



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

**TESE DE DOUTORADO**

**HIDROGEOQUÍMICA DOS DOMÍNIOS CÁRSTICOS DE**  
**IRECÊ, BAHIA - BRASIL**

**RODRIGO ALVES SANTOS**

SALVADOR

2017

# **HIDROGEOQUÍMICA DOS DOMÍNIOS CÁRSTICOS DE IRECÊ, BAHIA - BRASIL**

**Rodrigo Alves Santos**

*Orientador: Prof. Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz*

Tese de Doutorado 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 Doutor em Geologia, Área de Concentração: Geologia Ambiental, Hidrologia e Recursos Hídricos.

SALVADOR

2017

Santos, Rodrigo Alves,  
Hidrogeoquímica dos Domínios Cársticos de Irecê, Bahia, Brasil /  
Rodrigo Alves Santos. -- Salvador, 2017.  
82 f. : il.

Orientador: Manoel Jerônimo Moreira Cruz.  
Tese (Doutorado - Pós-Graduação em Geologia) -- Universidade Federal da Bahia,  
Instituto de Geociências, 2017.

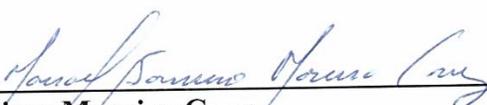
1. Aquífero salitre. 2. Hidrogeoquímica. 3. Contaminação por nitrato. 4. Uso do solo. 5.  
Gestão dos recursos hídricos. I. Cruz, Manoel Jerônimo Moreira. II. Título.

**RODRIGO ALVES SANTOS**

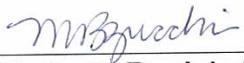
**“HIDROGEOQUÍMICA DOS DOMÍNIOS CÁRSTICOS DE  
IRECÊ, BAHIA, BRASIL”**

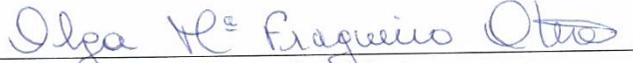
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Doutor em Geologia na área de concentração em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos, em 12/07/2017.

**TESE APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
**Manoel Jerônimo Moreira Cruz**  
**Orientador – UFBA**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Heraldo Peixoto da Silva**  
**Examinador Externo – UFBA**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Maria do Rosário Zucchi**  
**Examinador Externo – UFBA**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Olga Maria Fragueiro Otero**  
**Examinador Interno – UFBA**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Manuel Vitor Portugal Gonçalves**  
**Examinador Externo – SEC Bahia**

Salvador – BA  
2017

*A toda minha família, com muito carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a toda a minha família pelo incentivo e apoio para a realização deste trabalho.

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

A minha companheira de todas as horas, Jacqueline Lopes, pela paciência, cuidado, admiração e amor.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Geologia (IGEO/UFBA) pelos valiosos ensinamentos durante esta jornada acadêmica.

Aos amigos Manuel Vitor, Antonio Bomfim, Flávio Batista, Alexandre Milazzo, Tarcilo David e Jean Santana, pelas valiosas discussões e acréscimos neste trabalho.

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

Aos amigos e colegas do Laboratório do Plasma, Mônica Cunha, Valdinéia Vinhas e Raulina.

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

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Geoquímica das Interfaces.

Ao CNPq, 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 presente estudo analisa as características químicas do aquífero Salitre na Bacia de Irecê, afim de compreender os principais processos hidrogeoquímicos atuantes no sistema-aquífero, bem como investigar os principais vetores de contaminação. Para tanto, foram realizadas coletas sazonais de amostras de água para análises físico-químicas e compilação das informações por meio de consulta ao banco de dados CERB. Além disso, foram reunidas informações referentes ao uso do solo, tais como crescimento populacional, saneamento, e expansão agrícola. A análise dos resultados utilizando técnicas estatísticas (univariada e multivariada) e geoestatística (*krigagem*) caracterizou as águas em quatro grupos hidroquímicos (Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3, Grupo 4) estando estes diretamente associados aos mecanismos de interação água-rocha, troca iônica e evaporação/salinização, revelando o predomínio do processo de mineralização das águas ao longo do fluxo local, intermediário e regional. Ao mesmo tempo se observa nestas águas tendências crescentes de contaminação por nitrato ao longo das últimas quatro décadas, seguida de uma dispersão da pluma contaminante para os diversos setores da Bacia, em conjunto com o crescimento populacional e da agricultura irrigada, associada às precárias condições de saneamento básico. Nesse sentido, este trabalho oferece subsídios para a elaboração de um modelo hidroquímico conceitual, reunindo informações referentes a qualidade das águas subterrâneas, condições hidrodinâmicas e uso do solo, fundamentais ao planejamento territorial e à gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Aquífero Salitre; Hidrogeoquímica; Contaminação; Bacia de Irecê.

## **ABSTRACT**

The present study analyzes the chemical characteristics of the Salitre aquifer in the Irecê Basin, in order to understand the main hydrogeochemical processes in the aquifer system, as well as to investigate the main contamination vectors. In order to do so, seasonal samples of water samples were collected for physico-chemical analysis and compilation of the information by means of a query to the CERB database. In addition, information was collected on land use, such as population growth, sanitation, and agricultural expansion. The analysis of the results using statistical techniques (univariate and multivariate) and geostatistics (kriging) characterized the waters in four hydrochemical groups (Group 1, Group 2, Group 3, Group 4), being these directly associated to the mechanisms of water-rock interaction, ionization and evaporation/salinization, revealing the predominance of the water mineralization process along the local, intermediate and regional flow. At the same time, these trends show a growing trend of nitrate contamination over the last four decades, followed by a dispersion of the pollutant plume for the various sectors of the Basin, together with the population growth and irrigated agriculture, associated to the precarious conditions of basic sanitation. In this sense, this work offers support for the elaboration of a conceptual hydrochemical model, gathering information on groundwater quality, hydrodynamic conditions and land use, fundamental to territorial planning and water resources management.

**Keywords:** Aquifer Salitre; Hydrogeochemistry; Contamination; Irecê Basin.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Bacia Sedimentar de Irecê no Estado da Bahia.....	20
Figura 2 - Valores médios de precipitações mensais medidos nos postos pluviométricos de Cafarnaum, Canarana e Irecê (médias do período de 1961 a 1990) .....	21
Figura 3 - Mapa geológico simplificado da Bacia de Irecê com a localização dos poços amostrados, linhas equipotenciais e principais direções de fluxo subterrâneo regional.....	23
Figura 4 - Boxplot representando a variação dos parâmetros analisados durante as campanhas de amostragens.....	30
Figura 5 - Dendogramas e Diagramas de Stiff mostrando a divisão dos fácies hidroquímicos para as amostras de água subterrânea coletadas no período de estiagem (a) e (b) e chuvoso (c) e (d)..	32
Figura 6 - Índices de saturação da calcita (a), dolomita (b), gipsita (c) e halita (d) vs. STD nas águas do aquífero salitre coletadas no período de estiagem e chuvoso.....	37
Figura 7 - Diagramas de dispersão mostrando o crescimento das concentrações dos cátions e ânions (a) e do STD e cloreto (b) ao longo dos fácies hidroquímicos.....	39
Figura 8 - Diagrama de Gibbs indicando os principais processos que controlam a química das águas subterrâneas na área de estudo.....	40
Figura 9 - Distribuição na área de estudo dos fácies hidroquímicos definidos pela análise estatística de agrupamento nos períodos de estiagem (a) e chuvoso (b).....	42
Figura 10 - Área cultivada na Bacia de Irecê; a) cultivo agrícola tradicional (sequeiro). b) agricultura irrigada intensiva mecanizada.....	47
Figura 11 - Box plot (a) e histograma de frequência (b) das concentrações de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> no aquífero Salitre (1970 – 2014) .....	50
Figura 12 - Distribuição dos valores de nitrato no aquífero Salitre entre as décadas de 1970 e 2000.....	52
Figura 13 - Distribuição dos valores de nitrato no aquífero Salitre no período de 2012 – 2014....	53

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros definidos pela análise de agrupamento (estiagem).....	33
Tabela 2 - Valores médios dos parâmetros definidos pela análise de agrupamento (chuvoso).....	33
Tabela 3 - Cargas fatoriais e variância explicada para os três fatores analisados com rotação Varimax normalizada.....	35
Tabela 4 - População, crescimento populacional (1970-2010) e percentual de esgotamento sanitário adequado (2010) dos municípios localizados na área de estudo.....	45
Tabela 5 - Crescimento da área cultivada na Bacia de Irecê entre 1990 e 2014.....	47
Tabela 6 - Sumário estatístico das concentrações de nitrato nas amostras de água subterrânea da Bacia de Irecê, separadas por décadas (1970-2000) e período de 2012 – 2014.....	49

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	15
1.2 HIPÓTESES.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	17
1.4 OBJETIVOS.....	18
<b>1.4.1 Objetivo geral.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO 2 - LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....</b>	<b>19</b>
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	19
2.2 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS.....	21
2.3 ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS.....	22
<b>CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1 AMOSTRAGEM E DETERMINAÇÕES DOS PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS .....	25
3.2 MAPA POTENCIOMÉTRICO.....	26
3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO E GEOESTATÍSTICO.....	26
<b>3.3.1 Análise de agrupamentos.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.2 Análise fatorial.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.3 Tratamento geoestatístico.....</b>	<b>27</b>
3.4 CLASSIFICAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA.....	28
3.5 USO DO SOLO, CRESCIMENTO POPULACIONAL E SANEAMENTO.....	28
<b>CAPÍTULO 4 - EVOLUÇÃO GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>	<b>29</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	29
4.2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO E CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA.....	31
4.3 ANÁLISE FATORIAL.....	34
4.4 ÍNDICE DE SATURAÇÃO E PROCESSOS HIDROGEOQUÍMICOS.....	36
4.5 ANÁLISE ESPACIAL E SAZONAL .....	41
<b>CAPÍTULO 5 - NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E RELAÇÃO COM USO DO SOLO.....</b>	<b>44</b>
5.1 USO DO SOLO E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	44
<b>5.1.1 Crescimento populacional e saneamento básico.....</b>	<b>44</b>

<b>5.1.2 Expansão da agricultura.....</b>	<b>46</b>
<b>5.2 ANÁLISE TEMPORAL E ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>	<b>48</b>
<b>5.2.1 Síntese do nitrato no aquífero Salitre.....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

---

A água é um recurso natural essencial à vida no planeta, sendo utilizada também como insumo básico para a imensa maioria das atividades econômicas. É encontrada na natureza em quantidades que variam aleatoriamente no tempo e no espaço, sendo também extremamente vulnerável à deterioração qualitativa.

A composição química das águas subterrâneas é controlada por diferentes fatores, dentre os quais se destacam o tempo de residência, distância percorrida, mineralogia e geologia das rochas encaixantes do aquíferos. Durante o fluxo subterrâneo ocorrem processos hidrogeoquímicos como troca iônica, reações ácido-base, processos de oxirredução, dissolução, precipitação, misturas de água, dentre outros. Nesse sentido, uma forma de conhecer os processos hidrogeoquímicos é através da aplicação de técnicas que possibilitam a obtenção de modelos hidroquímicos e estatísticos que proporcionam informações acerca da composição das águas, interação água-rocha e padrões de fluxo subterrâneo (GÜLER et al., 2002).

Nas últimas décadas, a utilização das águas subterrâneas no Brasil e em outros países do globo terrestre tem crescido de forma rápida, razão pela qual se considera este recurso uma importante via de desenvolvimento socioeconômico. Este crescimento se deve especialmente, em função da contaminação das águas superficiais por fontes antropogênicas, o aumento da demanda por água potável e o elevado custo do tratamento destas (HIRATA, 2003).

O nitrato é o contaminante mais comum em água subterrânea, sendo derivado de fontes pontuais ou difusas, dentre as quais se destacam: os sistemas de saneamento *in situ* (tanques sépticos ou fossas rudimentares), resíduos de animais domésticos (estercos), o uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados na agricultura, deposição atmosférica e mineralização do nitrogênio orgânico do solo. Dentre estas, destaca-se a predominância dos sistemas de saneamento *in situ* e o uso fertilizantes agrícolas como sendo as principais fontes emissoras deste composto para as águas (ARAVENA et al., 1993; REYBOLDS-VARGAS et al., 2006; XU et al., 2007; NESTLER et al., 2011).

O nitrato tem sido reportado como o contaminante mais encontrado, em elevadas concentrações, em águas subterrâneas e associado a sistemas de saneamento deficientes

(OLIVEIRA & VON SPERLING, 2011; VARNIER et al., 2010). As águas subterrâneas em condições naturais contêm, geralmente, teores de nitrato que variam entre 0,1 e 5 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Contudo, em águas poluídas, este composto pode atingir valores na ordem de 200 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e, em casos mais extremos, de 1000 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (MENDES & OLIVEIRA, 2004).

O líquido que percola das fossas para o solo contém um grande número de microorganismos de origem fecal (podendo incluir patógenos), nitrogênio (convertido a nitrato no solo) e outros sais (FOSTER & HIRATA, 1988). Como consequência, as águas subterrâneas que recebem o percolado das fossas poderão se tornar contaminadas, podendo atingir valores muito acima daquele recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde para águas potáveis (10 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (BRASIL, 2011), comprometendo a qualidade da água fornecida à população.

O nitrogênio (N) é amplamente reconhecido pela sua importância no crescimento de diversas culturas agrícolas, principalmente, pelo incremento de produtividade, visto ser constituinte de vários compostos em vegetais e extraído em grandes quantidades por estes. Na solução do solo o nitrogênio se converte em nitrato, ficando propenso aos processos de lixiviação e carreamento para as águas subterrâneas (RESENDE, 2002).

A adubação nitrogenada contribui para a disponibilidade do N no solo. As formas em que o N se apresenta nos adubos nitrogenados são: Nítricas (Ex. Nitrato de Cálcio), amoniacal (ou ambas, como no caso do Nitrato de Amônia), orgânica e amídica (Ureia). A concentração de N nos adubos pode variar desde 82% na amônia anidra, até cerca de 1% nos adubos orgânicos (CANTARELLA, 2007).

A área escolhida para o presente estudo, situada no contexto hidrogeológico do aquífero Salitre, se apresenta como uma importante reserva hídrica do semiárido baiano, sendo responsável pelo abastecimento de diversas cidades do interior do estado. Tradicionalmente designada no meio geológico como “Bacia de Irecê”, expressão também adotada neste trabalho, o sistema-aquífero cárstico-fissural em apreço está localizado no contexto geológico dos carbonatos da Formação Salitre, Domínio do Grupo Una.

O Sistema Aquífero Salitre (SAS) apresenta uma hidrodinâmica que permite caracterizá-lo predominantemente como sendo um aquífero livre e com elevada capacidade de recarga (RAMOS et al., 2007). A variação da profundidade e a sistemática de recarga através de

formas de absorção abertas como sumidouros, dolinas e fraturas, torna complexo o entendimento dos principais processos hidroquímicos e hidrogeológicos atuantes no SAS.

