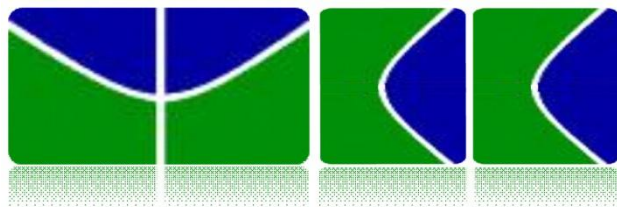


Trabalho de Conclusão de Curso

Licenciatura em Ciências Naturais



**Caracterização catiônica e aniônica de águas
subterrâneas do médio curso do rio São Francisco,
oeste do estado da Bahia**

Rafael Zielke Schio

Orientador: Dra. Poliana Dutra Maia

Universidade de Brasília

Faculdade UnB Planaltina

Janeiro de 2013

CARACTERIZAÇÃO CATIÔNICA E ANIÔNICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MÉDIO CURSO DO RIO SÃO FRANCISCO, OESTE DO ESTADO DA BAHIA

Rafael Zielke Schio¹

Poliana Dutra Maia²

1. RESUMO

Ainda que a qualidade das águas subterrâneas seja considerada mais estável do que as águas superficiais devido aos maiores tempos de residência, sabe-se que os aquíferos cársticos devido a sua porosidade, são extremamente vulneráveis a contaminações químicas. Este artigo tem por foco avaliar a distribuição de cátions e aniões de águas subterrâneas do médio curso do rio São Francisco localizado no oeste do estado da Bahia, Brasil. A análise dos dados demonstra que o curso hídrico subterrâneo é diretamente influenciado pelo ciclo hidrológico local, pois as amostras coletadas de poços ou nascente, que são abastecidos pelo lençol freático, possuem significativas variações nas concentrações analisadas durante os períodos de seca e chuva. Análise de amostras de locais de captação para consumo é de extrema importância para políticas públicas de saneamento e tratamento de possíveis focos de contaminação, além de projetos de conscientização da população inserida nestes locais.

Palavras-chave: íons dissolvidos, contaminação antropológica, hidrogeologia.

2. INTRODUÇÃO

A água é uma substância química importante para a vida, pois segundo a teoria de Oparin-Haldane, aminoácidos teriam sido produzidos a partir de moléculas carbonadas mais simples, num ambiente redutor (DAMINELI e DAMINELI, 2007). As combinações desses elementos químicos presentes na Terra primitiva permitiram o surgimento da vida nos oceanos.

Já o surgimento da molécula de água está relacionado com a formação da atmosfera por meio do processo de degaseificação do planeta, onde ocorre à liberação de gases por um sólido ou líquido quando estes são aquecidos ou resfriados (KARMANN, 2009). Esse

¹Graduando em Ciências Naturais. Discente, Faculdade UnB Planaltina, FUP. Planaltina, Brasília. <rafaelzielke@hotmail.com>.

²Doutora em Ciências da Terra, especialista em geoquímica de águas continentais. Docente, Faculdade UnB Planaltina, FUP. Planaltina, Brasília. <polianamaia@unb.br>.

processo é contínuo, mas se iniciou na fase de resfriamento geral da terra logo após a fase inicial de fusão. Com resfriamento e a formação das rochas ígneas, o planeta gerou toneladas de vapor de água (H₂O) e gás carbônico (CO₂) entre outros subprodutos que dependem da composição química específica de cada rocha.

Além disso, um dos importantes usos da água no Brasil é como fonte de abastecimento público onde se utiliza águas superficiais (rios, lagos, canais, etc.) e subterrâneas (lençóis subterrâneos) (FILHO, 2004). A legislação brasileira, Portaria MS 518/2004, estabelece que água potável seja para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2004).

Atualmente, no Brasil, sabe-se que várias cidades são abastecidas por meio de captação da água de origem subterrânea o que justifica o estudo detalhado dessas áreas. Nesse sentido, faz-se necessário a definição hidrogeológica dos diferentes tipos de água subterrânea, sendo elas:

i) **lençol freático** ou “aquífero artesianos livre” o qual é caracterizado como um reservatório de água subterrânea decorrente da infiltração da água da chuva no solo nos chamados locais de recarga (FARIA, 2008) composto pela zona de saturação que representa o local onde o solo (ou rochas) está encharcado pela água e que constitui o limite inferior do lençol freático e pela zona de aeração representado pelo local onde os poros do solo (ou rochas) estão preenchidos parte por água e parte por ar, portanto, nos lençóis freáticos não há confinamento, a água flui livremente e, eles geralmente se encontram há uma profundidade não muito grande o que pode ocasionar a formação de nascentes; e

ii) **aquífero** caracterizado como uma formação geológica subterrânea formada por rochas porosas e permeáveis capazes de reter e fornecer água para poços e nascentes, portanto observa-se bastante mobilidade das águas nos aquíferos.

Além disso, de acordo com o armazenamento da água, os aquíferos podem ser de classificados em dois diferentes tipos, sendo eles (MARTINEZ, 2010):

i) **aquífero livre ou freático** são formações geológicas de característica permeável, parcialmente saturada de água, sendo sua base formada por uma camada impermeável como, por exemplo, a argila, ou pode ser semipermeável. Portanto, neste aquífero existe uma superfície livre de água que se encontra sob pressão atmosférica (superfície piezométrica),

sendo que o nível da água varia segundo a quantidade de chuva, e é o tipo de aquífero mais comum que apresentam maiores problemas de contaminação;

ii) aquífero confinado ou artesiano ocorre quando a água subterrânea está confinada sob uma pressão superior do que a pressão atmosférica, isto, devido à existência de uma camada confinante impermeável acima do aquífero, portanto a exploração dessa água ocorre somente por meio de furo artesiano;

No entanto, podem-se diferenciar dois tipos de aquíferos em função do tipo de rocha armazenadora, sendo elas:

iii) aquíferos porosos presença de espaços vazios na rocha, de pequenas dimensões (poros), por onde a água circula, estão associados com rochas sedimentares consolidadas, solos arenosos e sedimentos inconsolidados e representam o grupo de aquíferos mais importantes, devido ao grande volume de água que armazenam e também por serem encontrados em muitas áreas.

iiii) aquíferos fraturados ou fissurados são caracterizados por possuírem fraturas abertas que acumulam água, sendo que estas fraturas são resultantes do resultado de deformação da rocha quando esta é submetida a esforços tensionais de natureza diversa e estão associados com rochas do tipo ígneas e metamórficas.

Dentre os aquíferos fraturados encontram-se os aquíferos cársticos os quais ocorrem em regiões superficiais que apresentam características morfológicas e hidrogeológicas específicas, tais como: ocorrência em zonas desnudas sem vegetação e em solo com grande capacidade de infiltração de águas de chuvas/superficiais, presença de baixa corrente de águas superficiais, inclusive em períodos úmidos, baixo escoamento superficial (Silva, 2008). A qualidade da água desses aquíferos é diretamente influenciada pela composição química de suas rochas, principalmente as rochas carbonáticas, tais como: calcários, compostos predominantemente por calcita (CaCO_3) e a dolomita, composto pelo mineral dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) (SOUSA e VIDAL, 2005). Além disso, existem outros minerais associados às rochas carbonáticas, como por exemplo, siderita (FeCO_3), ankerita [$\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Mn})(\text{CO}_3)_2$]; ankerita normal – [$\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$] e magnesita (MgCO_3). Cerca de 5 a 7% do território brasileiro é ocupado por cárste carbonático, constituindo um importante componente das paisagens do Brasil (KARMANN, 2009).

No Brasil, o grupo “Bambuí” e “Una” do período Neoproterozóico representam os principais depósitos de rochas carbonáticas (Figura 1), com ocorrência nos estados de Minas

Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro além do litoral da região nordeste, onde merecem destaque os estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará (SOUSA e VIDAL, 2005). Essas áreas são marcadas por importantes reservas cubadas de rochas carbonáticas, especialmente metamorfozadas e de idades proterozóicas (540 Ma a 2.5 Ga) (SOUSA e VIDAL, 2005).

