,68
2_394	7,1	23438	13712			2820,3	766,57	5001	402,14	120	6,29
2_2192	7,32	11480	10660	920	36	1589	742	4477	395	69,3	8,94
1_2743	8,3	31250	14790			2800,1	1127,03	5418,37	373,56	103,3	5,25
1_5149	8,6	5500	2960			320,26	179,85	1182,76	389,88	92	0,044
3_6074	6,8	1767	1092	380	15	22,9	17,6	314	108	34,1	64,2
2_2195	7,7	27700	25110			3039	1531	10146	344	527	8,69
1_5092	7,8	4935	4076	502,5	24,5	588	246,23	1653	260,37	74	0,06
1_1332	7,55	19500	11430			1650	814,39	5600	294	460	17,20
1_5146	7,45	11230	10053	1200	44	1452	625	4227	556	267	30
2_2188	7,4	17240	15300			2121	961	4831	236	660	19,4
1_5602	8,02	12022	9242			1981,08	454,97	3425,5	182,9	110	7
2_2279	7,7	15670	13507	2100	20	1788	778	6703	311	250	0,01
1_1331	7,35	11400	7278			1450	565,21	3100	132	376	

ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A Revista Águas Subterrâneas é uma publicação da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS - para divulgação de artigos científicos (originais e inéditos) sobre Hidrogeologia e outros temas pertinentes. É um periódico com classificação QUALIS Nacional e Internacional.

Considerações Gerais:

- Submetido em programa Word for Windows ou compatível; fonte Arial, tamanho 12, espaçamento duplo, em papel A4, margens de 2,5 cm, sem numeração de páginas e ter, no máximo, 6.000 (seis mil) palavras, já incluindo tabelas, e 10 (dez) figuras;
- O documento deverá ter a numeração de linhas visível e contínua a partir do seu título, visando acelerar o processo de revisão pelos pares.

Língua

Os textos podem ser redigidos em línguas portuguesa, inglesa ou espanhola.

Formato de submissão

1. O **título** do trabalho, com no máximo 140 toques, deverá aparecer na primeira página do trabalho, sem a identificação do(s) autor(es). Deverá ser apresentado no idioma do trabalho e em Inglês.
2. Antecedendo o texto serão apresentados dois **resumos** em Português e Inglês;
3. O resumo deverá ser redigido em parágrafo único, variando entre 1.000 a 1.500 toques, apresentando de forma breve e objetiva a justificativa do trabalho, os métodos utilizados, os resultados e as conclusões. Após o resumo, incluir

obrigatoriamente uma lista de até cinco palavras-chave que expressem o assunto do trabalho;

4. O texto deverá ser redigido de forma impessoal, objetiva, clara, precisa e coerente;
5. As abreviaturas deverão ser identificadas, por extenso, na primeira vez que aparecem no texto. As unidades das grandezas numéricas deverão obedecer aos padrões do Sistema Internacional de Unidades (SI);
6. As **tabelas** serão numeradas sequencialmente e inseridas normalmente dentro do texto. O título deve ser claro e conciso e colocado no topo da tabela. Outras informações relativas à tabela (origem dos dados, observações, etc.), serão colocadas logo abaixo da tabela, com espaçamento simples e fonte de tamanho menor que a do texto principal.
7. As **figuras** (mapas, fotos, perfis, esboços, gráficos, diagramas, etc.), devem ser numeradas sequencialmente. O título deve ser claro e conciso e colocado na base da figura. Outras informações relativas à figura (legenda, origem dos dados, observações, etc.), serão colocadas logo abaixo da figura, com espaçamento simples e fonte de tamanho menor que a do texto principal. As figuras devem ser preparadas em alta resolução (maiores que 1Mb). Para uma boa legibilidade, os símbolos e caracteres de texto das figuras devem ter tamanho mínimo de 1 mm, mesmo após a redução da figura.

Formatos para Referência

1. As **citações** mencionadas no texto devem ser indicadas pelo sistema Autor-Data, obedecendo a norma ABNT NBR 10.520 (agosto/2002), ou a que estiver vigente;
2. Referências a publicação(ões) do(s) autor(es) dentro do texto ou na lista de

referências devem aparecer somente como "AUTOR", de modo a garantir uma avaliação cega segura.

Envio para submissão

O(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) instituição(ções) e endereço(s) para correspondências NÃO DEVEM CONSTAR do texto, a identificação do trabalho será feita pelo preenchimento dos metadados da submissão e pelo número de identificação gerado automaticamente.