Na área de estudo, os níveis de nitrato nas águas subterrâneas estão diretamente relacionados aos processos de uso e ocupação do solo. A partir de meados da década de 1980 observa-se um aumento exponencial da agricultura irrigada, inicialmente concentrada na porção central da área e posteriormente disseminada por toda a Bacia de Irecê. Atualmente a área se destaca como polo agrícola regional, sobretudo no cultivo de hortaliças como cebola, tomate, pimentão, cenoura, beterraba, entre outras (SEI/IBGE, 2017). Esta atividade além de exigir intensamente o uso de água subterrânea, captada através de poços tubulares, necessita da utilização de agroquímicos, seja para combater pragas que venha acometer a lavoura ou mesmo para aumentar a sua produtividade.

A análise dos padrões de uso do solo em estudos hidroquímicos torna-se necessária para a completa identificação de fontes ou potenciais fontes de alterações do ambiente, advindas das atividades humanas. O controle efetivo da contaminação por nitrato, associado a gestão da água requer uma compreensão da fonte específica do nitrato. No entanto, a fonte deste contaminante não pode ser identificada e diferenciada utilizando apenas análises químicas convencionais.

Sendo assim, torna-se necessária a utilização de diversas técnicas quer seja de caráter hidrogeológico, hidrogeoquímico ou estatístico/geostatístico, afim de identificar padrões que facilitem a compreensão da dinâmica e evolução hidrogeoquímica, além da caracterização dos principais vetores de contaminação do aquífero. Para tanto, o presente estudo apresenta abordagens de análise temporal e espacial para avaliar os processos hidrogeoquímicos responsáveis pela evolução/mineralização das águas do aquífero Salitre. Além disso, propõe discutir a contaminação dos recursos hídricos por nitrato, associado ao processo de crescimento agrícola e populacional, onde prevalecem os sistemas mecanizados de irrigação e lançamento direto de efluentes em sistemas de saneamento *in situ*.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

As regiões cársticas, a exemplo da Bacia de Irecê, são áreas de grande interesse econômico e hidrogeológico, uma vez que apresentam, na maioria das vezes, solos férteis e valiosas reservas de água no subsolo. Guerra (1986) caracterizou o comportamento hidrogeológico da área de estudo como sendo um sistema-aquífero de grande capacidade de recarga e elevada velocidade

de fluxo subterrâneo, sobretudo através da rápida percolação da água por meio das formas de absorção do aquífero, como sumidouros, dolinas e fraturas. No entanto, estas características intrínsecas do aquífero o tornam extremamente vulnerável aos contaminantes químicos e biológicos.

A ocorrência de concentrações de nitrato, acima do limite estabelecido para água potável, nas águas pertencentes ao Sistema Aquífero Salitre, na Bacia de Irecê, foi identificada por diversos pesquisadores, destacando-se os trabalhos de Guerra (1986), Negrão (1987; 2007), Gonçalves (2004), Silva (2005), Santos (2011) e Nossa (2011). Contudo, em nenhum destes pode ser observada uma caracterização das principais fontes responsáveis pelo aporte deste composto no aquífero, ou mesmo a evolução espaço-temporal do nitrato nas águas subterrâneas em apreço.

O registro de teores deste contaminante acima do limite estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde do Brasil para água potável ( $10 \text{ mg.L}^{-1}\text{N-NO}_3^-$ ) (BRASIL, 2011) em poços explotados neste sistema-aquífero, evidencia um fator de risco para a população residente nesta região, uma vez que é sabido que a presença de altas doses deste composto na água de consumo poderá causar metahemoglobinemia e câncer gástrico (MENDES & OLIVEIRA, 2004; WHO, 2008).

Dessa forma, torna-se necessário a elaboração dos seguintes questionamentos norteadores da pesquisa:

- i. Quais processos ocorrem no sistema aquífero Salitre responsáveis pela mineralização e evolução geoquímica das suas águas subterrâneas?
- ii. Quais os principais vetores de contaminação responsáveis pelos teores de nitrato identificados nas águas subterrâneas da Bacia de Irecê?

## 1.2 HIPÓTESES

O presente estudo se sustenta nas seguintes hipóteses: a aplicação prolongada de agroquímicos, sobretudo fertilizantes nitrogenados, na horticultura irrigada, e a disposição inadequada de efluentes em sistemas de saneamento in situ, estão diretamente relacionados aos elevados teores de nitrato encontrados nas águas subterrâneas da Bacia de Irecê. Além disso, a compreensão dos processos de mineralização dessas águas, frente a taxa de solubilidade dos minerais encontrados nas litologias da Formação Salitre, torna-se fundamental para o

desenvolvimento de um modelo hidrogeoquímico conceitual para este aquífero, auxiliando como ferramenta para a gestão das águas.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O Sistema Aquífero Salitre (SAS) apresenta uma hidrodinâmica que permite caracterizá-lo predominantemente como sendo um aquífero livre e com elevada capacidade de recarga (RAMOS et al., 2007). A variação da profundidade e a sistemática de recarga através de formas de absorção abertas como sumidouros, dolinas e fraturas, torna complexo o entendimento dos principais processos hidroquímicos e hidrogeológicos atuantes no SAS. Para tanto, torna-se necessário a utilização de diversas técnicas quer seja de caráter hidrogeológico, hidrogeoquímico ou estatístico, afim de identificar padrões que facilitem a compreensão da dinâmica e evolução hidrogeoquímica de suas águas.

Na Bacia de Irecê, a água subterrânea é um recurso estratégico para abastecimento público, irrigação e dessedentação de animais. O município de Iraquara, localizado na porção sul da área, é abastecido exclusivamente por água subterrânea, outros possuem sistemas de abastecimento misto, utilizando água fluviais (barragens) e subterrânea. Particularmente nas zonas rurais dos municípios existe grande dependência deste recurso, utilizado muitas vezes sem qualquer tratamento primário.

Para a gestão integrada dos recursos hídricos em apreço e adequada política e gerenciamento das ações de promoção à saúde pública, no específico do consumo doméstico, fatores como a contaminação do aquífero, identificação dos vetores de contaminação e processos hidrogeoquímicos devem ser compreendidos. Isto porque o aproveitamento das águas subterrâneas precisa ser considerado uma oportunidade para alavancar a melhoria da qualidade de vida das populações. Por isso, é de fundamental relevância o controle sistemático da qualidade dessas águas e a detecção dos possíveis vetores de contaminação do aquífero, evitando que se constitua em um grave problema de saúde pública.

Assim, a identificação das principais fontes de contaminação do aquífero, juntamente condições e processos que imprimem a assinatura química das águas, corroboraria com as hipóteses de trabalho, uma vez que elucidaria, respectivamente, a influência da contaminação de origem antrópica, bem como a evolução geoquímica destas águas, contribuindo com uma política de gestão e controle da qualidade deste sistema-aquífero.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste estudo é compreender os principais vetores de contaminação, bem como a evolução hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Salitre, localizado nos Domínios Carbonáticos da Bacia de Irecê.

### 1.4.2 Objetivos específicos

a. Caracterizar os diferentes fácies hidroquímicos do aquífero cárstico Salitre na Bacia de Irecê e os principais processos que imprimem a composição química de suas águas.

b. Avaliar o grau de contaminação de origem antrópica nas águas em apreço, identificando as principais fontes e vetores de contaminação, com especial ênfase para o nitrato.

c. Determinar tendências de distribuição espacial e temporal das concentrações de nitrato no aquífero Salitre.

d. Fornecer subsídio para a construção de um modelo hidrogeoquímico evolutivo, com base no reconhecimento de possíveis processos e reações que imprimem as características químicas destas águas subterrâneas.

## CAPÍTULO 2

# LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

---

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo Irecê está localizada na porção centro-norte do Estado da Bahia, ocupa uma área de 22.748 km<sup>2</sup>, envolvendo, predominantemente, as bacias hidrográficas dos rios Verde e Jacaré. A área abrange, principalmente, os municípios de América Dourada, Irecê, Lapão, Barra do Mendes, Ibipêba, Ibititá, Uibaí, Itaguaçu da Bahia, Barro Alto, Central, Presidente Dutra, Canarana, Cafarnaum, Mulungu do Morro, Souto Soares, Iraquara, São Gabriel, João Dourado e Jussara (Figura 1). O acesso, a partir de Salvador, se faz através da BR-324, BR-116 e BA-052 (estrada do feijão), prosseguindo daí até Irecê, principal cidade da região.

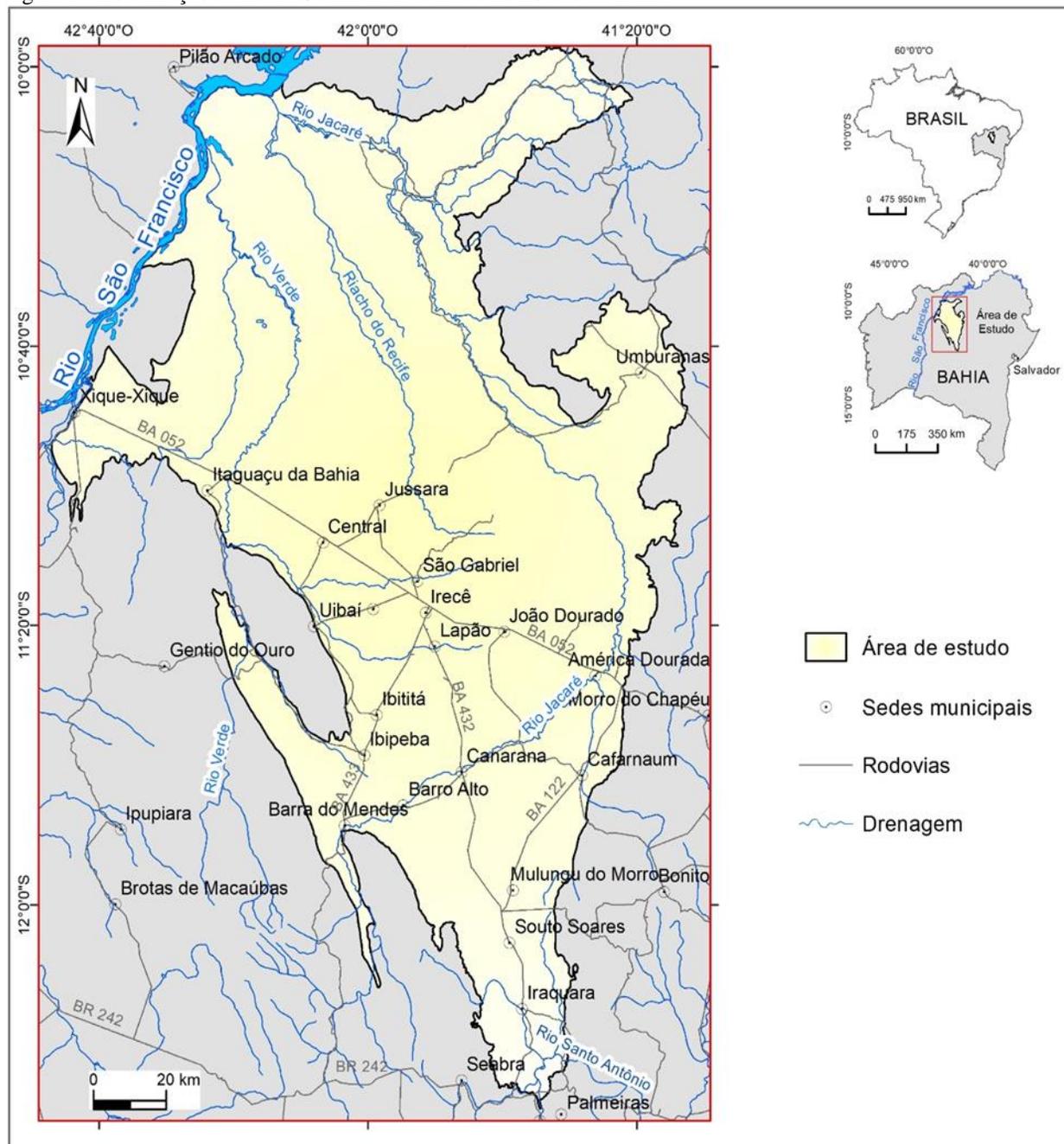
A população dos municípios localizados nos Domínios Cársticos da Bacia de Irecê é de aproximadamente 375.855 habitantes, divididos em uma população urbana de cerca de 212.068 habitantes e população rural da ordem de 163.783 habitantes. O município de Irecê se apresenta como principal pólo econômico regional, com uma população de aproximadamente 66.181 habitantes e economia baseada na agropecuária e nos setores de serviços (IBGE, 2010).

As características físicas desta região, com solos férteis e relevo pouco acidentado, favorecem a ocupação antrópica com atividades agrícolas. Entretanto, o clima semi-árido, caracterizado por baixa precipitação pluviométrica e a carstificação intensa do solo, promovendo a rápida infiltração da água superficial, exige a utilização de técnicas de irrigação apoiadas no uso de poços tubulares os quais retiram do subsolo a água necessária às lavouras. Além disso, existe uma grande dependência do uso das águas subterrâneas para o abastecimento doméstico de diversas comunidades da região.

A agricultura e a pecuária se apresentam como as principais atividades econômicas da região, com destaque inicial para as chamadas “culturas de sequeiro”, tais como feijão, milho e mamona, as quais utilizam diretamente a água da chuva para a sua produção. No entanto, a partir da década de 1980 observa-se uma mudança no processo produtivo agrícola regional, marcada pela substituição de uma agricultura tradicional e altamente dependente da regularidade das chuvas, por modernos sistemas mecanizados de irrigação, se expandindo de forma rápida nos diversos setores

da Bacia de Irecê. Atualmente esta prática utiliza a água subterrânea explorada a partir de poços tubulares para a produção, principalmente, de hortaliças.