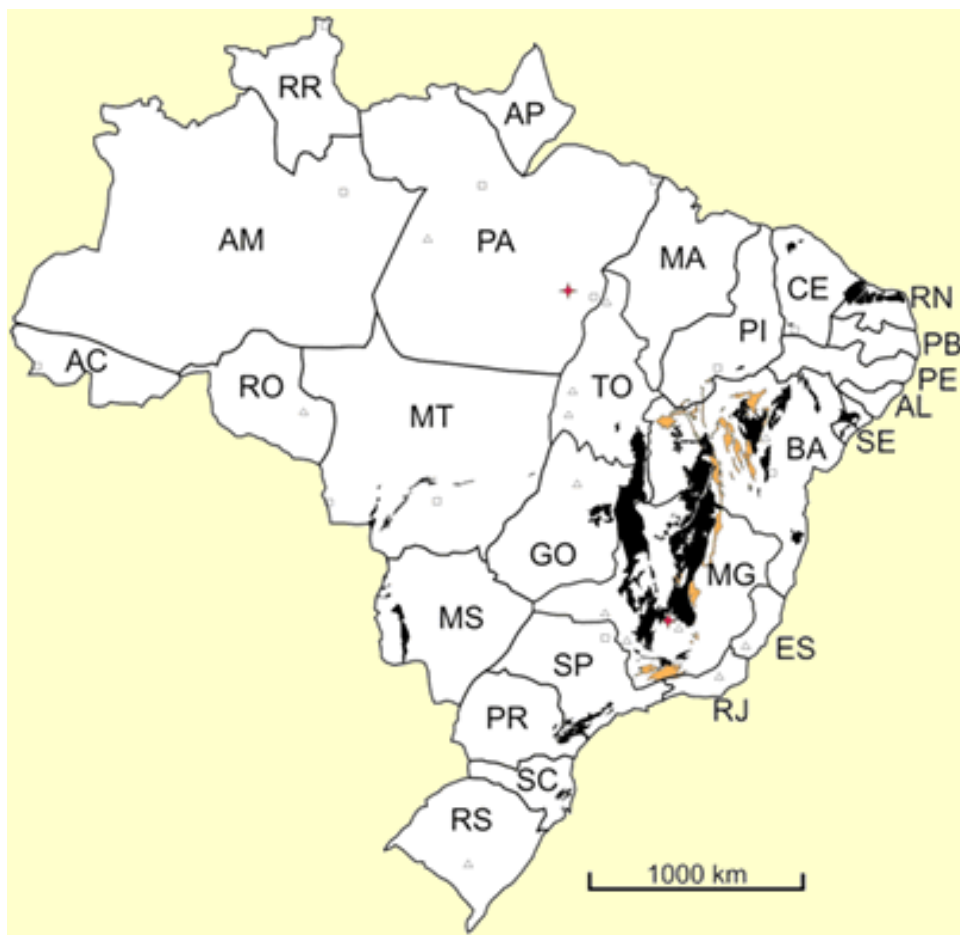


Figura 1: O mapa apresenta as principais áreas carbonáticas do Brasil (em preto), as principais áreas quartzíticas que apresentam cavernas (em laranja), áreas carbonáticas de pequena extensão (triângulos) e áreas em outras litologias (principalmente arenitos) onde se conhecem cavernas (quadrados) (carste.com.br/carste-brasil.php).

A carstificação é o processo no qual há dissolução pela água de uma rocha carbonática (solúvel) fissurada (SILVA, 2008). A característica predominante de regiões cársticas é a substituição de redes de drenagem fluvial organizada, por bacias de drenagem centrípeta caóticas que conduzem água superficial para sumidouros, conectando superfície com drenagem subterrânea (KARMANN, 2009). Entretanto, Silva (2008) define que as superfícies cársticas não apresentam relevos caóticos e desorganizados de dolinas, depressões fechadas e

sumidouros, um padrão organizado e estruturalmente condicionado sempre existem em todas as superfícies cársticas, porém, este padrão varia muito em uma bacia hidrográfica com grande extensão. Além disso, quanto mais desenvolvida a bacia de drenagem cárstica, maior a drenagem e menor o fluxo de água superficial. A forma mais frequente em formações cársticas, são as “dolinas”, que possuem formas de cones, se formando a partir de um ponto de dissolução da rocha carbonática (KARMANN, 2009). No entanto, existem diversas formas cársticas de absorção, que foram divididas em fechadas, abertas e alóctones (alógenas) (SILVA, 2008). Dentre as fechadas estão as dolinas, uvalas, poljes, vales cegos, zonas de perdas e vales mortos, e dentre as formas abertas estão as simas, sumidouros e cavernas. Já as formas alógenas são vales que cruzam os cárstes.

A hidrologia em aquíferos cársticos é diferente da maioria dos aquíferos formados em rochas granulares ou fraturados devido a abundância de água, ao tamanho e ao nível de intercomunicação entre as fissuras que são aumentadas por dissolução da rocha carbonática. Ademais, a presença de fluxo turbulento em condutos faz com que este tipo de aquífero não seja regido pelas leis normalmente aplicáveis à hidrogeologia, como a lei de Darcy (GERSCOVICH, 2011).

Ainda que a qualidade das águas subterrâneas seja considerada mais estável do que as águas superficiais devido aos maiores tempos de residência, sabe-se que os aquíferos cársticos devido a sua porosidade, são extremamente vulneráveis a contaminações químicas. Nesse sentido, é necessário um maior conhecimento da composição química das águas subterrâneas, uma vez que são utilizadas como água para abastecimento público.

O objetivo deste estudo é avaliar a distribuição de cátions e aniões de águas subterrâneas do médio curso do rio São Francisco localizado no oeste do estado da Bahia, Brasil. Essa pesquisa é parte do projeto intitulado “Caracterização hidrogeológica preliminar de tributários subterrâneos do carste que constitui a “Depressão Sanfranciscana” do rio Corrente - médio curso do rio São Francisco (oeste da Bahia)” financiado pelo CNPq que tem coordenadora a Professora Dra Cristina Caetano Bicalho e a participação do IG/UnB; UFF e IRD.

3. ÁREA DE ESTUDO

O projeto foi desenvolvido na bacia do rio Corrente, na sub-bacia do rio São Francisco, com latitudes em que se alinham às cidades de Correntina e Bom Jesus da Lapa (Figura 2). A bacia do rio Corrente situa-se na região oeste da Bahia, limitando-se ao sul com

a bacia do rio Carinhanha, na divisa do estado de Minas Gerais, ao Norte com a bacia do Rio Grande, a leste com a bacia do rio São Francisco e a oeste com a bacia do rio Tocantins.

A bacia do rio Corrente tem uma área de 42.732 km², uma vazão média de 36 m³/s e uma precipitação média anual de 1.000 mm. Os meses de maio à setembro são caracterizados como período seco quando chove 4% do total de pluviosidade e o período chuvoso vai de outubro à abril com 96% da precipitação anual (HIGESA, 1995).

A bacia do São Francisco, com área de 631.133 km² situa-se em áreas de planalto, entre altitudes que variam de 400 a 1000m e tem seu principal rio, o São Francisco o qual nasce na Serra da Canastra (Minas Gerais) e deságua no oceano Atlântico.

Segundo Seargi (2007) a região Oeste da Bahia é uma das que mais crescem economicamente em função da exploração agropecuária e agroindustrial, cuja intensificação ocorreu na década de 80 com o segmento produtor de grãos. Essa região favorece esse tipo de atividade econômica, devido sua posição geográfica e por possuir significativos recursos hídricos.

Além disso, atualmente, as paisagens cársticas estão ameaçadas, devido ao conjunto de ações antrópicas, tais como: agricultura tradicional, mineração abusiva, como a extração de calcário para correção de acidez do solo e para construção civil, mármore, bem como o crescimento populacional da região (Santana et al. 2010).

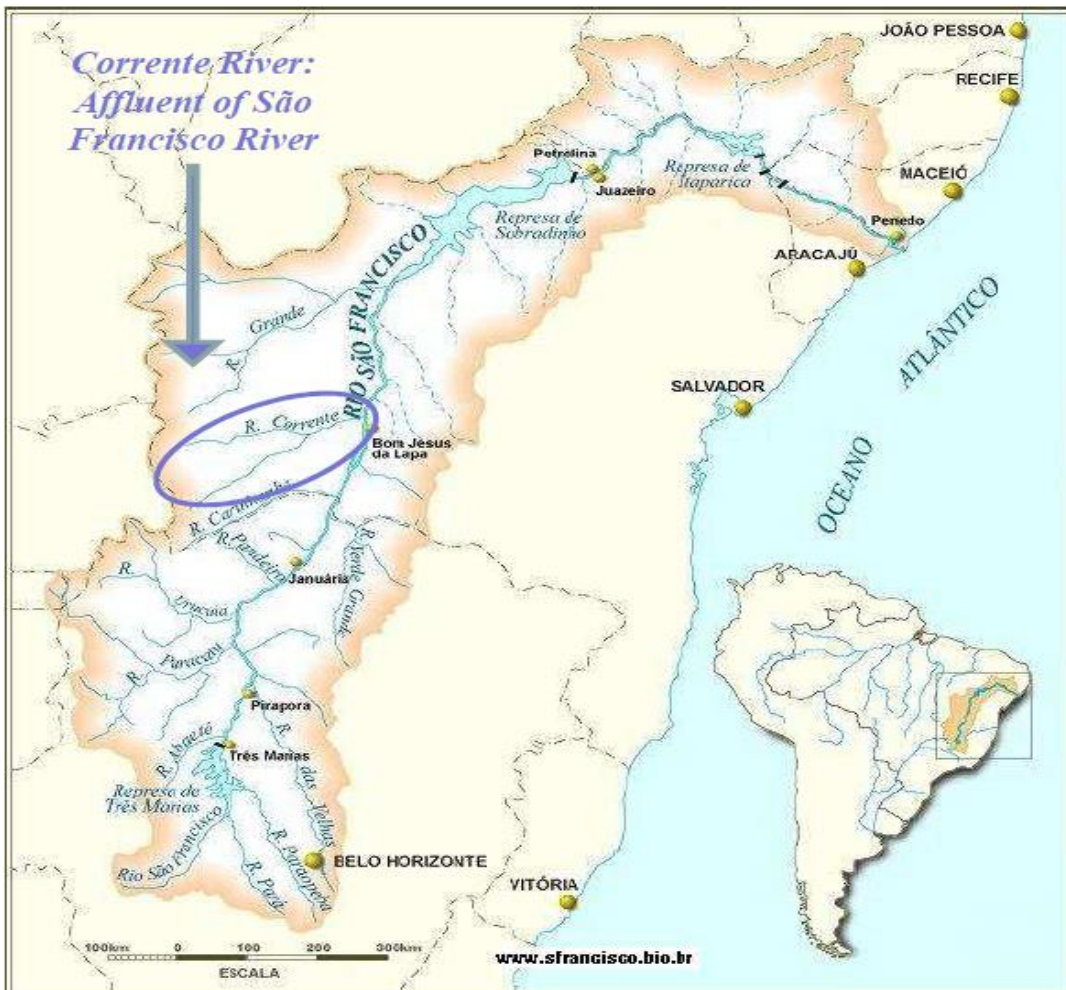


Figura 2: Localização da área de estudo referente à bacia do rio Corrente e sub-bacia do rio São Francisco, Fonte: Bicalho et al., 2012.