Análise pelo Corpo Consultivo


A avaliação dos manuscritos é duplamente cega, isto é, tanto os avaliadores quanto os autores não têm acesso às identidades uns dos outros. O trabalho será submetido a pelo menos 3 (três) avaliadores, os quais emitirão pareceres independentes recomendando ou não sua publicação, havendo ou não a necessidade de revisão do texto. Em caso de trabalho não aceito, será feito um comunicado aos autores informando, sucintamente, o motivo da recusa para publicação.

ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO

#29738 Sinopse

RESUMO AVALIAÇÃO EDIÇÃO

Submissão

Autores	Amanda de Macedo Peixoto, Manoel Jerônimo Moreira Cruz		
Título	CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E TEMPORAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO CONCEIÇÃO DO COITÉ, BAHIA, NORDESTE DO BRASIL		
Documento original	29738-109870-1-5M.DOCX	06-11-2019	
Docs. sup.	29738-109871-1-5P.DOCX	06-11-2019	INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR
Submetido por	Srta. Amanda Macedo Peixoto 		
Data de submissão	6 de novembro de 2019 - 15:25		
Seção	Artigos		
Editor	Nenhum(a) designado(a)		


Situação

Situação	Aguardando designação
Iniciado	06-11-2019
Última alteração	06-11-2019


Metadados da submissão

[EDITAR METADADOS](#)

Autores

Nome	Amanda de Macedo Peixoto 
Instituição/Afiliação	Universidade Federal da Bahia
País	Brasil
Resumo da Biografia	<p>Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Ceará;</p> <p>Pós-graduação (nível mestrado) em Geologia Ambiental, Hidrologia e Recursos Hídricos em andamento pela Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências.</p>

Contato principal para correspondência.

Nome	Manoel Jerônimo Moreira Cruz 
Instituição/Afiliação	Universidade Federal da Bahia
País	Brasil
Resumo da Biografia	<p>Graduação em Geologia pela Universidade Federal da Bahia, Mestrado em Geologia pela Universidade Federal da Bahia, Doutorado em Petroquímica pela Université Pierre & Marie Curie, Paris VI e pós-doutorado na Universidade de Montpellier em petrogeoquímica.</p>

Experiência na área de Geociências, ênfase em mapeamento geológico básico, estudo de corpos básicos de natureza gabro-anortosítica e mineralizações associadas, atua também na área da química mineral, litogeoquímica, hidrogeoquímica. Atualmente se dedica à geoquímica das interfaces, geoquímica ambiental, no estudo da qualidade das águas, vulnerabilidade de aquíferos, recuperação de áreas degradadas e geoquímica médica.

Professor Titular da Universidade Federal da Bahia.

Título e Resumo

Título	CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E TEMPORAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO CONCEIÇÃO DO COITÉ, BAHIA, NORDESTE DO BRASIL
Resumo	<p>O clima do município de Conceição do Coité (BA) é caracterizado por baixa intensidade pluviométrica e elevadas taxas de evapotranspiração. O aquífero local do tipo fissural, está inserido em ambiente geológico de rochas de alto grau metamórfico. Sua reserva de água subterrânea torna possível o desenvolvimento de atividades antrópicas, que permitem explorações para uso doméstico, irrigação, entre outros. Foram tratados dados analíticos oriundos de 58 poços tubulares arquivados no banco de dados CERB em 2006 e acrescidos dos obtidos nesta pesquisa no ano de 2018 para a caracterização da qualidade destas águas para irrigação e para uma análise da evolução temporal de 12 anos. Concluiu-se que as concentrações elevadas de sais, podem ocasionar a salinização e a sodificação dos solos e conseqüentemente deterioração de algumas culturas. As relações químicas obtidas permitiram classificar as águas como cloretadas sódicas. Comparando os parâmetros analisados com os padrões de uso para irrigação, observou-se precariedade que inviabilizam a sua utilização em mais de 70% dos poços analisados.</p>

Indexação

Palavras-chave	estudos hidroquímicos; uso para irrigação; semiárido baiano
Idioma	pt

Agências de fomento

Agências	CAPES; Grupo Geoquímica das Interfaces; Laboratório PLASMA; Laboratório NEA; Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia
----------	--

A RAS teve que passar por uma reestruturação do seu banco de dados, caso seu LOGIN e SENHA NÃO MAIS FUNCIONEM, por favor, CADASTRE-SE NOVAMENTE. Desculpe pelo transtorno.

**ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, Brasil
e-ISSN 2179-9784 (eletrônico)**