Figura 1 - Localização da Bacia Sedimentar de Irecê no Estado da Bahia

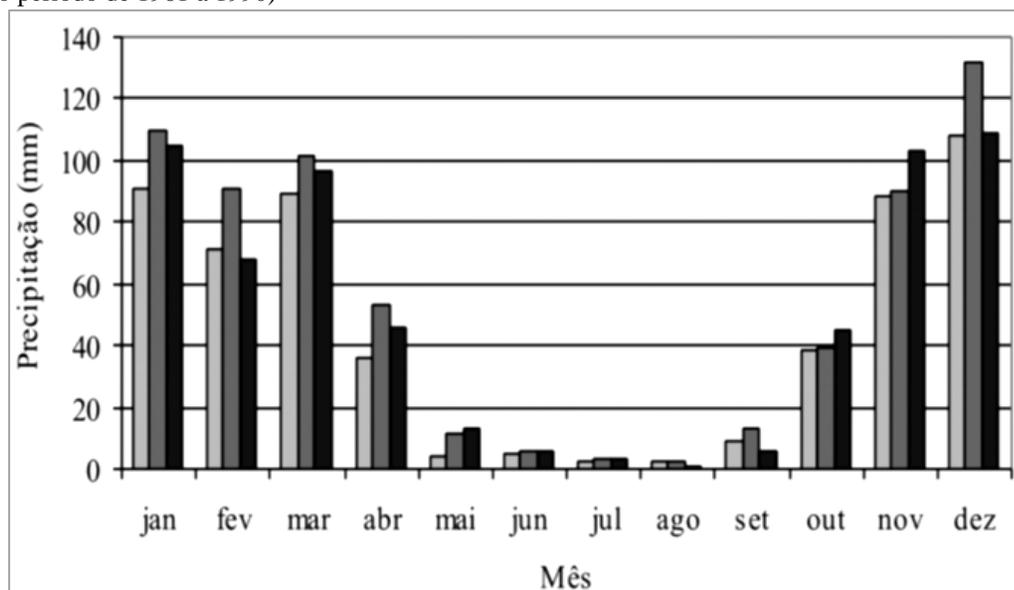


Fonte. Adaptado de IBGE/SEI (2008); O autor

## 2.2 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

De maneira geral, a Bacia de Irecê está inserida na região semi-árida do Nordeste do Brasil, a qual apresenta alta variabilidade espacial e temporal das chuvas. A Figura 2 indica que o período caracterizado pelas maiores precipitações pluviométricas da região ocorre entre os meses de novembro e março, com valores de precipitação média mensal oscilando entre 80 a 130mm. Em contrapartida, as menores precipitações ocorrem entre os meses de abril a outubro, com variações médias mensais inferiores a 10 mm (RAMOS et al., 2007; EMBRAPA, 2015).

Figura 2 - Valores médios de precipitações mensais medidos nos postos pluviométricos de Cafarnaum, Canarana e Irecê (médias do período de 1961 a 1990)



Fonte: RAMOS (2005)

A Bacia de Irecê apresenta acentuada irregularidade na distribuição das chuvas, podendo-se observar à Norte da área variações de 500 a 700mm/ano e à Sul variações da ordem de 600mm/ano a 1200mm/ano, o que interfere em toda a dinâmica hídrica da região. De acordo com a classificação de KOPPEN o clima da área é do tipo BSWH, semiárido (porção centro-norte) e sub-úmido a seco (porção sul), com temperaturas médias anuais de 23°C a 26°C (BAHIA, 1998). Esta distribuição irregular das chuvas se configura como um dos principais condicionantes das atividades econômicas da região, sobretudo para o setor agropecuário

### 2.3 ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLOGICOS

Regionalmente a Bacia de Irecê está inserida no panorama geológico da porção central do Estado da Bahia, onde afloram litologias pertencentes ao Complexo Xique-Xique e aos Supergrupos Espinhaço e São Francisco, respectivamente do Paleoproterozóico, Mesoproterozóico e Neoproterozóico (INDA & BARBOSA, 1978; SOUZA et al., 1993). Trata-se de uma Bacia Sedimentar com formato triangular preenchida por sedimentos pertencentes ao Grupo Una, a qual é representada da base para o topo pelos depósitos glaciogênicos da Formação Bebedouro e por uma sequência predominantemente carbonáticas da Formação Salitre. Estas Formações encontram-se contornadas pelo Grupo Chapada Diamantina (Supergrupo Espinhaço), constituindo aquilo que é informalmente designado no meio geológico como “Bacia de Irecê” (Figura 3) (LIMA, 2003; MISI et al., 2012).

A Formação Bebedouro acompanha a borda da Bacia de Irecê aflorando predominantemente em faixas estreitas e descontínuas nas porções N, S, SE e SW. Está assentada em discordância erosiva e angular sobre o embasamento cristalino e em rochas do Supergrupo Espinhaço, sendo recoberta em discordância erosiva pelas unidades carbonáticas da Formação Salitre. Apresenta rochas de natureza terrígena depositada sob influência glacial. Os principais litotipos são diamictito, pelito e arenito, apresentando imaturidade na textura e composição (GUIMARÃES, 1996; KUCHENBECKER et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2012).

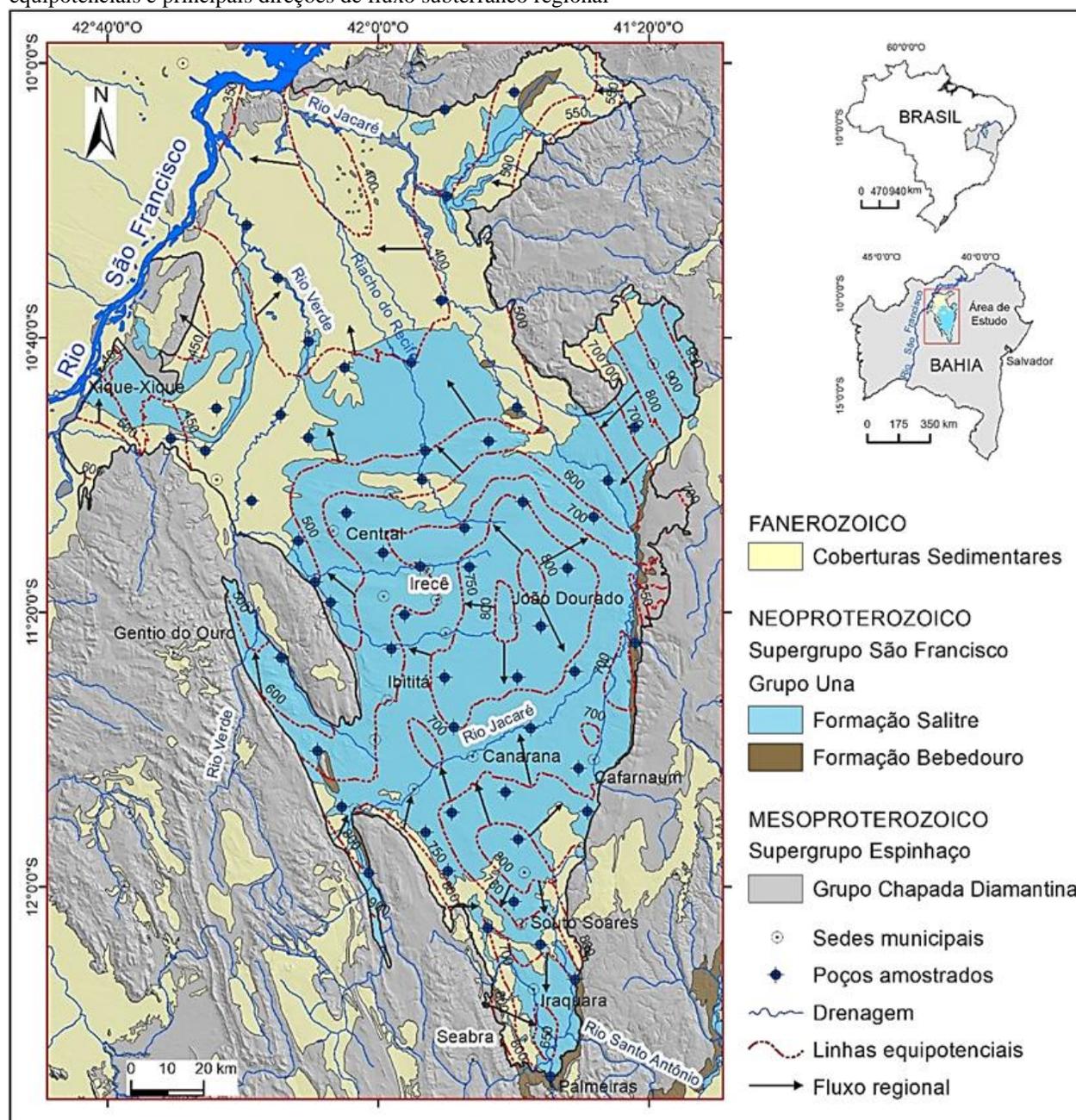
A Formação Salitre está assentada em discordância erosiva e angular nas rochas do embasamento cristalino do Grupo Chapada Diamantina e da Formação Bebedouro, sendo recoberta por formações superficiais cenozóicas. De acordo com Leão & Domingues (1992), Souza et al. (1993) e Guimarães et al. (2012), a Formação Salitre é constituída por litofáceis carbonáticas e siliciclásticas as quais foram depositadas em ambiente do tipo marinho raso e planície de maré, limitadas por contatos gradacionais e interdigitados, denominados da base para o topo de Nova América, Jussara e Irecê.

Os poços selecionados por este trabalho para a representação das condições hidrogeoquímicas do aquífero estão localizados, principalmente, nas sequências carbonáticas da Formação Salitre, principal formação aquífera da região, em face da grande quantidade e potencialidade dos poços presentes nesta Formação.

As coberturas Tércio-Quaternárias recobrem parte considerável da área estudada, principalmente na porção norte próximo ao vale do Rio São Francisco. São constituídas por

depósitos detríticos aluvionares e coluvionares de pouca espessura, compostos sedimentos arenosos e argilosos, rico em película ferruginosa, de origem fluvial, flúvio-lacustre e lacustre eólico (INDA & BARBOSA, 1978; SILVA, 2005).

Figura 3. Mapa geológico simplificado da Bacia de Irecê com a localização dos poços amostrados, linhas equipotenciais e principais direções de fluxo subterrâneo regional



Fonte. IBGE/SEI (2008); Dados CERB; O autor

Em sua maior extensão, a área de estudo está situada nos domínios da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. A drenagem superficial é representada predominantemente pelos rios Verde e Jacaré, os quais formam duas sub-bacias homônimas, localizadas na margem direita do rio São Francisco, cujas águas escoam no sentido Sul-Norte, desembocando no lago da Represa de Sobradinho. A porção sul da área está situada no contexto hidrológico pertencente à bacia do Rio Paraguaçu, representada, predominantemente, pela drenagem do Rio Santo Antônio (BAHIA, 1996; SILVA, 2005).

Na porção sul da área e nas proximidades dos contatos leste e oeste com as rochas do Grupo Chapada Diamantina, desenvolveu-se um sistema cárstico cuja morfologia é caracterizada por elevada densidade de dolinas, normalmente com formato arredondado e grandes diâmetros (até 200m), maior espessura de solos e vales profundos. Já a porção central do aquífero (região de Irecê/Lapão), é caracterizada pela presença de intensos cavalgamentos, com dobramentos e falhamentos de baixo ângulo associados e vergência para SSE. Nesse cenário, têm-se um o desenvolvimento de um sistema aquífero de natureza cárstico-fissural, menos evoluído na porção centro-norte da área, e com avançado processo de evolução na porção sul da Bacia (GUERRA 1986; RAMOS et al., 2007).

As superfícies potenciométricas indicam a existências de divisores de água nas porções E-W, central e sul da Bacia, com cotas máximas de 950m (contato NE com o Grupo Chapada Diamantina) (Figura 3). Na porção central, o fluxo preferencial segue na direção do vale do rio Jacaré. Á leste da cidade de Irecê situa-se o alto potenciométrico, cotas de 800m, de onde os fluxos divergem radialmente em todos os sentidos. Ao norte de Souto Soares, localiza-se o alto potenciométrico que funciona como divisor de águas entre as bacias hidrográficas dos rios Paraguaçu (sul) e Jacaré (centro-norte), com cotas de 800m. A partir de Souto Soares a drenagem subterrânea se faz preferencialmente no sentido SE, convergindo para o rio Santo Antônio, principal afluente do rio Paraguaçu. Tais considerações são concordantes com a caracterização hidrogeológica realizada por Guerra (1986).

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

---

#### 3.1 AMOSTRAGEM E DETERMINAÇÕES DOS PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS

Para o presente estudo foram realizadas coletas de água subterrânea em 57 poços tubulares nos meses de setembro de 2012 e abril de 2014, representando respectivamente, períodos sazonais de estiagem e chuvoso. Os poços selecionados são utilizados para fins domésticos e/ou agrícolas e estão distribuídos de forma abrangente sobre a área de estudo. Foram mensuradas *in situ* as variáveis pH e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), e tomadas alíquotas para as análises laboratoriais dos íons principais,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$ .

Para determinar as variações de nitrato ao longo do registro de 44 anos foram cadastrados um total de 861 poços tubulares, por meio de consulta ao banco de dados da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB). Os valores de nitrato foram agrupados por década, começando com a década de 1970, 1980, 1990 e 2000. Além disso, foram analisadas 124 observações coletadas em 57 poços tubulares no período de 2012 e 2014.

A amostragem foi realizada utilizando-se as próprias bombas instaladas nos poços. Na coleta foi realizada uma prévia purga nos poços por aproximadamente 20 minutos, com vistas à obtenção dos dados representativos do manancial subterrâneo, minimizando as chances de serem coletadas águas estagnadas no interior da tubulação. Posteriormente, as amostradas foram filtradas em campo utilizando membranas de acetato de celulose (0,45 $\mu\text{m}$ ) e bomba de vácuo manual acoplada a um sistema de filtração. As alíquotas tomadas foram armazenadas em recipientes de polietileno de 0,5L e 1L, previamente descontaminados em laboratório, para as análises dos cátions e dos ânions, respectivamente, desenvolvidas por meio de métodos usuais, seguindo as orientações do APHA (1995). Após filtração das alíquotas de 0,5L foi adicionado ácido nítrico até  $\text{pH} < 2$ , mantendo-se *in natura* as de 1L, e mantidas sob refrigeração (4°C) até o envio para os laboratórios.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório do Plasma (IGEO/UFBA), e no Laboratório do Departamento de Engenharia Ambiental (LABDEA/UFBA). A leitura de cátions foi desenvolvida em duplicatas, por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). As análises dos ânions foram realizadas por titrimetria ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ),

espectrofotometria ( $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$ ). A precisão da análise química foi verificada pelo cálculo dos erros de balanço iônico estabelecido por Logan (1965), onde os erros foram inferiores a 10%.

### 3.2 MAPA POTENCIOMÉTRICO

Para a elaboração do mapa potenciométrico da Bacia de Irecê foram selecionados o total de 517 poços com dados hidrodinâmicos medidos nos últimos dez anos pela Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB), tais como, profundidade, vazão, nível estático e cota topográfica. Alguns poços que não dispunham de informações topográficas em seu cadastro, sendo as mesmas determinadas utilizando imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 metros.

### 3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO E GEOESTATÍSTICO

Para o tratamento estatístico foram utilizados os softwares BioEstat 5.3 e Statistica 7.0, abrangendo testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e não paramétricos (Mann-Whitney) com significância de 95%. A análise geoestatística foi utilizada para avaliar a variabilidade espacial e sazonal dos fáceis hidroquímicos, utilizando o software ArcGis 10.2. Além disso, foram determinados Índices de Saturação mineral (IS) para as águas do SAS com o auxílio do software PHREEQC 3.3.7 (PARKHURST & APPELO, 1999).