A geologia da região de estudo é caracterizada pela presença de duas províncias bem distintas: uma seqüência pelítico-carbonática do Proterozóico Superior, constituindo o Grupo Bambuí e os chapadões areníticos da Formação Urucua, que é a formação predominante na área (50%). A área de estudo de principal interesse deste projeto consiste na Depressão Sanfranciscana, que é uma larga faixa da margem ocidental do rio São Francisco que se estende longitudinalmente no Estado da Bahia entre os chapadões areníticos da Formação Urucua e a calha do rio propriamente dita (HIGESA, 1995; Lage et al., 2008). Nessa região ocorrem rochas carbonáticas, as quais apresentam intenso intemperismo químico pela ação da água da chuva.

O sistema aquífero Urucua ocorre principalmente na região do oeste do estado da Bahia, estendendo-se desde o extremo sul do Maranhão e Piauí, até o extremo noroeste de Minas Gerais. Seus limites meridionais são balizados a oeste pelo limite da serra Geral de

Goiás, desde a região nordeste de Goiás até o sudeste do Tocantins; e a leste na altura das sedes dos municípios de Barreiras (BA), Correntina (BA), Cocos (BA), Formosa do Rio Preto (BA) e Gilbués (PI) (Villar, 2012).

No aquífero cárstico existem 191 poços tubulares perfurados, com uma vazão média de 12,58 m³/h e máxima de 39,6m³/h, com capacidade através de precipitações pluviométricas e águas restituídas dos Arenitos da formação Urucuia (HIGESA, 1995).

4. METODOLOGIA

4.1. Amostragem, limpeza de material e acondicionamento das amostras

Para esse estudo foram coletadas amostras de águas em rios (ponto 213, ponto 211, Santana, Sto Antonio, Sto Antonio – Urucuia, Ponte Velha e Salobro), poços (Barreiro Fundo, Fazenda Invenção, Sto Antonio), lago (lagoa da Pedra) e nascentes (Represa, Fazenda Invenção, Gruta do Salobro, Vaca Morta, Bananeira, Ponta d`água, Olho d`água do Cumbra) localizados ao longo do Rio Corrente sobre a formação Urucuia (Figura 4). As coletas foram realizadas em diferentes períodos pluviométricos, sendo eles: agosto de 2011 (período seco), novembro de 2011 e março de 2012 (períodos chuvosos).

Para coleta e armazenamento das amostras de água bruta e filtrada utilizou-se frascos de polietileno de alta densidade os quais foram limpos previamente com ácido clorídrico (HCl 10% v/v) ou ácido nítrico (HNO₃ 10% v/v) e enxaguados três vezes, antes e depois do ácido, com água ultrapura (Milli-Q) e depois foram armazenados em sacos de polietileno com duplo fechamento (“Ziploc”). Durante toda a manipulação utilizou-se luvas de polietileno sem talco.

No campo, as amostras de água foram coletadas manualmente em frascos de 0,5L, sendo enxaguadas três vezes com a água do manancial amostrado e acondicionadas, em caixas de isopor com gelo, até a chegada ao laboratório.

No laboratório, as amostras de água (150 mL) foram filtradas por um sistema de filtração a vácuo manual por meio de uma membrana de acetato de celulose com porosidade de 0,45 µm, com a finalidade de eliminar as partículas em suspensão.

As amostras filtradas foram separadas em duas subamostras de 50 mL para diferentes análises químicas: i) análise de ânions (amostra não acidificada) e ii) análise cátions (amostra acidificada com 2 gotas de ácido nítrico concentrado). Além disso, uma terceira subamostra, sem filtração e acidificação, foi separada para a determinação da alcalinidade.

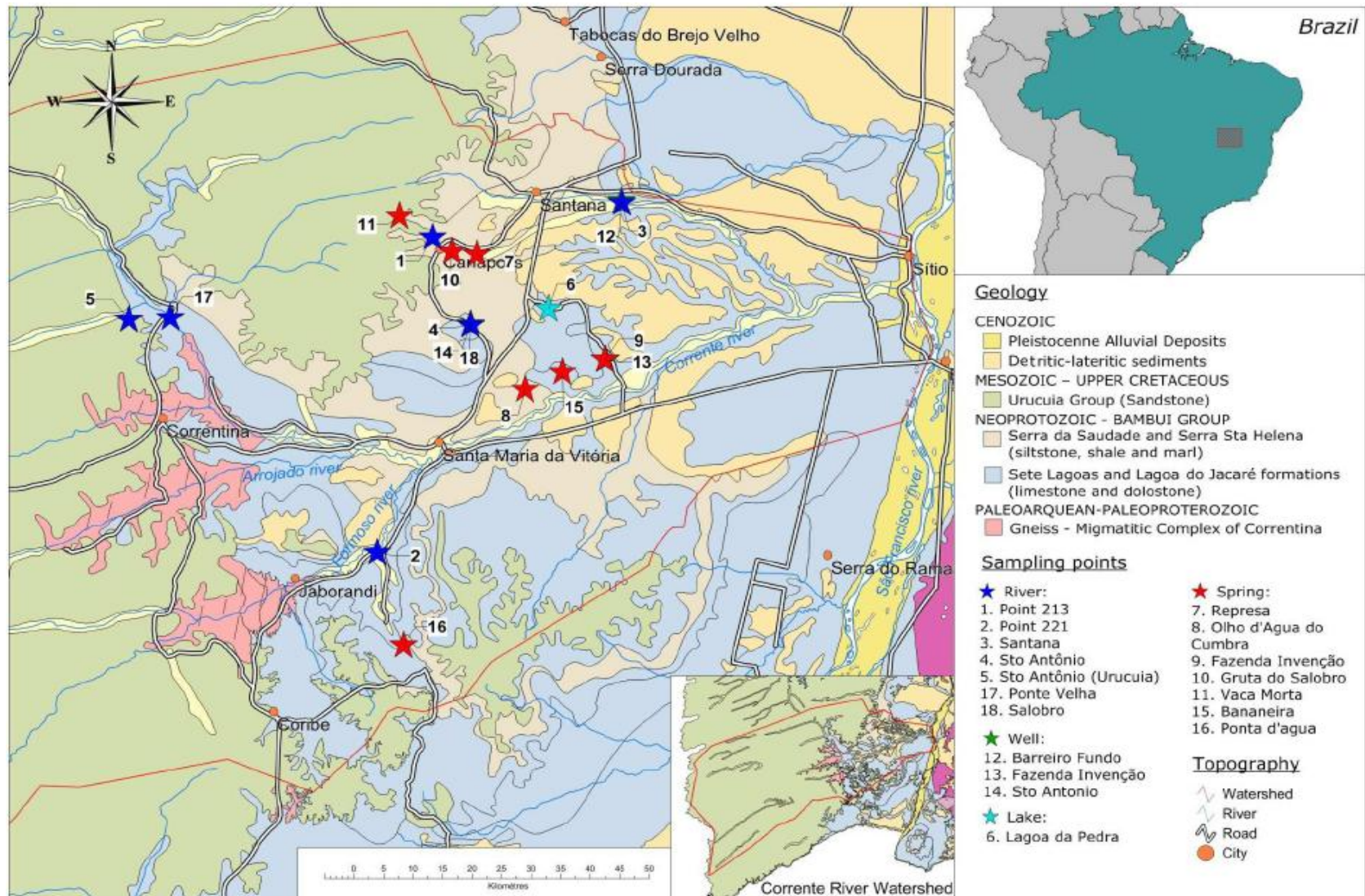


Figura 4 – Localização dos pontos de coleta de amostra de água e geologia da área de estudo (Fonte: BICALHO, C. C. et al., 2012).

4.2. Análises química

Os parâmetros físico-químicos tais como, condutividade, pH e temperatura foram medidos no campo por uma sonda IZI. As determinações dos ânions (F^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} e NO_3^-) foram realizadas por cromatografia iônica, com um aparelho da marca Metrohn modelo 761, no laboratório de Geocronologia do Instituto de Geologia da UnB (IG/UnB).

Para as determinações de cátions (K^+ e Na^+) utilizou-se o método de espectrometria de absorção atômica (AAS) e essas análises foram realizadas no laboratório de Geoquímica do Instituto de Geologia da UnB (IG/UnB). A alcalinidade (HCO_3^-) foi realizada com um titulador eletrônico nesse mesmo laboratório.

Na Tabela 1 encontra-se o limite de detecção (LD) das técnicas utilizadas que representa a menor concentração da substância química que pode ser detectada pelo método analítico, mas não necessariamente quantificada. Já o limite de quantificação (LQ) representa 10 vezes o LD e o mesmo foi utilizado para as análises dos cátions.

AAS	Na	K			
LD (mg/L)	0,0125	0,028			
LQ (mg/L)	0,12	0,28			
Cromatografia Iônica	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
LD (mg/L)	0,008	0,368	0,275	0,2	1,5

Tabela 1: Limites de detecção e quantificação utilizados para as análises de cátions (AAS) e para análise de aniões (cromatografia iônica)

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

O pH é a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons H^+ e OH^- e essas alterações naturais podem ocorrer na presença de ácidos carbônicos e húmicos dissolvidos provenientes da degradação da matéria orgânica. Nos mananciais subterrâneos estudados, os valores de pH variaram entre 6 e 8, tendo os pontos Nascente Vaca Morta com pH mais ácido, variando de 4,64 a 5,4, e Lagoa de Pedra o pH mais básico, variando de 8,33 a 8,6.

Condutividade elétrica é a capacidade que a água tem de transmitir corrente elétrica devido à presença de íons dissolvidos (ânions e cátions). De acordo com os Gráfico 1 e 2, observa-se que a maioria das amostras apresentaram uma mesma tendência com valores menores em novembro/11 se comparado ao período de seca, em agosto/11, e de final de chuvas, em março/12, demonstrando ser também diretamente influenciado pelo ciclo hídrico. Já as amostras de Nascente Vaca Morta e Barreiro Fundo (poço) (Gráfico 2), possuem valores

de condutividade elétrica maiores em novembro do que em agosto, que pode ser devido a lixiviação e aumento na quantidade de íons dissolvidos. Entretanto, os pontos Poço Faz. Invenção (Gráfico 1), Rio Ponte Velha, Ressurgência Bananal e Barreiro Fundo (poço) (Gráfico 2) apresentam valores menores em março do que os de novembro, que pode ser devido a diminuição na quantidade de água disponível e da precipitação.

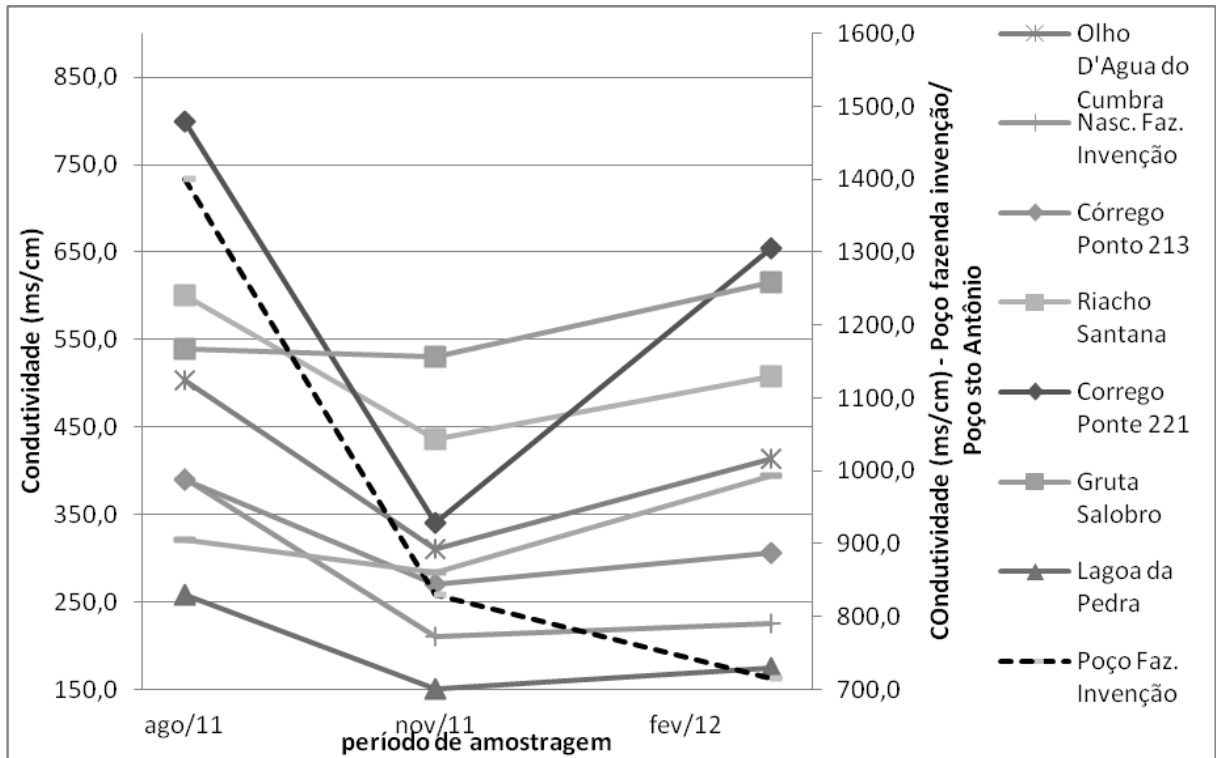


Gráfico 1 – Variação da condutividade elétrica (CE - ms/cm) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (início chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo.

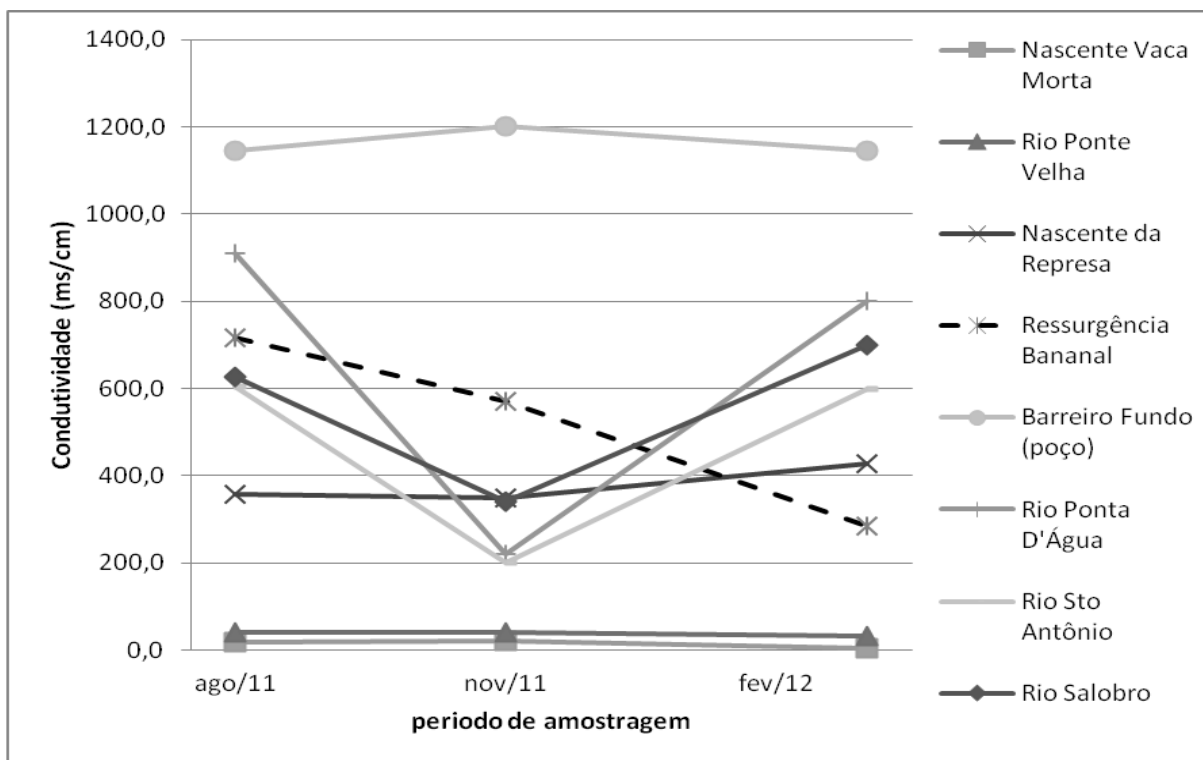


Gráfico 2 – Variação da condutividade elétrica (CE - ms/cm) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (início chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo.