#### 3.3.1 Análise de agrupamentos

O uso de técnicas de análise estatística multivariada vem sendo utilizadas na interpretação de processos hidrogeoquímicos, seja indicando os processos naturais que interferem na composição química das águas subterrâneas ou na avaliação da contaminação de aquíferos (GÜLLER et al., 2002). Uma das técnicas comumente empregadas na avaliação de dados hidroquímicos é a análise de agrupamentos (*cluster analysis*), que utiliza a similaridade entre os indivíduos para classificar as amostras hierarquicamente em grupos, considerando todas as variáveis determinadas para cada indivíduo (LANDIM, 2011).

Neste trabalho a escolha do número dos agrupamentos foi subjetiva, estando em concordância com Güler et al. (2002), que destaca que a escolha do número ideal de grupos depende do investigador, visto que não há teste estatístico para determinar a quantidade ideal de grupos no conjunto de dados. A distância euclidiana foi escolhida como medida de distância ou

similaridade entre pontos amostrados, em combinação com o método de Ward, como regra de ligação entre os grupos. Uma vez que a maioria das variáveis analisadas seguiu distribuição não paramétrica, todas as variáveis foram padronizadas de acordo com a transformação escore padrão (z-score), conforme recomendação de Güler et al. (2002), Landim (2011), Sánchez-Sánchez et al. (2015) e Ghesquière et al. (2015).

### **3.3.2 Análise fatorial**

A análise fatorial foi aplicada para identificar características químicas da água que foram responsáveis por gerar a maior parte da variabilidade dentro do conjunto de dados. As variáveis correlacionadas estão linearmente dispostas na forma de um fator. Cada fator é independente, sendo que a rotação Varimax normalizada foi utilizada no presente estudo para identificar os fatores que contenham a maior variabilidade. A variabilidade é representada como um autovalor, sendo que o primeiro fator explica a maior parte dos dados originais, e cada fator subsequente explica progressivamente menos (LEDESMA-RUIZ et al., 2015; GHESQUIÈRE et al., 2015).

### **3.3.3 Tratamento geoestatístico**

A análise geoestatística foi utilizada para avaliar a variabilidade temporal e espacial dos fáceis hidrogeoquímicos e do nitrato na área de estudo, utilizando, respectivamente, como métodos de interpolação a krigagem e o Inverso do Quadrado da Distância (IDW). Segundo Andriotti (2003), os interpoladores krigagem e IDW implementam literalmente o conceito de autocorrelação espacial, com pequenas variações entre os dois, assumindo que quanto mais próximo estiver um ponto da célula a ser estimada, mais semelhante será o valor dessa célula e esse ponto.

Devido à falta de informações referentes aos valores de nitrato nas porções Norte, Nordeste e extremo Sul da área de estudo, ou mesmo a baixa densidade de poços nestas áreas entre as décadas de 1970, 1980 e 1990, não foi possível realizar a interpolação das concentrações de nitrato nestes setores da Bacia.

### 3.4 CLASSIFICAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA

O diagrama de Stiff (1951) foi utilizado para a classificação dos fácies hidroquímicos na área de estudo, utilizando o *software* Aquachem 5.0 (Waterloo Hydrogeologic Inc., 2005). Este diagrama permite uma comparação visual de águas com características químicas diferentes, estabelecendo um padrão hidroquímico definido durante o fluxo subterrâneo (GÜLER et al., 2002). O diagrama de Stiff é particularmente útil para comparar os resultados de muitas amostras em combinação com uma análise estatística multivariada, conforme apresentado abaixo.

### 3.5 USO DO SOLO, CRESCIMENTO POPULACIONAL E SANEAMENTO

As informações referentes ao uso do solo, tais como crescimento populacional (1970-2010), saneamento (2010) e expansão da área agrícola (1990-2014), foram obtidas por consulta ao banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), disponibilizados nos seguintes endereços eletrônicos

<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/ba/irece/panorama;>  
<http://sim.sei.ba.gov.br/sim/tabelas.wsp#>.

## CAPÍTULO 4

# EVOLUÇÃO GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

---

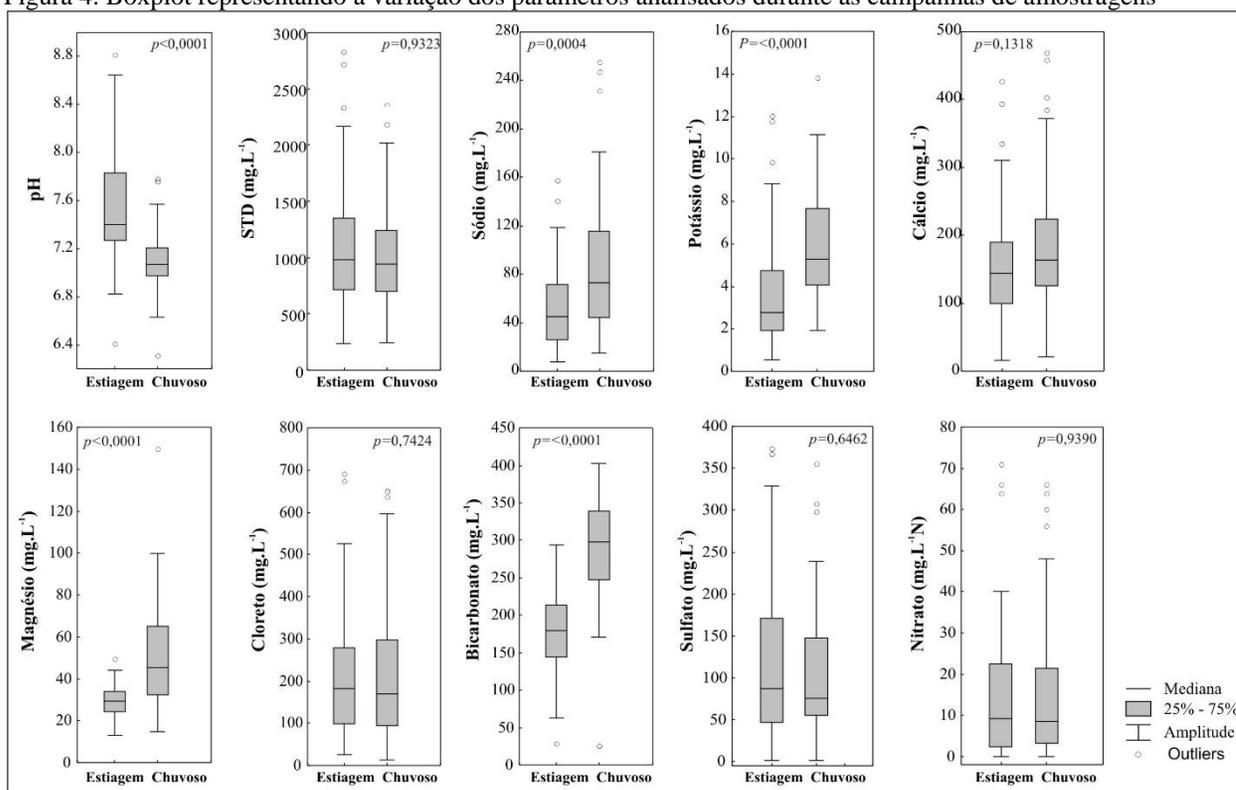
### 4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A Figura 4 mostra a variação estatística das variáveis analisadas durante as duas campanhas de amostragens sazonais (período de estiagem e chuvoso), juntamente com os valores do teste estatístico de Mann-Whitney utilizando um nível de significância de  $p=0,05$ . Os valores de pH oscilaram de 6,3 a 8,8 (medianas 7,4 e 7,1) indicando águas com natureza neutra a ligeiramente alcalina. O teste de Mann-Whitney revela que as medianas de pH diferem significativamente entre os períodos amostrados ( $p<0,0001$ ), sendo observada uma tendência de águas mais alcalinas no período de estiagem. Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) oscilaram entre 237 e 3492  $\text{mg.L}^{-1}$  (medianas 983 e 946  $\text{mg.L}^{-1}$ ) evidenciando um caráter de águas altamente mineralizadas. As medianas de STD não diferem estatisticamente entre os períodos amostrais ( $p=0,932$ ).

Os teores de cálcio variaram de 13,3 a 663  $\text{mg.L}^{-1}$  (medianas 144 e 163,2  $\text{mg.L}^{-1}$ ) evidenciando o processo de dissolução dos minerais carbonáticos que compõem as rochas da Formação Salitre, não apresentando diferença significativa entre os períodos analisados ( $p=0,131$ ). Os valores de magnésio oscilaram de 12,9 a 164,9  $\text{mg.L}^{-1}$  (medianas de 29,4 e 45,3  $\text{mg.L}^{-1}$ ). O teste de Mann-Whitney revela que as medianas de magnésio diferem de forma sazonal ( $p<0,0001$ ), com tendência de maior enriquecimento no período chuvoso (Figura 4).

O sódio variou de 7,5 a 254,9  $\text{mg.L}^{-1}$  (medianas de 44,6 e 72,8  $\text{mg.L}^{-1}$ ). O teste estatístico indica que as medianas de sódio diferem estatisticamente entre as campanhas analisadas ( $p<0,0004$ ), com tendência de enriquecimento em sódio na campanha 2014. Os teores de potássio oscilaram de 0,6 a 13,8  $\text{mg.L}^{-1}$  (medianas de 2,8 e 5,3  $\text{mg.L}^{-1}$ ). Assim como o sódio, o íon potássio apresentou diferença significativa entre as campanhas amostradas ( $p<0,0001$ ) e maior tendência de enriquecimento no período chuvoso (Figura 4).

Figura 4. Boxplot representando a variação dos parâmetros analisados durante as campanhas de amostragens



Fonte. O autor

Os teores de bicarbonato oscilaram de 26,2 a 402,5 mg.L<sup>-1</sup> (medianas 180,0 e 297,9 mg.L<sup>-1</sup>). O teste de Mann-Whitney mostrou que existem diferenças estatísticas sazonais entre as amostras de bicarbonato ( $p < 0,0001$ ), reflexo do maior incremento deste íon no período chuvoso (Figura 4). O sulfato apresentou variação de 1,0 a 373,7 mg.L<sup>-1</sup> (medianas 87,2 e 75,5 mg.L<sup>-1</sup>), além disso, o teste estatístico revelou que as medianas deste parâmetro não diferem sazonalmente ( $p = 0,646$ ).

O cloreto variou de 12,4 a 1209,1 mg.L<sup>-1</sup> (medianas 181,3 e 169,9 mg.L<sup>-1</sup>). As medianas de cloreto não apresentam diferença estatística sazonal ( $p = 0,742$ ). O íon nitrato apresentou concentração máxima de 92,0 mg.L<sup>-1</sup>N (medianas 9,2 e 8,5 mg.L<sup>-1</sup>N). Os elevados teores de nitrato nas águas subterrâneas em apreço, podem estar associados a contaminação hídrica de origem antropogênica, a exemplo de desafios no saneamento básico e uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura. O teste estatístico de Mann-Whitney mostrou que os valores medianos de nitrato não diferem entre os períodos amostrais ( $p = 0,939$ ).

## 4.2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO E CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA

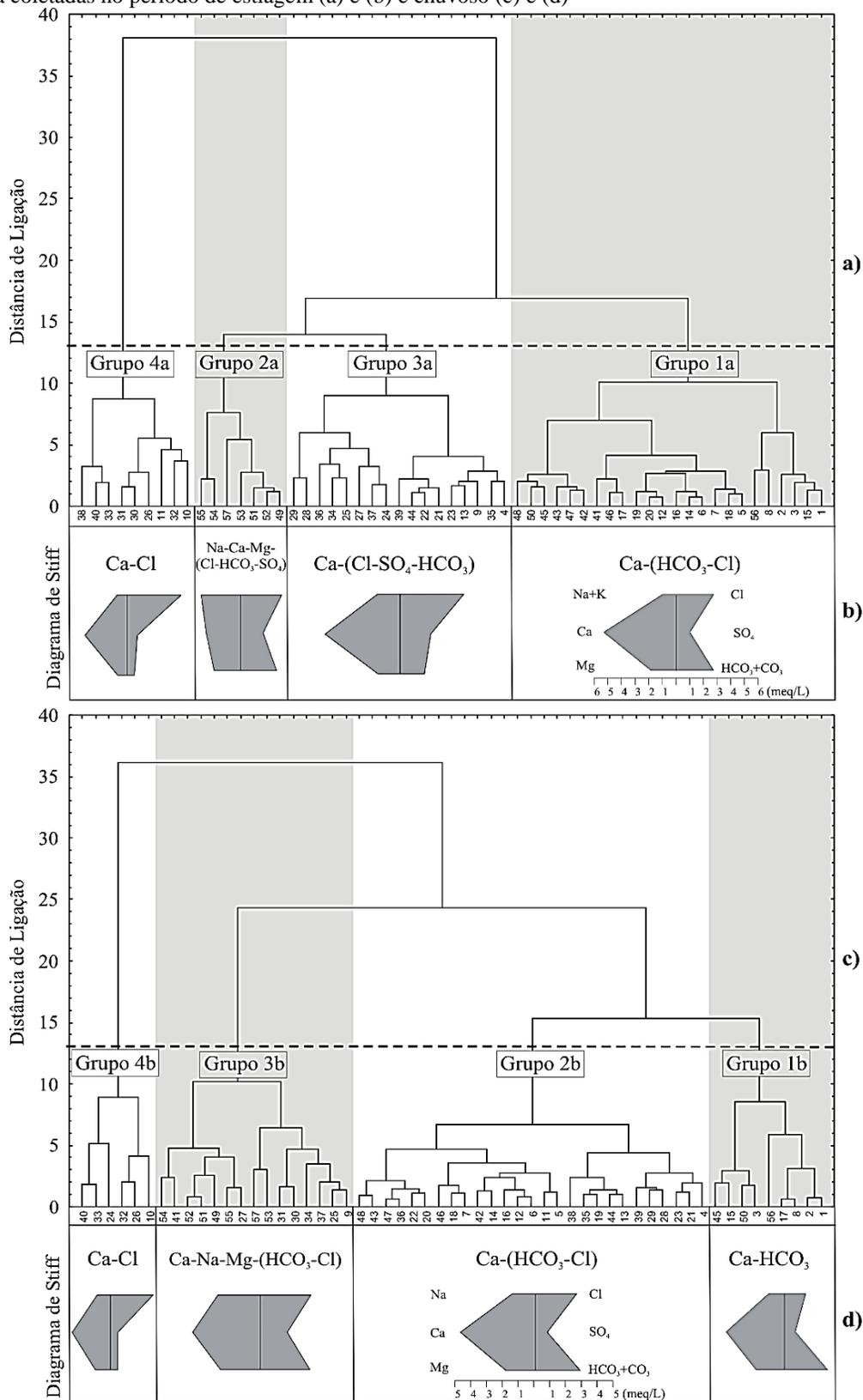
A classificação das amostras em grupos hidroquímicos foi realizada com o auxílio da técnica de análise de agrupamento, utilizando para tanto, a observação visual do dendograma. Neste estudo, a linha de corte (tracejada) foi estabelecida ao longo dos dendogramas a uma distância de ligação de 13, sendo as amostras com distância de ligação inferior agrupadas na mesma categoria. Isto permite uma divisão dos dendogramas em quatro grupos sazonais de água subterrânea, os quais representam as principais fácies hidroquímicas da área de estudo (Figura 5).