Considerando as concentrações dos cátions analisados (Na e K), observa-se que as concentrações de Na variaram, na maioria das amostras, de 0,2 mg/L a 13,5 mg/L (Gráfico 3) com exceção das amostras Poço Faz. Invenção, Poço Santo Antônio, Riacho Santana, Ressurgência Bananal e Barreiro Fundo (poço) onde o valor máximo foi de 143,58 mg/L. Para os pontos Poço Fazenda Invenção e Ressurgência Bananal houve um elevação muito acentuada na concentração de Na no período de chuvas (Gráfico 4). Entretanto, para as amostras Rio Salobro, Olho D'Água do Cumbra, Rio Santo Antônio, Nascente Fazenda Invenção, Nascente Vaca Morta, Córrego Ponto 213, Rio Ponte Velha, Córrego Ponte 221, Gruta Salobro, Lagoa da Pedra, Nascente da Represa, Barreiro Fundo (poço), Poço Santo Antônio e Rio Ponta D'Água observa-se um equilíbrio nas concentrações de Na, pois esses valores foram aproximadamente os mesmos durante a seca e final de chuva.

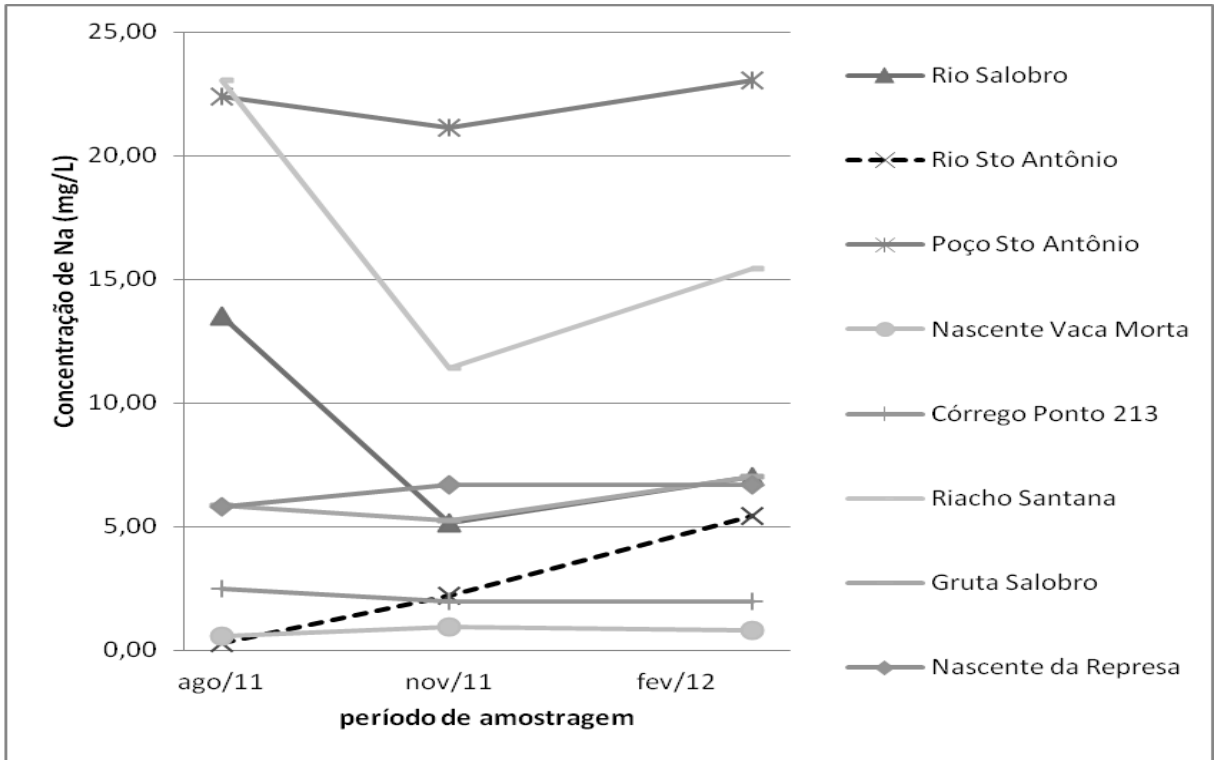


Gráfico 3 – Variação das concentrações de Na (mg/L) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (início chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo.

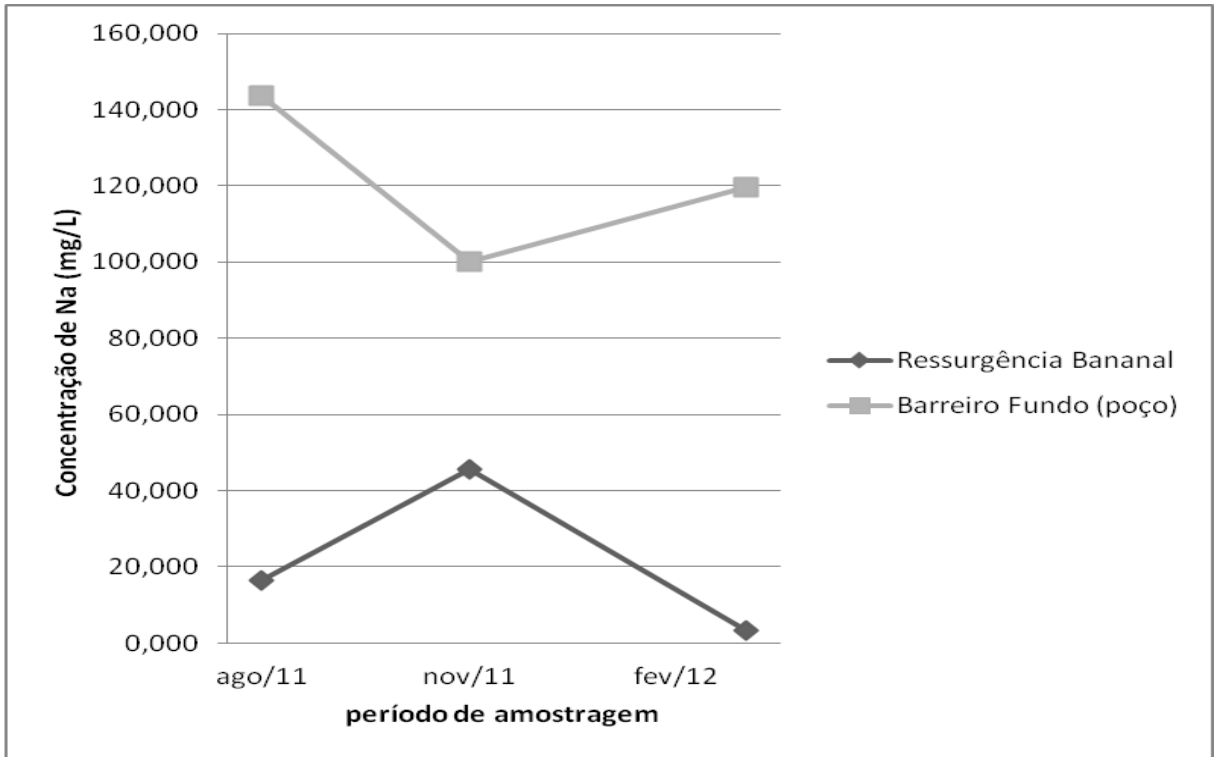


Gráfico 4 – Variação das concentrações de Na (mg/L) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (início chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo.

Já para as concentrações de K observa-se que as mesmas variaram, na maioria das amostras, de 0,2 mg/L a 5 mg/L (Gráfico 5) com exceção das amostras Ressurgência Bananal e Poço Santo Antônio (Gráfico 6) onde o valor máximo foi de 15,36 mg/L. Para as amostras Córrego Ponto 213, Gruta Salobro, Nascente da Represa, Barreiro Fundo (poço), Riacho Santana e Nascente Vaca Morta observa-se um equilíbrio nessas concentrações, pois esses valores foram aproximadamente os mesmos durante a seca e final de chuva. Já os pontos Rio Sto Antônio e Rio Salobro são os que apresentaram a maior diferença do período de seca em agosto e de final de chuvas em março, tendo um aumento na concentração no período de chuvas em novembro. Obteve também um aumento de concentração de K em novembro o ponto Nascente Vaca morta. Este fato pode ser devido à lixiviação do íon da rocha. As demais a concentração diminuiu em novembro em relação agosto e voltou a aumentar em março, sendo provavelmente devido ao aumento e diminuição na quantidade de água no sistema.

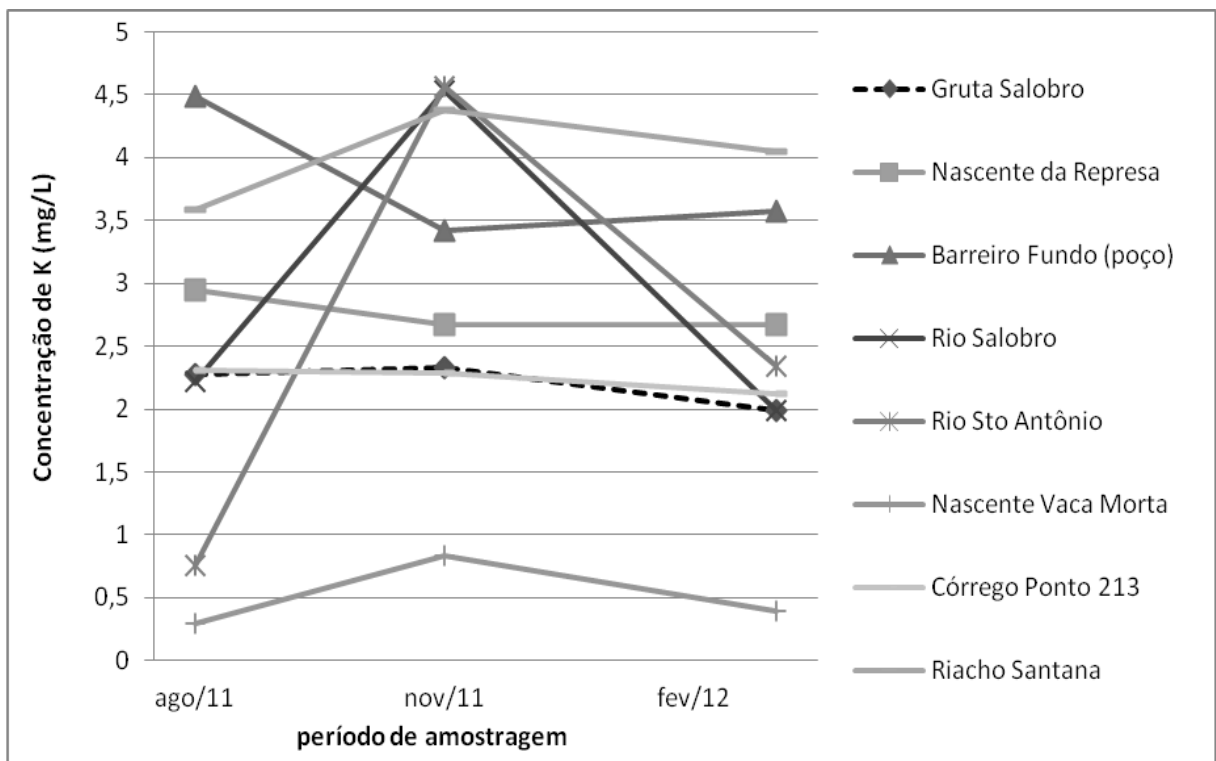


Gráfico 5 – Variação das concentrações de K (mg/L) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (início chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo.

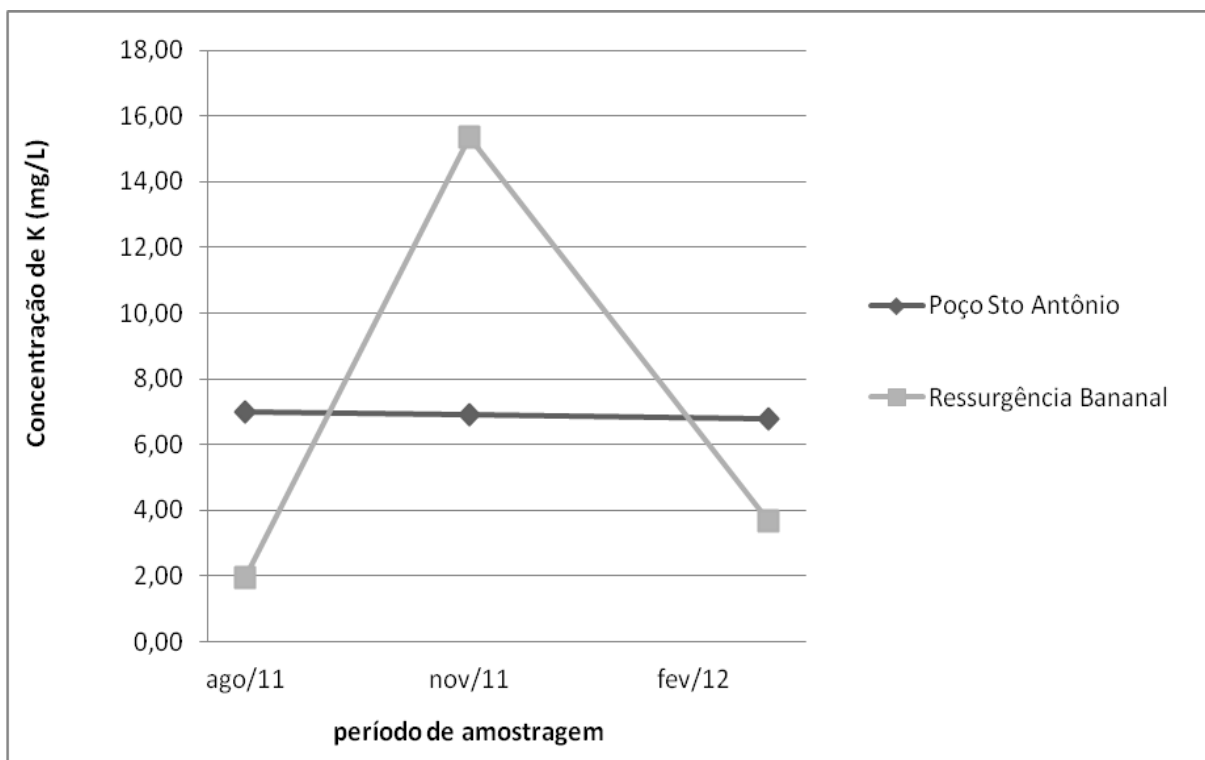


Gráfico 6 – Variação das concentrações de K (mg/L) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (início chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo.

Analisando os ânions em solução, sabe-se que a alcalinidade é capacidade que a água tem de neutralizar ácidos e é derivada principalmente de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, quase sempre de alcalinos ou alcalinos terrosos. Nesse estudo, as concentrações de HCO_3^- variaram significativamente sendo que se observa a formação de dois grupos bem distintos: um com concentrações mínimas mensuradas no início das chuvas (ago/11 – Gráfico 7) e outro grupo em oposto, com concentrações máximas no início das chuvas (Gráfico 8). Para esse grupo a elevada concentração de HCO_3^- no início da chuva deve estar associada ao processo de lixiviação da geologia local, onde em alguns lugares ocorre predominância de carbonato e bicarbonato.

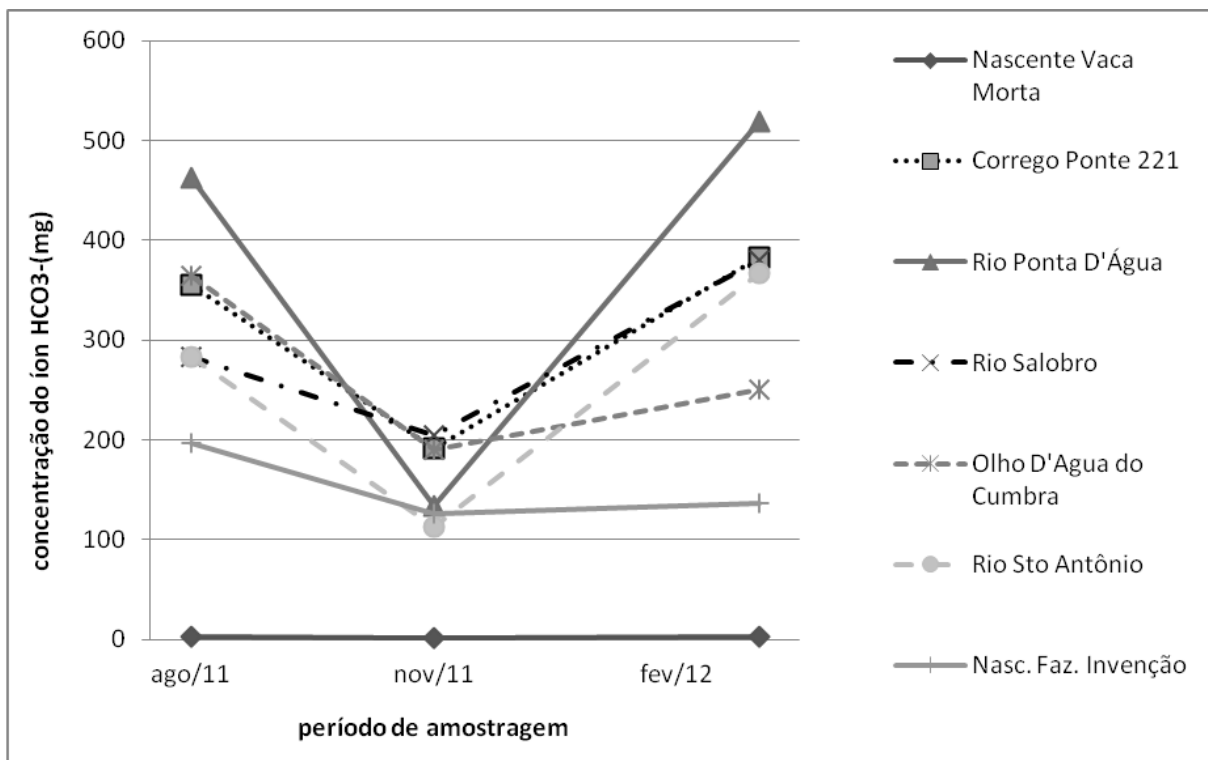


Gráfico 7– Variação da alcalinidade medida pela concentração do íon HCO_3^- (mg) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (início chuva) e Março (Final chuva).