A Figura 5 (a) e (c) fornece algumas indicações do nível de similaridade entre os agrupamentos sazonais. As maiores distâncias de ligação (38 e 36) dos Grupos 4a e 4b indicam que as amostras de água subterrânea destes grupos se diferem geoquimicamente dos demais grupos nos períodos amostrados. Entre os agrupamentos restantes, o Grupo 1a (17) apresenta maior distância de ligação para o período de estiagem, enquanto o Grupo 3b (24) possui a maior distância no período chuvoso. Os Grupos 2a e 3a (14) e os Grupos 1b e 2b (15) têm menores distâncias de ligação e conseqüentemente possuem as maiores semelhanças geoquímicas entre todos os agrupamentos sazonais.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores médios das variáveis para cada grupo de dados hidroquímicos observados nos dendogramas. As concentrações de STD e cloretos revelam tendências crescentes semelhantes ao longo dos grupos em ambos os períodos analisados, seguindo a ordem: Grupo 1 < Grupo 2 < Grupo 3 < Grupo 4. Esta tendência revela a dominância dos processos de mineralização e salinização das águas ao longo do fluxo subterrâneo regional, representados na Figura 5 (b) e (d) pelos diagramas de Stiff (1951).

Os Grupos 1a e 1b correspondem, respectivamente, a 42% e 16% das amostras dos períodos de estiagem e chuvoso, apresentando os menores valores de STD (669,21 e 475,0 mg.L<sup>-1</sup>) e cloreto (107,79 e 58,44 mg.L<sup>-1</sup>) dentre os agrupamentos e predominância de fácies hidroquímicas Ca-(HCO<sub>3</sub>-Cl) e Ca-HCO<sub>3</sub> (Tabelas 1 e 2). O cálcio (113,44 e 90,80 mg.L<sup>-1</sup>) e o bicarbonato (184,23 e 204,82 mg.L<sup>-1</sup>) são os íons predominantes em ambas as campanhas amostrais, com ordem de abundância para os cátions no período de estiagem Ca<sup>2+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>Na<sup>+</sup>>K<sup>+</sup> e chuvoso Ca<sup>2+</sup>>Na<sup>+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>K<sup>+</sup> e relativa constância na ordem de abundância dos ânions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>>Cl<sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Figura 5. Dendogramas e Diagramas de Stiff mostrando a divisão dos fácies hidroquímicas para as amostras de água subterrânea coletadas no período de estiagem (a) e (b) e chuvoso (c) e (d)



Fonte. O autor

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros definidos pela análise de agrupamento (estiagem)

Grupos	Fáceis	pH	STD (mg.L <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> N)
Grupo 1a (N=24)	Ca-(HCO <sub>3</sub> -Cl)	7.53	669.21	23.11	2.77	113.44	23.84	107.79	184.23	55.76	8.03
Grupo 2a (N=7)	Na-Ca-Mg- (Cl-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> )	8.32	863.00	89.77	6.41	68.35	31.91	144.06	217.66	107.02	2.09
Grupo 3a (N=17)	Ca-(Cl-SO <sub>4</sub> - HCO <sub>3</sub> )	7.45	1228.35	59.24	3.32	169.92	30.36	254.62	167.62	166.49	16.41
Grupo 4a (N=9)	Ca-Cl	7.24	2387.33	86.88	5.00	315.67	42.41	712.83	164.80	181.60	45.53

Fonte. O autor

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros definidos pela análise de agrupamento (chuvoso)

Grupos	Fáceis	pH	STD (mg.L <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> N)
Grupo 1b (N=9)	Ca-HCO <sub>3</sub>	7.18	475.00	28.41	5.37	90.80	26.86	58.44	204.82	40.50	4.96
Grupo 2b (N=27)	Ca-(HCO <sub>3</sub> -Cl)	7.01	935.89	62.75	4.57	176.33	41.93	170.49	320.06	65.92	14.93
Grupo 3b (N=15)	Ca-Na-Mg- (HCO <sub>3</sub> -Cl)	7.27	1186.80	127.74	8.35	177.18	63.54	276.69	311.41	168.71	5.44
Grupo 4b (N=6)	Ca-Cl	6.95	2720.33	171.96	7.22	428.52	102.79	845.92	248.93	198.99	58.23

Fonte. O autor

Os Grupos 2a e 2b representam 12% e 42% das amostras analisadas, possuindo valores intermediários de STD (863,0 e 935,89 mg.L<sup>-1</sup>) e cloreto (144,04 e 170,49 mg.L<sup>-1</sup>), com os tipos hidroquímicos predominantes Na-Ca-Mg-(Cl-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>) e Ca-(HCO<sub>3</sub>-Cl). O sódio (89,77 mg.L<sup>-1</sup>) e o cálcio (176,33 mg.L<sup>-1</sup>) correspondem, respectivamente, aos principais cátions nos períodos de estiagem e chuvoso, sendo que o bicarbonato (217,66 e 320,06 mg.L<sup>-1</sup>) representa o ânion predominante (Tabelas 1 e 2). As concentrações de cátions e ânions entre as campanhas analisadas apresentou padrão de abundância da seguinte ordem: Na<sup>+</sup>>Ca<sup>2+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>K<sup>+</sup> (estiagem), Ca<sup>2+</sup>>Na<sup>+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>K<sup>+</sup> (chuvoso) e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>>Cl<sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Os Grupos 3a e 3b correspondem a 30% e 26% das amostras, apresentando concentrações elevadas de STD (1228,35 e 1186,80 mg.L<sup>-1</sup>) e cloreto (254,62 e 276,69 mg.L<sup>-1</sup>), com predominância dos fáceis Ca-(Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>) e Ca-Na-Mg-(HCO<sub>3</sub>-Cl). O Cálcio (169,92 e 177,18 mg.L<sup>-1</sup>) é o cátion dominante, sendo o cloreto (254,62 mg.L<sup>-1</sup>) e o bicarbonato (311,41 mg.L<sup>-1</sup>) os ânions principais, respectivamente nos períodos de estiagem e chuvoso (Tabelas 1 e 2). Os cátions apresentaram a mesma ordem de abundância entre os períodos analisados (Ca<sup>2+</sup>>Na<sup>+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>K<sup>+</sup>) e os ânions apresentaram padrões distintos: Cl<sup>-</sup>>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (estiagem) e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>>Cl<sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (chuvoso).

Os Grupo 4a e 4b representam 16% e 11% dos poços amostrados, possuindo os maiores valores de STD (2387,33 e 2720,33 mg.L<sup>-1</sup>) e cloreto (712,83 e 845,92 mg.L<sup>-1</sup>), e fácies hidroquímicas análogas (Ca-Cl) (Tabelas 1 e 2). A ordem de abundância dos cátions segue padrão semelhante nos períodos sazonais (Ca<sup>2+</sup>>Na<sup>+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>K<sup>+</sup>) e ânions exibem os seguintes ordenamentos: Cl<sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (estiagem) e Cl<sup>-</sup>>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (chuvoso).

### 4.3 ANÁLISE FATORIAL

A análise fatorial foi aplicada para identificar quais variáveis hidroquímicas foram responsáveis por gerar a maior parte da variabilidade dentro do conjunto de dados. Desta maneira, a carga fatorial dá uma indicação sobre a qualidade da variável, sendo que quanto mais alto o valor da carga fatorial, melhor a variável representa o fator. Comrey & Lee (1992) sugerem que as cargas maiores que 0,71 são excelentes, maiores que 0,63 são muito boas, maiores que 0,55 boas, maiores que 0,45 razoáveis e maiores que 0,32 pobres. Hair et al. (2006) sugerem 0,50 como patamar aceitável.

Os resultados da análise fatorial para os dados hidroquímicos sazonais estão descritos na Tabela 3. A rotação Varimax normalizada dos fatores foi aplicada para maximizar a variância dos dados. Considerando, apenas os autovalores maiores que 1 (um), seguindo critério proposto por Kaiser (1960), observa-se que os três primeiros fatores explicam cerca de 72 e 78% da variância dos dados.

O Fator 1 explica, respectivamente, 50,6 e 44,8% da variância total do conjunto de dados nas duas campanhas amostrais, mostrando uma alta correlação positiva entre os atributos STD, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. A presença das variáveis responsáveis pela formação deste fator sugere que o mesmo não está associado a um único processo geoquímico dominante. A forte correlação positiva entre as cargas fatoriais do STD e Cl<sup>-</sup> provavelmente está associada aos processos de interação água-rocha e concentração de sais no aquífero oriundo de evaporação das águas. O Ca<sup>2+</sup> e o Mg<sup>2+</sup> são constituintes básicos das rochas calcárias, e se apresentam como principais íons responsáveis pela dureza das águas subterrâneas (MESTRINHO, 2008). A forte correlação entre Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> está associada à dissolução, predominantemente, dos minerais calcita (CaCO<sub>3</sub>) e dolomita (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) comumente disseminados nas litologias da Formação Salitre. Além disso, a presença de compostos nitrogenados no aquífero, representados neste fator pelo

nitrito, apresenta-se como indicativo de contaminação de origem antropogênica para as águas subterrâneas.

Tabela 3. Cargas fatoriais e variância explicada para os três fatores analisados com rotação Varimax normalizada

Variáveis	Estiagem			Chuvoso		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 1	Fator 2	Fator 3
pH	-0.408	0.135	<b>0.520</b>	-0.194	0.172	<b>-0.696</b>
STD (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>0.845</b>	0.486	-0.110	<b>0.936</b>	0.298	0.055
Na <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0.250	<b>0.809</b>	0.126	0.534	<b>0.606</b>	-0.330
K <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	-0.161	<b>0.815</b>	-0.102	-0.020	<b>0.888</b>	0.185
Ca <sup>2+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>0.941</b>	0.182	-0.152	<b>0.938</b>	0.054	0.147
Mg <sup>2+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>0.608</b>	0.536	0.168	<b>0.776</b>	0.420	0.022
Cl <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>0.818</b>	0.405	-0.243	<b>0.894</b>	0.293	0.232
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0.013	0.019	<b>0.897</b>	-0.021	-0.134	<b>-0.754</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0.310	<b>0.584</b>	0.139	0.471	<b>0.676</b>	-0.312
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> N)	<b>0.776</b>	-0.134	0.003	<b>0.838</b>	-0.125	0.014
Autovalor	4.489	1.741	1.019	5.063	1.626	1.117
Variância Total (%)	44.894	17.413	10.191	50.632	16.256	11.173
Variância acumulada (%)	44.894	62.307	72.499	50.632	66.888	78.061

Fonte. O autor

O Fator 2 corresponde, respectivamente, a 17,4 e 16,2% da variância total dos dados, mostrando correlação positivas entre as variáveis Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Tabela 3). Os íons Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> podem estar associados aos mecanismos de concentração e dissociação decorrente do processo de evaporação das água e secundariamente da dissociação dos feldspatos, que aparecem nos calcários sob a forma de impurezas (GUERRA, 1986). Os teores do íon K<sup>+</sup> encontrados nas águas em apreço, são sempre mais baixos que o Na<sup>+</sup>, sendo o K<sup>+</sup> influenciados principalmente pelos mecanismos de remoção seletiva, como troca de bases, adsorção pelas argilas e absorção pelos vegetais (GUERRA, 1986; BANCER et al., 2016).

O íon SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> identificado no fator 2 está diretamente relacionado com a composição mineralógica das rochas. Teores mais elevados em sulfatos estariam subordinados à presença de sulfetos de Fe, Zn, Pb e Cu com ocorrência comprovada na área (MISI et al., 2012; FRANÇA-ROCHA, 2015). Nesse sentido, os sulfatos teriam como principal fonte a oxidação dos sulfetos, comum na sequência carbonática da Formação Salitre.

O Fator 3 representa, respectivamente 10,1 e 11,1% da variância total dos dados, mostrando correlação entre as variáveis pH e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas duas campanhas amostrais. Este fator é definido sobretudo devido às variações de pH, e conseqüentemente, do bicarbonato nas águas

subterrâneas da área. A dissolução dos carbonatos da Formação Salitre tende a aumentar a concentração dos cátions, o pH e o  $\text{HCO}_3^-$  (Tabelas 1 e 2) e, por conseguinte, a alcalinidade das águas subterrâneas.

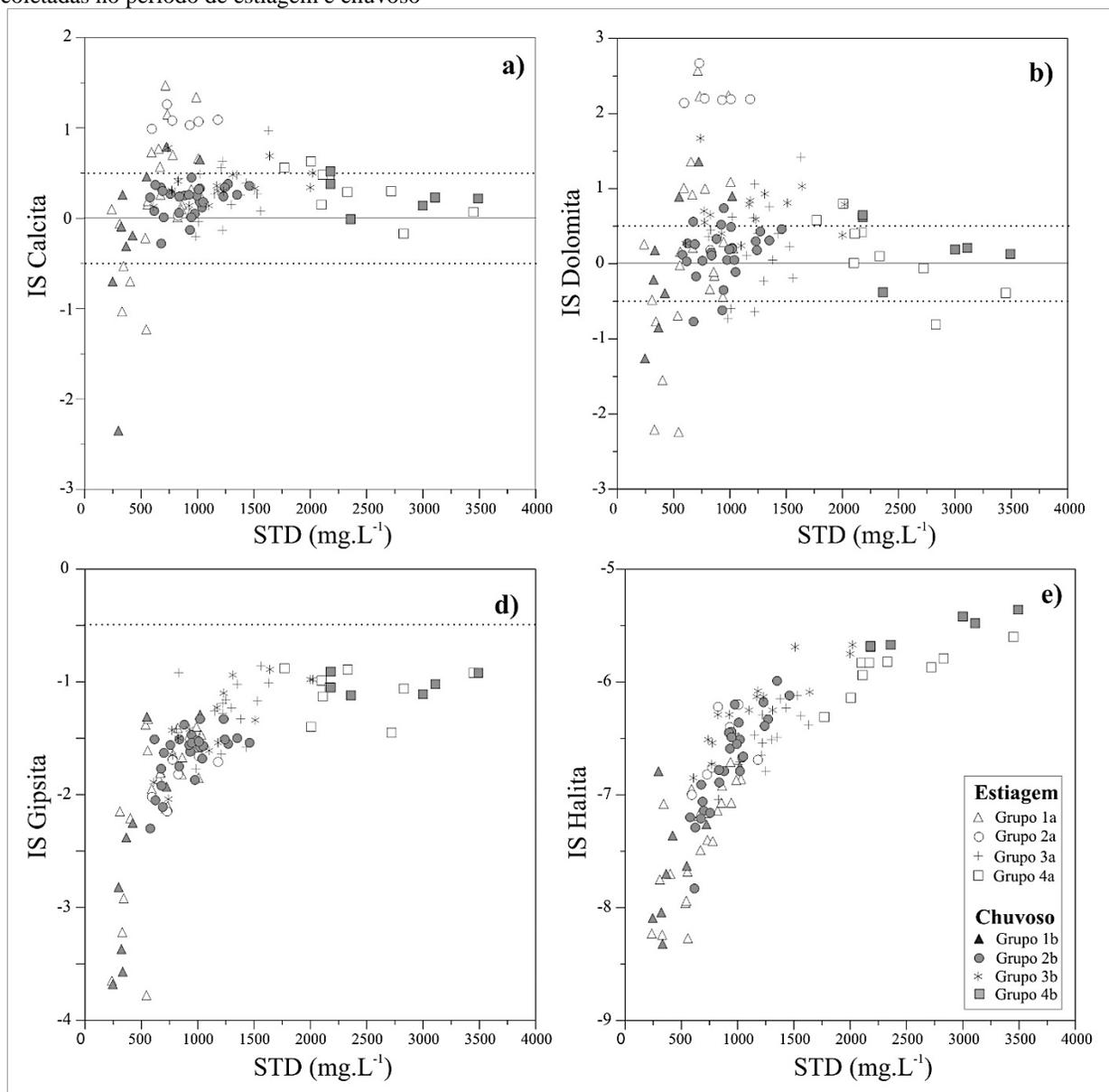
#### 4.4 ÍNDICE DE SATURAÇÃO E PROCESSOS HIDROGEOQUÍMICOS

Os Índices de Saturação (IS) são utilizados para avaliar o equilíbrio entre água e os minerais, indicando se a solução está em equilíbrio ( $\text{IS} = 0$ ), subsaturada ( $\text{IS} < 0$ ) ou supersaturada ( $\text{IS} > 0$ ) com relação à fase mineral (APPELO & POSTMA, 2005). Na prática, pode-se supor o equilíbrio para o intervalo de -0,5 a 0,5, onde, se o valor determinado para o IS é menor que -0,5 a solução está subsaturada em relação ao mineral correspondente, e, se o IS excede +0,5, a solução está supersaturada com respeito a esse mineral (MERKEL & PLANER-FRIEDRICH, 2012).