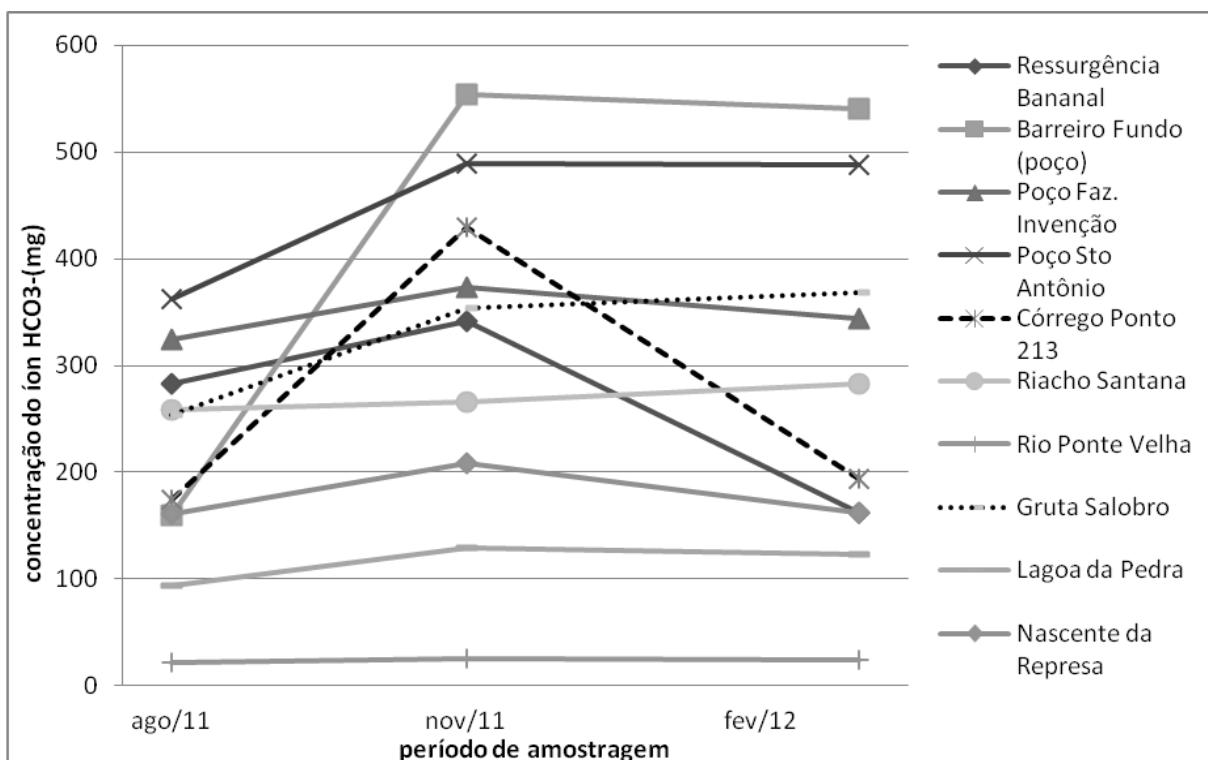


Gráfico 8 – Variação da alcalinidade medida pela concentração do íon HCO_3^- (mg) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (início chuva) e Março (Final chuva).

De acordo com a Tabela 2, observa-se que as concentrações de fluoreto (F⁻) são menores no mês de novembro quando comparado com os meses de agosto e março. Essa diminuição pode ser devido ao aumento na quantidade de água no sistema, devido ao início das chuvas. Comparando os dados das amostras coletadas no período chuvoso, novembro (início) e março (final) observa-se que há uma tendência ao aumento na concentração deste íon o qual deve estar associado à diminuição na quantidade de água e, portanto, um aumento na concentração. Os pontos de coleta Córrego Ponte 221 e Nascente da Represa apresentam uma variação diferente dos demais, tendo uma diminuição na concentração entre as coletas feitas em novembro e março, que pode ser devido à precipitação por um menor fluxo hídrico.

Segundo a Resolução N^o 357, de 17 de março de 2005, a concentração máxima permitida de fluoreto total é de 1,4 mg/L. Portanto, na área de estudo, conforme observa-se na Tabela 2, apenas as amostras Poço Fazenda Invenção e Nascente da Represa possuem concentração acima do recomendado conforme estabelece essa resolução. Caso este Poço e esta nascente sejam utilizados para abastecimento humano, devem ser tomadas as devidas providências para diminuir esta concentração ou no caso de não haver esta possibilidade, a captação deve ser suspensa.

	Fl⁻ (mg/L)	Fl⁻ (mg/L)	Fl⁻ (mg/L)
	Ago/11	Nov/11	Mar/12
Rio Salobro	n.d	0,291	0,364
Olho D'Água do Cumbra	n.d	n.d	0,323
Rio Sto Antônio	n.d	0,274	0,391
Nasc. Faz. Invenção	n.d	n.d	n.d
Poço Faz. Invenção	5,441	0,770	1,890
Poço Sto Antônio	0,639	0,000	0,479
Nascente Vaca Morta	n.d	n.d	n.d
Córrego Ponto 213	n.d	n.d	n.d
Riacho Santana	n.d	n.d	0,367
Rio Ponte Velha	n.d	n.d	n.d
Corrego Ponte 221	n.d	0,404	0,321
Gruta Salobro	n.d	n.d	0,317
Lagoa da Pedra	0,645	n.d	0,389
Nascente da Represa	5,3	0,423	0,331
Ressurgência Bananal	0,574	0,321	n.d
Barreiro Fundo (poço)	1,166	n.d	0,620
Rio Ponta D'Água	0,623	0,344	0,456

Tabela 2 – Variação de FI (mg/l) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (inicio chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo. n.d. não detectável por cromatografia iônica.

De acordo com a Tabela 3 observa-se que as concentrações de cloreto (Cl) são menores no mês de novembro quando comparado com os meses de agosto e março. Essa diminuição pode ser devido ao aumento na quantidade de água no sistema, devido ao início das chuvas. Comparando os dados de novembro e março, as concentrações tendem a voltar a aumentar provavelmente devido a quantidade de água ser menor no final do período de chuvas. As amostras dos pontos Nascente Vaca Morta, Lagoa de Pedra e Nascente da Represa, não se configuram nesta diminuição, neste caso, estas aumentaram suas respectivas concentrações de agosto a novembro que pode ser ocasionada pela lixiviação da rocha que contem cloro presente naquele local específico, ou mesmo por contaminação humana. Alguns pontos como, Poço Faz. Invenção, Nascente Vaca Morta, Rio Ponte Velha, Lagoa de Pedra e Nascente da Represa, apresentam uma diminuição da concentração de cloreto. Neste caso, esta diminuição pode ser a floculação do cloro por menor fluxo hídrico.

Segundo a Resolução N^o 357, de 17 de março de 2005, a concentração máxima permitida de cloreto total é de 250 mg/L. Apenas a amostra coletada no período de seca em agosto, no ponto Poço Fazenda Invenção possui concentração acima da permitida em 1 mg/L segundo a Tabela 2. A partir da análise da tabela 1 na qual o mesmo ponto possui elevadas concentrações de fluoreto, devem ser feitas mais análises neste local, para averiguar a possíveis causas dessas concentrações elevadas.

	Cl ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)
	Ago/11	Nov/11	Mar/12
Rio Salobro	n.d.	3,150	8,187
Olho D'Água do Cumbra	n.d.	1,516	1,714
Rio Sto Antônio	8,098	2,247	5,871
Nasc. Faz. Invenção	n.d.	0,714	1,034
Poço Faz. Invenção	251,628	78,922	44,152
Poço Sto Antônio	28,226	27,214	28,427
Nascente Vaca Morta	1,155	2,261	1,492
Córrego Ponto 213	n.d.	33,435	n.d.
Riacho Santana	16,887	7,982	12,141
Rio Ponte Velha	n.d.	0,886	0,528
Corrego Ponte 221	37,309	4,977	16,016
Gruta Salobro	4,6	3,595	6,452
Lagoa da Pedra	5,689	8,445	4,392
Nascente da Represa	2,3	8,128	3,322
Ressurgência Bananal	23,579	8,313	n.d.
Barreiro Fundo (poço)	64,631	38,974	54,295
Rio Ponta D'Água	10,538	3,495	7,473

Tabela 3 – Variação de Cl⁻ (mg/l) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (inicio chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo. n.d. não detectável por cromatografia iônica.

De acordo com a Tabela 4, observa-se que as concentrações de nitrato (NO₃⁻) são menores no mês de novembro quando comparado com os meses de agosto e março. Essa diminuição pode ser devido ao aumento na quantidade de água no sistema, devido ao inicio das chuvas. Comparando os dados das amostras coletadas no período chuvoso, novembro (inicio) e março (final) observa-se que há uma tendência ao aumento na concentração de NO₃⁻ o qual deve estar associado à diminuição na quantidade de água e, portanto, um aumento na concentração. Já as amostras Olho D'Água do Cumbra e Nascente Represa possuem valores menores em março se comparados às coletas realizadas em novembro podendo ser neste caso, devido à precipitação por menor fluxo hídrico. No ponto Corrego Ponte 221, a concentração aumentou de agosto a novembro, possivelmente ocasionado por lixiviação de rocha, ou contaminação.

Segundo a Resolução No 357, de 17 de março de 2005, a concentração máxima de nitrato total é de 10,0 mg/L. Apenas a amostra coletada do ponto Poço Santo Antônio possui valores acima dos permitidos. Não havendo possibilidade de tratamento da água para diminuição desta concentração, a captação para consumo humano deve ser suspensa.

	NO₃⁻ (mg/L)	NO₃⁻ (mg/L)	NO₃⁻ (mg/L)
	Ago/11	Nov/11	Mar/12
Rio Salobro	n.d.	0,678	1,222
Olho D'Água do Cumbra	n.d.	6,396	3,945
Rio Sto Antônio	1,293	1,037	2,117
Nasc. Faz. Invenção	n.d.	1,806	6,279
Poço Faz. Invenção	n.d.	n.d.	n.d.
Poço Sto Antônio	29,959	24,405	31,652
Nascente Vaca Morta	n.d.	n.d.	1,086
Córrego Ponto 213	n.d.	1,628	1,621
Riacho Santana	0,694	0,597	1,224
Rio Ponte Velha	n.d.	n.d.	n.d.
Corrego Ponte 221	1,662	1,768	2,358
Gruta Salobro	n.d.	2,434	3,737
Lagoa da Pedra	n.d.	n.d.	n.d.
Nascente da Represa	n.d.	6,385	3,923
Ressurgência Bananal	5,122	3,190	3,923
Barreiro Fundo (poço)	n.d.	n.d.	2,309
Rio Ponta D'Água	7,649	1,228	6,004

Tabela 4 – Variação de NO₃⁻ (mg/l) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (início chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo. n.d. não detectável por cromatografia iônica.

De acordo com a Tabela 5, observa-se que as concentrações de sulfato (SO₄²⁻) são menores no mês de novembro quando comparado com os meses de agosto e março. Essa diminuição pode ser devido ao aumento na quantidade de água no sistema, devido ao início das chuvas. Já o maior valor foi observado no ponto Barreiro Fundo (poço) 61,565 mg/L em março final das chuvas. Nos pontos Poço Santo Antônio e Lagoa da Pedra demonstraram um aumento na concentração desse íon, que pode ser devido à lixiviação ocasionado pela intensidade da chuva e pela característica do local. Comparando os dados das amostras coletadas no período chuvoso, novembro (início) e março (final), observa-se que há uma tendência ao aumento na concentração deste íon o qual deve estar associado à diminuição na quantidade de água e, portanto, um aumento na concentração. Entretanto, os pontos Poço Faz. Invenção, Poço Santo Antônio, Córrego Ponto 213, Corrego Ponte 221, Lagoa da Pedra e Ressurgência Bananal não possuem a mesma característica das outras amostras, nestes casos, há uma diminuição na concentração de março se comparado com novembro podendo ser neste caso, devido à precipitação por menor fluxo hídrico.

Segundo a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, a concentração máxima de sulfato total é de 250 mg/L. Das amostras coletadas e analisadas, nenhum dos pontos possui concentrações acima do descrito.

	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
	Ago/11	Nov/11	Mar/12
Rio Salobro	n.d.	9,597	19,83
Olho D'Agua do Cumbra	n.d.	2,739	2,788
Rio Sto Antônio	12,496	5,292	10,127
Nasc. Faz. Invenção	n.d.	0,946	1,100
Poço Faz. Invenção	10,64	9,365	7,634
Poço Sto Antônio	26,459	52,921	23,951
Nascente Vaca Morta	n.d.	n.d.	n.d.
Córrego Ponto 213	n.d.	8,078	1,329
Riacho Santana	14,567	5,362	12,591
Rio Ponte Velha	n.d.	n.d.	n.d.
Corrego Ponte 221	15,237	13,694	7,703
Gruta Salobro	n.d.	6,968	12,469
Lagoa da Pedra	4,06	8,714	2,718
Nascente da Represa	n.d.	3,297	6,546
Ressurgência Bananal	39,66	14,117	6,546
Barreiro Fundo (poço)	53,462	16,643	61,565
Rio Ponta D'Água	6,619	1,368	3,297

Tabela 5 – Variação de SO₄²⁻ (mg/l) nos períodos de Agosto (seca), Novembro (inicio chuva) e Março (Final chuva) na área de estudo. n.d. não detectável por cromatografia iônica.

5. CONCLUSÃO

A análise dos dados demonstra que o curso hídrico subterrâneo é diretamente influenciado pelo ciclo hidrológico local, pois as amostras coletadas de poços ou nascente, que são abastecidos pelo lençol freático, possuem significativas variações nas concentrações analisadas durante os períodos de seca e chuva. Essa variação é observada de forma direta na diluição dos elementos analisados, como indireta, na lixiviação de alguns elementos das rochas que compõem a região cárstica, alterando a concentração dos íons analisados.

Alguns pontos apresentaram concentrações superiores as recomendadas segundo a Resolução CONAMA N° 357 do, de 17 de março de 2005. Os pontos de coleta definidos como Poço Fazenda Invenção e Nascente da Represa, possuem níveis de fluoreto (F⁻) acima do indicado por essa resolução, no período de seca, e neste caso, podem ser estudadas e aplicadas

ações para corrigir estes níveis. Além disso, o ponto Poço Santo Antônio os valores nitrato (NO_3^-) estão muito acima dos indicados pela mesma resolução e não sendo possíveis medidas para mudança de tais níveis, deve ser suspenso o abastecimento humano neste local.

Se possível, seria indicado a ampliação das análises químicas, principalmente, para os cátions Ca e Mg que são constituintes fundamentais de rochas carbonáticas. Com esses dados poderia averiguar a influência da geologia local na distribuição dos cátions em solução. Além disso, sugere-se um estudo pedológico do local para comparação de resultados obtidos e justificção do fator de lixiviação e de diluição das amostras.

Uma pesquisa socioeconômica poderia averiguar a existência de atividade industrial, agropecuária e humana (exemplo: fossa séptica) que podem alterar os resultados das amostras se seus dejetos não forem adequadamente tratados e descartados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, K. V. P.; CAVALCANTE P. R. S.; NETO, J. P. C.; BARBIERI, R. e NETO M, C. de M., Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário-Ma, XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 2010

BICALHO, C C.; Berbert-Born, B.; MAIA, P. D.; SANTOS, R. V.; Goldscheider N., Preliminary hydrogeological characterization of karst tributaries of the San Franciscan Depression, Corrente River, Bahia, Brazil, 2012.

CAMPOS J.E.G. e DARDENNE, M.A., Estratigrafia e sedimentação da bacia São Franciscana: uma revisão. Rev. Bras. Geociências., v.27, p.269-282. 1997.

DAMINELI, A., DAMINELI, D. S. C., Origens da vida, Estudos Avançados 21 (59), 2007, p. 272.

FARIA, C., InfoEscola – navegando e aprendendo, Lençol Freático, 2008.

FILHO, C. F. de M., Abastecimento de Água, CAPÍTULO IV, Pag. 36.

GASPAR, M.T.P. Sistema Aquífero Urucua: Caracterização Regional e Propostas de Gestão. 2006. 158 f. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.

GERSCOVICH, D. M. S., Fluxo em Solos, Pag.12, UERJ, 2011.

KARMANN, I., Decifrando a Terra - 2ª Ed, Capítulo 7 – Ciclo da Água, Água subterrânea e sua ação Geológica, editora CEN, 2009.

LEAL O.; SÁ J. U.; MASCARENHAS, J. de C., Avaliação hidrogeológica preliminar das aluviões do Alto Vale do rio Moxotó – PE, Programa de água subterrânea para a região nordeste projeto aluviões e coberturas recentes, P. 31, 2000.

MARTINEZ, M., InfoEscola – navegando e aprendendo, Aquífero, 2010.

Portaria Nº 518, De 25 de Março De 2004, Capítulo II, Art. 4º, inciso I.

Resolução Nº 357, Diário Oficial da União nº 053, 18 de março de 2005.

SANTANA, M. S.; SILVA, F. A.; SILVA, C. E. Inventário das paisagens cársticas do município de Paripiranga, Bahia, Brasil. SBE – Campinas, SP, Espeleo-Tema. V. 21, N. 1, p. 29-41. 2010.

SEAGRI, Região Oeste da Bahia. Disponível em:
http://www.seagri.ba.gov.br/nota_tecnica_regiao_oeste.pdf. Acesso em: 06/01/2013

SILVA, A. B., Serviço Geológico do Brasil, Capítulo 3.2 – Hidrogeologia de Meio Cársticos, 2008.

SOUSA, J. F., VIDAL, F. W. H., Ministério da Ciência e Tecnologia Coordenação de Apoio Tecnológico a Micro e Pequena Empresa – Cate, Rochas Carbonáticas, 2005.

VILLAR, P. C. C. M. Sistema Aquífero Urucuia. Bacia Sedimentar Sanfranciscana. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. 2012.