A Figura 6 apresenta os índices de saturação da calcita, dolomita, gipsita e halita em função das concentrações de STD durante as campanhas amostrais. Os resultados mostram que os IS para a calcita e dolomita possuem padrão de distribuição semelhantes, com tendência geral para águas supersaturadas e/ou em equilíbrio para estes minerais (Figura 6a e b). Os Grupos 1a e 1b apresentam as maiores variações dentre as amostras, entretanto, são os que apresentam águas mais subsaturadas e com menores valores de STD dentre os agrupamentos. O Grupo 2a predomina águas supersaturadas em calcita e dolomita, mostrando uma tendência de saturação desses minerais no período de estiagem. O Grupo 2b apresenta tendência de equilíbrio mineral para estes minerais no período chuvoso. Nos demais agrupamentos hidroquímicos, predominam tendências de equilíbrio do IS da calcita e dolomita em ambos os períodos amostrais (Figura 6a e b).

A predominância de águas subsaturadas em calcita e dolomita nas amostras dos Grupos 1a e 1b indica que estas águas ainda não atingiram o equilíbrio com os carbonatos da Formação Salitre. Já a saturação e/ou equilíbrio destes minerais essencialmente nas amostras pertencentes aos Grupos 4a e 4b pode estar associado a efeitos de evaporação. Segundo Moran-Ramírez et al. (2016) a calcita e a dolomita podem ser depositadas na zona não saturada do aquífero, no solo, ou mesmo na seção do poço como nódulos calcários, devido à evaporação das águas.

Figura 6. Índices de saturação da calcita (a), dolomita (b), gipsita (c) e halita (d) vs. STD nas águas do aquífero salitre coletadas no período de estiagem e chuvoso



Fonte. O autor

De maneira geral, pode ser observado uma tendência de estabilidade mineral à medida que os valores de STD aumentam. Esta estabilidade é demonstrada pelas menores variações e consequente aumento do equilíbrio para o IS tanto da calcita como dolomita ao longo dos grupos hidroquímicos, seguindo a ordem: Grupos 1a e 1b < Grupos 2a e 2b < Grupos 3a e 3b < Grupos 4a e 4b (Figura 6a e b). De acordo com Ma et al. (2011), uma característica comum dos valores de IS

em relação a diferentes minerais é a sua tendência geral a aumento a partir da recarga para a zona de descarga e ainda mais para a zona de descarga das águas subterrâneas cársticas.

Os resultados mostram que as amostras de todos os grupos hidroquímicos estão subsaturadas em relação à gipsita. Tal como observado nos IS para a calcita e dolomita, ao longo do percurso de escoamento, as águas subterrâneas da Bacia de Irecê se aproximam da zona de equilíbrio para o IS da gipsita, seguido do aumento das concentrações de STD (Figura 6 c).

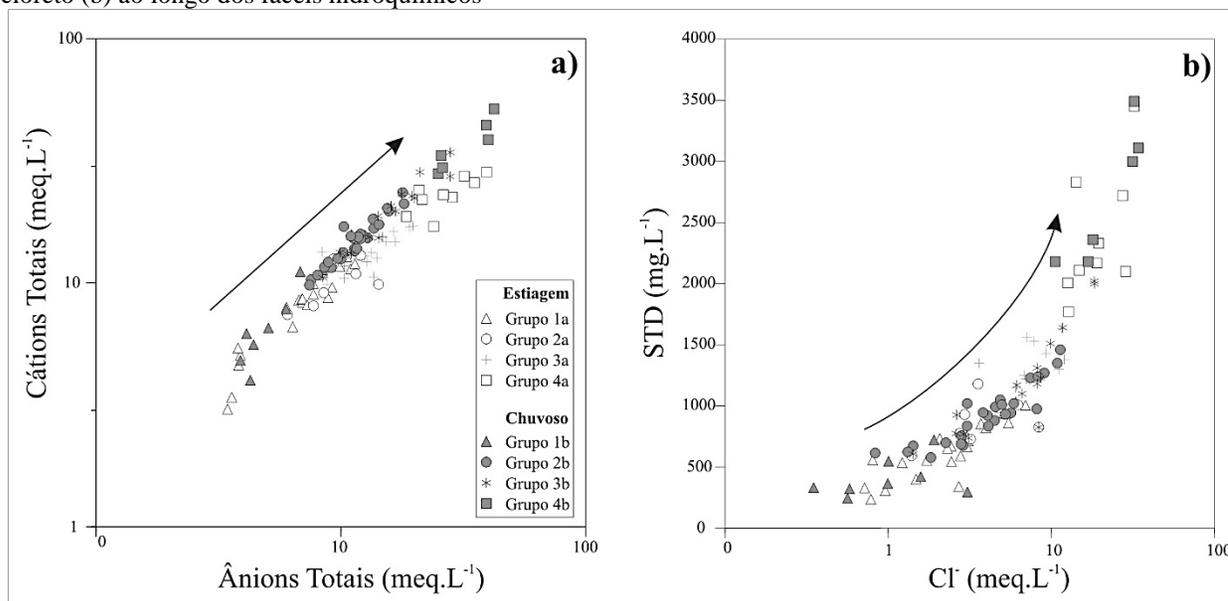
O IS da halita revelou a completa subsaturação das amostras em relação a este mineral, indicando assim, uma baixa contribuição dos evaporitos para a mineralização das águas do aquífero cárstico Salitre (Figura 6d). O íon  $\text{Cl}^-$  é um dos constituintes mais conservativos nas águas subterrâneas (DANIELE et al., 2013), cujo mecanismo de concentração na área de estudo é diretamente dependente dos fatores climáticos, relacionada às baixas precipitações pluviométricas e elevada evaporação das águas (GUERRA, 1986). Já os teores de  $\text{Na}^+$  observados nas águas em apreço podem estar relacionados aos processos de troca iônica (cátions) pelas argilas esmectitas ricas em sódio (MESTRINHO, 2008).

As interações água-rocha ocorrem à medida que a água se infiltra no solo. Depois de percorrer maiores distâncias durante períodos de transporte mais longos, as concentrações dos principais íons dissolvidos tendem a aumentar. Nesse sentido, a água pode apresentar um zoneamento ao longo do fluxo em decorrência da dissolução e precipitação progressiva de minerais, troca iônica entre o meio ou mudanças nas condições de redox (MESTRINHO, 2008; MORAN-RAMÍREZ et al., 2016). Na área de estudo, o processo de mineralização (evolução) das águas subterrâneas ao longo do fluxo pode ser identificado na Figura 7.

Com base nesse princípio, foram identificadas na área de estudo três zonas hidroquímicas evolutivas principais de fluxo subterrâneo: a primeira é representada por amostras localizadas próximas às áreas de recarga ou com má circulação e/ou tempo de trânsito no aquífero, representada pelos Grupos 1a e 1b (fluxo local); a segunda é constituída por amostras que seguiram o fluxo evolutivo e apresentaram concentrações iônicas crescentes e mistura de águas (Grupos 2a, 3a, e 2b, 3b), estão associadas com maiores distâncias ou maior tempo de trânsito no aquífero, quando comparadas às águas dos Grupos 1a e 1b (fluxo intermediário); finalmente, a terceira é representada por amostras com concentrações iônicas mais elevadas (Grupos 4a e 4b), sendo relacionadas aos intensos processos de carstificação e interação água-rocha (fluxo regional). A relação entre os agrupamentos hidroquímicos e a evolução (mineralização) ao longo do fluxo hídrico subterrâneo

pode ser confirmada com base na relação entre STD e  $\text{Cl}^-$ , uma vez que ambas as concentrações destes parâmetros aumentam exponencialmente a partir da zona de fluxo local para a zona de fluxo regional (Figura 7b).

Figura 7. Diagramas de dispersão mostrando o crescimento das concentrações dos cátions e ânions (a) e do STD e cloreto (b) ao longo dos fácies hidroquímicas



Fonte. O autor

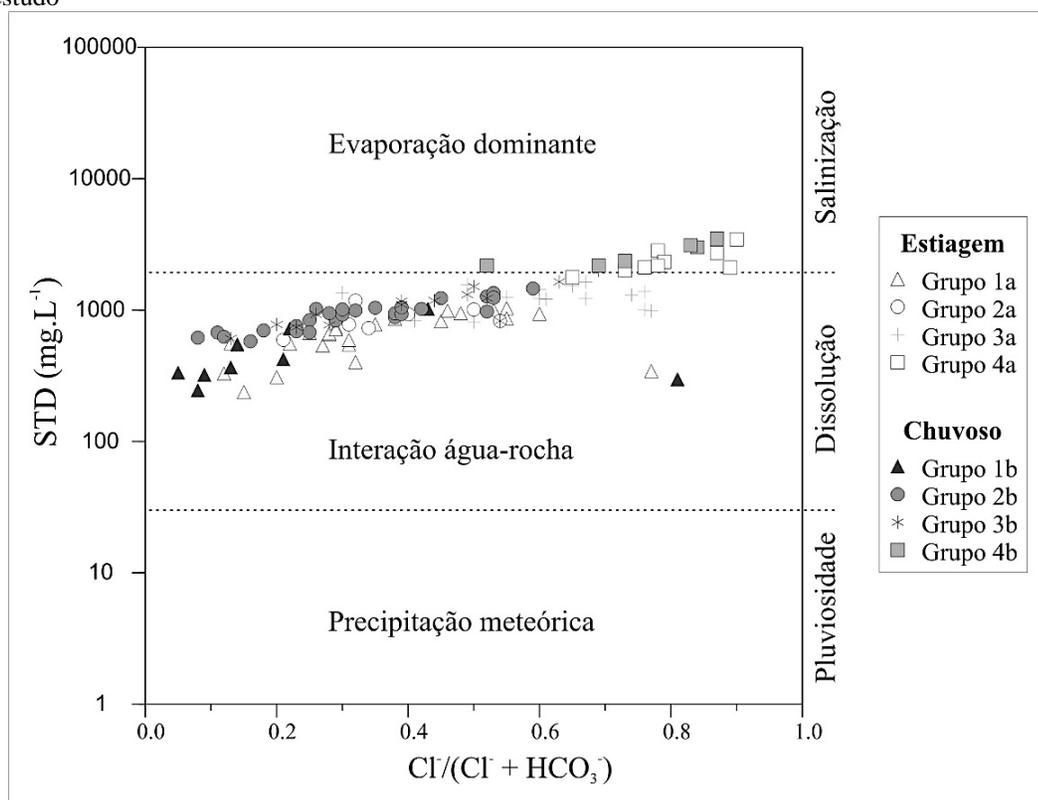
A Figura 8 mostra o diagrama de Gibbs (GIBBS, 1970), este é representado pelas concentração de STD e pela razão iônica  $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ , sendo as amostras rotuladas de acordo com o respectivos agrupamentos hidroquímicos. Este diagrama identifica processos ambientais relacionados a influência da precipitação meteórica (pluviosidade), interação água rocha (dissolução) e evaporação (salinização) das águas (REDWAN et al., 2016).

Uma vez que a concentração de STD e  $\text{Cl}^-$  nas duas campanhas amostrais aumentam, respectivamente, dos Grupos 1a para 4a e dos Grupos 1b para 4b, os quatro agrupamentos podem ser distinguidos (Figura 8). A maioria das amostras estão localizadas no campo correspondente aos processos de interação água-rocha (carstificação). Entretanto, apesar das amostras dos Grupos 1a e 1b estarem subordinadas aos processos de dissolução das rochas carbonáticas, estes agrupamentos possuem assinaturas hidroquímicas mais próximas da água meteórica do que os demais grupos, o que é consistente com as observações levantadas anteriormente neste estudo.

Nesse sentido, amostras correspondentes aos Grupos 1a e 1b correspondem às águas de baixa salinidade e/ou recentemente infiltradas no aquífero.

Os Grupos 2a e 3a e Grupos 2b e 3b são altamente influenciadas por interações água-rocha. Essas amostras estão relacionadas à tipos hidroquímicos mistos (Figura 5b e d), correspondendo à zona de fluxo intermediário do aquífero cárstico.

Figura 8. Diagrama de Gibbs indicando os principais processos que controlam da química das águas subterrâneas na área de estudo



Fonte. O autor

As amostras dos Grupos 4a e 4b correspondem às águas subterrâneas salinizadas (Figura 8) e seguramente mais evoluídas, com fácies hidroquímicas predominantemente Ca-Cl. Além da interação água-rocha, outro processo que pode ser identificado nas amostras destes grupos é a evaporação-cristalização (Figura 8). Notadamente mais intenso em regiões áridas e semiáridas, quando a evaporação chega a ser maior que a pluviosidade, o processo de evaporação das águas e cristalização mineral aumenta os valores de STD devido à precipitação ou estabilização da calcita (REDWAN et al., 2016) (Figura 6a).

#### 4.5 ANÁLISE ESPACIAL E SAZONAL

O grau de coerência entre os agrupamentos hidroquímicos definidos estatisticamente e sua localização espacial foi testado através da representação dos poços amostrados no mapa da área de estudo. Além disso, a Figura 9 permite a identificação da variabilidade espacial e sazonal dos fácies hidroquímicos definidos pela análise de agrupamento.

As águas do Grupo 1a (Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl) possuem correlação hidroquímica e espacial com os Grupos 1b e 2b (Ca-HCO<sub>3</sub> e Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl) e se localizam, predominantemente, nas bordas leste, oeste e porções sul e NW da Bacia de Irecê (Figura 9a e b). Estes tipos hidroquímicos estão localizados nas proximidades das zonas de contato geológico com as litologias siliciclásticas do Grupo Chapada Diamantina (Figura 3).

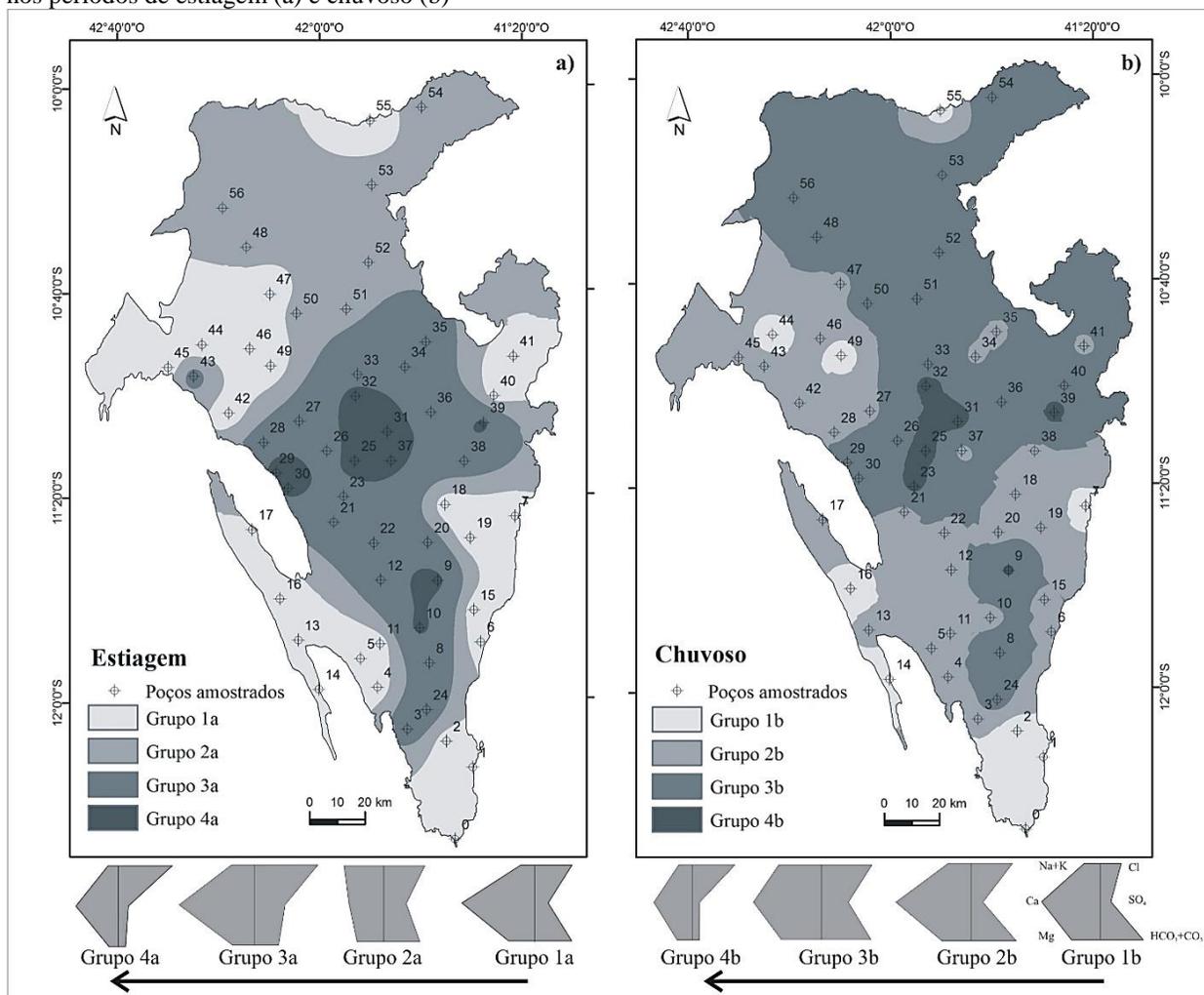
A análise preliminar da Figura 9 parece sugerir uma ideia contraditória de redução espacial do tipo hidroquímico Ca-HCO<sub>3</sub> (Grupo 1b) no período chuvoso. Entretanto, o que ocorre é a mudança deste fáci para águas do tipo Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl no período de estiagem, acompanhado de um aumento nas concentrações do ânion bicarbonato no período chuvoso, conforme demonstrado nas Tabelas 1 e 2. Sendo assim, a presença de água de chuva associada à dissolução de carbonatos explica as maiores proporções de águas bicarbonatadas no período chuvoso conforme registrado nas assinaturas hidroquímicas dos Grupos 1b (Ca-HCO<sub>3</sub>) e 2b (Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl), confirmando diretamente o processo de recarga do aquífero cárstico.

O poço 55, localizado na porção norte da área, apresentou assinatura hidroquímica diferente dos demais poços analisados neste setor da Bacia (Figura 9a e b). Trata-se de um poço tubular com profundidade de 45 metros, apresentando valores de STD de 342 mg.L<sup>-1</sup> (estiagem) e 297 mg.L<sup>-1</sup> (chuvoso), locado sobre as coberturas sedimentares e região de contato geológico com o Grupo Chapada Diamantina. As características químicas encontradas, com águas pouco mineralizadas em ambos os períodos amostrados (Grupo 1a e 1b), associada ao contexto geológico local, indicam influência direta do processo de infiltração de águas pluviais.

As águas do Grupo 2a (Na-Ca-Mg-Cl-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>) estão correlacionados espacialmente com o Grupo 3b (Ca-Na-Mg-Cl-HCO<sub>3</sub>) e se localizam, essencialmente, nas porções norte, centro-norte, nordeste e centro-sul da Bacia (Figura 9a e b). Estes agrupamentos são caracterizados por fácies sódicas no período de estiagem e domínio de fácies cálcicas no período chuvoso (Tabelas 1 e 2). Em decorrência da diminuição da velocidade de fluxo e conseqüente maior interação água-

rocha no período de estiagem, o sódio poderá ser disponibilizado para as águas por mecanismo de troca iônica.

Figura 9. Distribuição na área de estudo dos fácies hidroquímicas definidos pela análise estatística de agrupamento nos períodos de estiagem (a) e chuvoso (b)



Fonte. O autor

O Grupo 3a (Ca-Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>) apresenta baixa correlação espacial com os agrupamentos do período chuvoso. Este tipo hidroquímico apresenta ocorrência predominante no período de estiagem, nas porções central e sul da Bacia de Irecê (Figura 9a). A presença de amostras com fácies sulfatadas nas águas que compõem o Grupo 3a decorre, possivelmente, da maior interação água-rocha no período de estiagem, processo este responsável pela dissolução dos sulfetos hospedados nas rochas e liberação do íon SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> para as águas. Nesse sentido, a ocorrência de tipos

hidroquímicos sulfatados sugere um mecanismo de transição das águas do Grupo 3a para o Grupo 4a no período de estiagem.

Os Grupos 4a e 4b apresentam assinaturas hidroquímicas análogas (Ca-Cl), com ocorrência espacial predominante na porção central da Bacia. No período de estiagem este tipo hidroquímico se manifestou de maneira pontual nos setores centro-sul e leste da área de estudo (Figura 9a e b). Guerra (1986) constatou a existência de grande variação espacial na composição química das águas do aquífero cárstico Salitre. Para o autor, este comportamento está subordinado, principalmente, aos fatores climatológicos e geológicos, destacando-se os índices pluviométricos, a composição química da rocha e as condições locais de recarga e circulação subterrânea. Além disso, os maiores valores de nitrato encontrados nestes grupos hidroquímicos nos dois períodos amostrais (Tabelas 1 e 2), se apresentam como forte indicativo de contaminação das águas por atividades agrícolas e/ou devido às condições sanitárias regional, onde a maior parte dos efluentes domésticos são lançados diretamente em fossas.

## CAPÍTULO 5

# NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E RELAÇÃO COM USO DO SOLO

---

### 5.1 USO DO SOLO E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os padrões de uso do solo exercem significativa influência sobre a qualidade dos recursos hídricos. Inúmeros problemas relacionados com a qualidade da água são causados pelo mau uso do solo, como urbanização e disposição inadequada de efluentes, atividades industriais e agrícolas. Na área de estudo, a contaminação do aquífero por nitrato pode ainda ter contribuição de outros vetores de contaminação, tais como resíduos sólidos e pecuária extensiva. Contudo, neste trabalho, admite-se que os principais impactos na qualidade destas águas são causados pelo processo de urbanização, associado ao crescimento populacional e sistema de saneamento *in situ*, bem como a expansão da agricultura nas últimas décadas.

#### 5.1.1 Crescimento populacional e saneamento básico

A Tabela 4 mostra tendências de crescimento populacional dos municípios localizados na Bacia de Irecê no período de 1970 a 2010, podendo-se observar um crescimento de 30% da população residente. Entre as décadas de 1970 e 1980 houve um aumento de 27% na população, seguido de uma redução (-9,2%) entre o período de 1980 e 1996, com um aumento posterior de 12% no período de 1996 a 2010 (IBGE, 2010a).

Os maiores acréscimos populacionais ocorreram, respectivamente, nos municípios de Iraquara (88,8%), Ibipeba (88,2%), Jussara (77,8%), Souto Soares (73,8%) e Ibititá (52%) (Tabela 4). Dentre estes, exceto os municípios de Iraquara e Souto Soares, localizados no setor sul da área, todos os demais municípios possuem distribuição territorial na porção central da Bacia (Figura 1).

Tabela 4. População, crescimento populacional (1970-2010) e percentual de esgotamento sanitário adequado (2010) dos municípios localizados na área de estudo

Municípios	1970	1980	1996	2000	2007	2010	Crescimento (%) 1970 - 2010	Esgot. Sanitário Adequado (%)
América Dourada	11.801	15.7285	14.805	15.959	16.189	15.961	35.3	2.8
Barra do Mendes	9.531	11.055	12.806	13.61	14.054	13.987	46.8	2.2
Barro Alto	9.452	12.6875	11.637	12.098	13.403	13.612	44.0	7.1
Cafarnaum	16.27	20.025	14.564	16.059	17.402	17.209	5.8	4.6
Canarana	21.278	25.739	21.357	21.665	24.436	24.067	13.1	1.5
Central	13.864	13.858	14.183	16.792	17.32	17.013	22.7	10
Ibipeba	9.036	11.476	14.351	15.362	16.762	17.008	88.2	6.8
Ibititá	11.737	15.602	16.956	17.905	18.614	17.84	52.0	1.5
Iraquara	11.972	14.359	18.035	18.334	22.607	22.601	88.8	10
Irecê	62.313	87.922	51.956	57.436	62.676	66.181	6.2	28.3
Itaguaçu da Bahia	9.049	12.5575	13.167	11.309	12.545	13.209	46.0	10.9
João Dourado	18.389	19.9005	17.737	18.967	20.834	22.549	22.6	4.4
Jussara	8.468	12.81	13.097	15.339	14.833	15.052	77.8	2.9
Lapão	21.486	24.349	21.466	24.727	25.557	25.646	19.4	11.6
Mulungu do Morro	8.089	13.9175	14.547	15.119	13.755	12.249	51.4	0.4
Presidente Dutra	11.286	13.144	12.782	13.73	13.822	13.75	21.8	6.7
São Gabriel	14.267	18.371	18.177	18.412	18.468	18.427	29.2	8
Souto Soares	9.15	12.279	18.66	14.795	18.013	15.899	73.8	4.7
Uibaí	11.547	11.606	13.228	13.614	13.719	13.625	18.0	2.2
População total	288.99	367.39	333.51	351.23	375.01	375.89		
Crescimento total (%)							30.1	
Cresc. por década (%)	27.1		-9.2		12.7			

Fonte: IBGE (2010a; 2010b)

Na área de estudo, a disposição das águas residuais em meio urbano e rural tem como principal destino os sistemas de saneamento *in situ* (fossas). Mesmo as principais cidades da região não dispõem de sistemas esgotamento sanitários adequados, a exemplo de Irecê, que possui uma população de cerca de 66.181 habitantes (IBGE, 2010a), atendidos por apenas 28,3% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, estando na posição número 178 dos 417 municípios do estado da Bahia (IBGE, 2010b).

Os municípios de Mulungu do Morro (0,4%), Canarana (1,5%) e Ibititá (1,5%), são os que possuem os piores percentuais de esgotamento sanitário na área de estudo (Tabela 4). Na Bahia, o município de Itaberaba, com população de 61.631 habitantes (IBGE, 2010a), possui 68,5% de esgotamento sanitário adequado. Já o município de Salvador apresenta 92,8% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, ficando em primeiro lugar quando comparado com os demais municípios do estado, e na posição número 302 quando comparado com outros municípios do Brasil (IBGE, 2010b).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), pouco mais da metade dos municípios brasileiros (55,2%) possuem serviço público de esgotamento sanitário por

rede coletora. Em contrapartida, apenas 45,7% das residências eram atendidas por essas redes naquele ano (2008). Os demais domicílios (54,3%) recorriam a sistemas de saneamento de baixo custo (fossas negras/absorventes, valas a céu aberto ou lançamento direto em cursos d'água), ou opções de custos mais altos, como tanques sépticos. Para os casos de cidades pequenas (< 20 mil habitantes), o índice pode atingir 80% das pessoas que não dispõem de saneamento básico adequado (IBGE, 2010b).

A precariedade dos sistemas de saneamento *in situ*, na prática, traduz-se na disposição inadequada dos efluentes líquidos, muitas vezes lançados diretamente no aquífero (fossas negras escavadas até o lençol freático). Segundo Foster & Hirata (1988) e Varnier (2007), os sistemas convencionais de saneamento *in situ*, mesmo bem construídos e operados, geram grandes níveis de poluição por fósforo e nitrato nos aquíferos.

### **5.1.2 Expansão da agricultura**

Na área de estudo pode ser observada uma gradativa substituição das culturas agrícolas, outrora baseadas nos sistemas tradicionais (sequeiro) altamente dependente da regularidade das chuvas, com destaque para o cultivo de feijão, milho e mamona. Devido às condições climáticas e/ou irregularidade nas precipitações pluviométricas, a agricultura tradicional passa por significativas transformações em seu sistema de cultivo, baseado na utilização da água subterrânea para as necessidades de irrigação de culturas de ciclos rápidos como cebola, tomate, dentre outras (Figura 10).

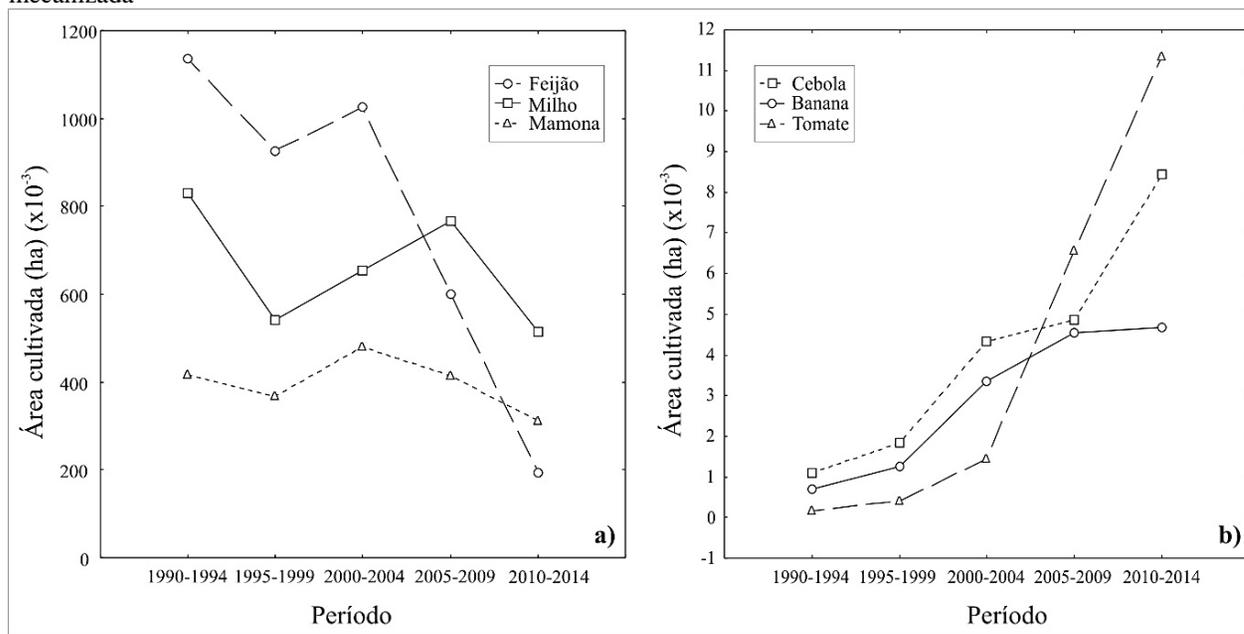
A Tabela 5 mostra o crescimento da área cultivada na Bacia de Irecê tomando-se como referência os cultivos de feijão, milho e mamona (culturas de sequeiro) e banana, cebola e tomate (culturas irrigadas) entre o período de 1990 a 2014. A análise dos dados permite observar uma redução das áreas destinadas para o cultivo de feijão (-82,9%), milho (-38%) e mamona (-25,5%). Em contrapartida, houve um crescimento exponencial das áreas destinadas para o cultivo de banana (570%), cebola (677%) e tomate (6767,9%) (SEI/IBGE, 2017).

Tabela 5. Crescimento da área cultivada na Bacia de Irecê entre 1990 e 2014

Culturas	Área cultivada (ha)					Crescimento (%)
	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014	
Feijão	1137198.0	927009.0	1026861.0	600843.0	194860.0	-82.9
Milho	830989.0	541869.0	654467.0	767305.0	515505.0	-38.0
Mamona	417621.0	366463.0	479681.0	413662.0	311160.0	-25.5
Banana	697.0	1249.0	3344.0	4544.0	4670.0	570.0
Cebola	1088.0	1845.0	4325.0	4868.0	8455.0	677.1
Tomate	165.0	395.0	1433.0	6554.0	11332.0	6767.9

Fonte. SEI/IBGE (2017)

Figura 10. Área cultivada na Bacia de Irecê; a) cultivo agrícola tradicional (sequeiro). b) agricultura irrigada intensiva mecanizada



Fonte. SEI/IBGE (2017)

De maneira geral pode ser observada uma progressiva diminuição da área cultivada por agricultura de sequeiro, com destaque para a acentuada redução das áreas destinadas ao cultivo do feijão (Figura 10a). As áreas destinadas ao plantio de culturas irrigadas apresentaram acelerado ritmos de crescimento entre o período analisado, com destaque para o cultivo do tomate (Figura 10b), com maior crescimento no período de 2000 a 2014.

O nitrogênio (N) é um dos elementos de maior presença na adubação química aplicada na agricultura, sendo amplamente utilizado nos sistemas de cultivo intensivo. Sendo a base de amoníaco, os fertilizantes comerciais são sintetizados a partir da amônia (NH<sub>3</sub>) produzida industrialmente (CHOI et al., 2003; JADOSKI et al., 2010).

O N orgânico para ser absorvido pelas plantas precisa ser mineralizado até formar  $\text{NH}_4^+$ , este íon, por sua vez, ao passar pelo processo de nitrificação em solos oxidados é rapidamente transformado para a forma de  $\text{NO}_3^-$ , de tal modo que poderá haver no solo muito mais nitrato do que a capacidade de absorção pelas plantas, sendo o excedente lixiviado com facilidade no perfil. Um bom exemplo de potencial de liberação de nitrato para a solução do solo é adubação com ureia  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , que é um dos principais tipos de adubo nitrogenado formulado empregado na agricultura, o qual apresenta 45% de nitrogênio solúvel em água. No solo, o nitrogênio da ureia transforma-se em amônia gasosa ( $\text{NH}_3(\text{g})$ ) e nitrato  $\text{NO}_3^-$ , podendo ser facilmente lixiviado para a zona saturada do aquífero (MALAVOLTA & MORAES, 2006). De acordo com Foster & Hirata (1988) os valores podem ser estimados entre 20 e 50% de perda de nitrogênio por lixiviação a partir de aplicações de fertilizantes.

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos Bacia dos Rios Verde e Jacaré Margem Direita do Lago de Sobradinho (BAHIA, 1996), na região de América Dourada (NE da área) se destaca pelo cultivo de hortaliças, o qual requer a utilização de grandes quantidades de defensivos agrícolas e fertilizantes. Além disso, o fato das precipitações pluviométricas ocorrerem de forma irregular, tanto temporal como espacialmente, tem levado o agricultor da região a buscar formas de amparo a suas atividades agrícolas baseadas na captação de água subterrânea, destacando-se a agricultura irrigada como principal suporte destas atividades (SILVA, 2005).

## 5.2 ANÁLISE TEMPORAL E ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A Tabela 6 apresenta um sumário estatístico das concentrações de nitrato nas águas subterrâneas do aquífero Salitre, para um universo de 917 observações, entre os anos de 1970 e 2014. Foi aplicado o teste estatístico de Mann-Whitney para dados não paramétricos, uma vez que os valores deste contaminante possuem distribuição não gaussiana.

A análise dos dados mostrou que o valor médio e mediano do nitrato na década de 1970 foi, respectivamente, 5,01 e 0,06  $\text{mg.L}^{-1}\text{N-NO}_3^-$ , com mínimo de 0,01 e máximo de 45,5  $\text{mg.L}^{-1}\text{N-NO}_3^-$  diferenciando-se estatisticamente dos demais períodos analisados ( $p < 0,05$ ). A década de 1980 apresentou valor médio e mediano de nitrato de 13,85 e 7,16  $\text{mg.L}^{-1}\text{N-NO}_3^-$ , mínimo e máximo de 0,01 a 76,0  $\text{mg.L}^{-1}\text{N-NO}_3^-$ . O teste de Mann-Whitney mostrou que as concentrações de nitrato encontradas neste período diferem apenas dos valores observados na década de 1970 ( $p < 0,0001$ ).

Tabela 6. Sumário estatístico das concentrações de nitrato nas amostras de água subterrânea da Bacia de Irecê, separadas por décadas (1970-2000) e período de 2012 - 2014

Décadas	Tamanho (N)	mg.L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				Desvio Padrão	Erro Padrão	(% CV)
		Mínimo	Máximo	Média	Mediana			
1970	136	0.01	45.50	5.01	0.06	9.23	0.79	181.18
1980	153	0.01	76.00	13.85	7.16	17.41	1.41	125.98
1990	54	0.01	56.20	8.19	3.77	12.08	1.64	147.75
2000	460	0.35	132.00	14.35	7.15	18.85	0.88	131.39
2012-2014	114	0.05	92.00	15.57	9.01	18.94	1.77	121.66

Fonte. Dados CERB; O autor

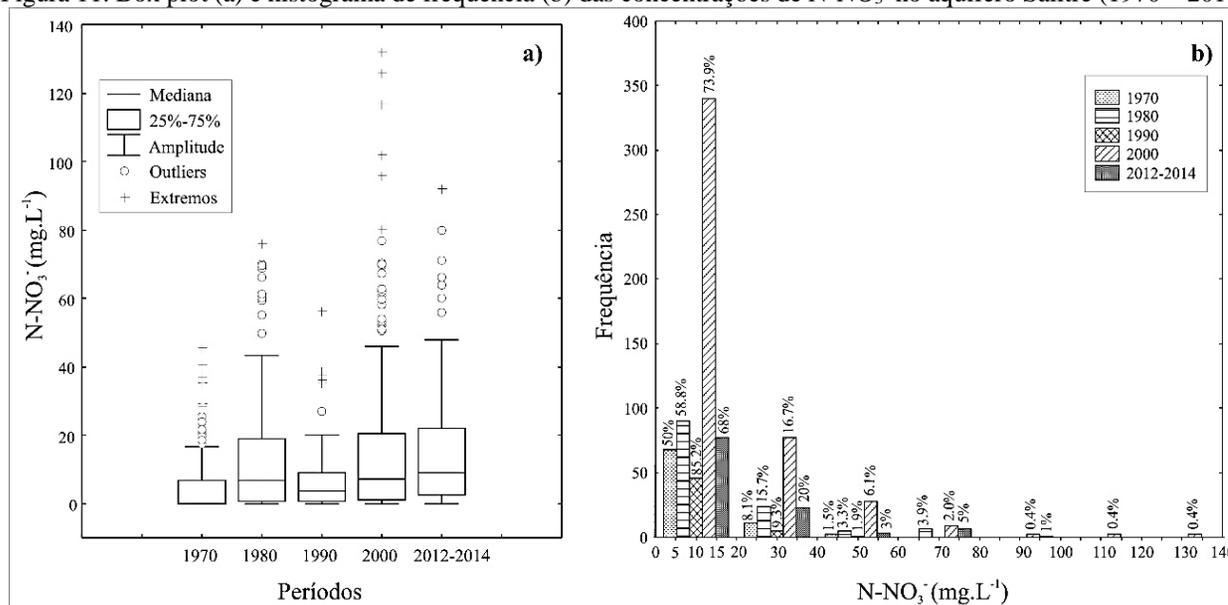
A década de 1990 apresentou concentração média e mediana de nitrato, respectivamente, 8,19 e 3,77 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, com valor mínimo e máximo de 0,01 a 56,2, mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, não possuindo diferença estatística com os valores encontrados na década de 1980 (p=0,1618). A década de 2000 apresentou média e mediana de nitrato da ordem de 14,35 e 7,15 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, valor mínimo e máximo de 0,35 e 132,0 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, e não apresenta diferença estatística com os valores de nitrato da década de 1980 (p=0,1808) e do período de 2012 a 2014 (p=0,3724). Por fim, o período de 2012-2014 possui média e mediana de 15,57 e 9,01 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e valor mínimo e máximo de 0,05 e 92,0 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. O teste de Mann-Whitney mostrou que os valores médios de nitrato deste período não diferem daqueles encontrados nas décadas de 1980 (p=0,0993) e 2000 (p=0,3724).

A Figura 11a mostra a dispersão de nitrato nas águas subterrâneas da Bacia de Irecê ao longo dos períodos analisados. De maneira geral pode ser observada uma tendência de aumento das concentrações medianas deste contaminante ao longo das décadas de 1970 e 1980, redução na década de 1990 e aumento nos períodos seguintes. A redução ocorrida na década de 1990 será discutida posteriormente. A tendência geral de aumento ao longo dos períodos sugere uma consequente ampliação das fontes contaminantes do aquífero ao longo dos anos.

O estudo da distribuição temporal do nitrato indica que este contaminante ocorre em concentrações acima do padrão de potabilidade (10 mg.L<sup>-1</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) definido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde do Brasil. Os resultados indicam que na década de 1970 os valores de nitrato ultrapassaram o limite de potabilidade em 17% das observações. Na década de 1980, 44,5% das observações estão acima do valor máximo estabelecido para água potável. Na década de 1990, 22% dos poços estão impróprios para consumo. Na década de 2000, 43% das

observações estão acima do limite legislado e no período de 2012-2014, 46,5% das observações estão acima do limite permitido, sendo, portanto, impróprias para consumo humano.

Figura 11. Box plot (a) e histograma de frequência (b) das concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  no aquífero Salitre (1970 – 2014)



Fonte. Dados CERB; O autor

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) estabelece Valores Orientadores para solos e águas subterrâneas (CETESB, 2005), com o objetivo de estabelecer critérios para proteção da qualidade dos solos e águas subterrâneas, sendo utilizados no gerenciamento de áreas contaminadas. Para as águas subterrâneas foram adotados os Valores de Intervenção (VI), que indicam as concentrações máximas de determinadas substâncias acima das quais existe potencial de risco à saúde humana (para o nitrato o valor é de  $10 \text{ mg.L}^{-1} \text{N-NO}_3^-$ ). Neste caso, a área será classificada como Área Contaminada sob Investigação quando houver constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco.

A concentração de até  $5,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{N-NO}_3^-$  nas águas subterrâneas tem sido utilizada pela CETESB como Valor de Prevenção (VP), afim de definir ações preventivas e regras para aplicação de resíduos em solos agrícolas, nos processos de licenciamento e fiscalização ambiental (CETESB, 2010). Mendes & Oliveira (2004) classificam concentrações de nitrato entre  $5,0$  e  $10 \text{ mg.L}^{-1} \text{N-NO}_3^-$  como sendo Valores de Alerta (VA) para as águas subterrâneas, os quais indicam alteração do equilíbrio natural, principalmente por influência antrópica sobre a qualidade destas águas.

A análise geoestatística possibilitou a construção de cenários hidroquímicos de distribuição espacial dos valores de nitrato na área de estudo ao longo do recorte temporal de 44 anos (1970 – 2014) (Figuras 12 e 13). Nesse contexto, a década de 1970 apresentou um menor grau de comprometimento das águas subterrâneas dentre os períodos analisados, com os maiores focos de contaminação na porção oeste da Bacia e contaminação pontual nos setores leste e centro-sul (Figura 12a). A classificação das águas quanto aos valores de nitrato para esta década indica que 70,5% das observações estão enquadradas como Valores de Prevenção (VP), 12,5% Valores de Alerta (VA) e 17% como valor de Intervenção (VI) (CETESB, 2005; 2010; MENDES & OLIVEIRA, 2004).

A década de 1980 foi caracterizada pelo aumento nas concentrações de nitrato e disseminação deste contaminante ao longo dos diversos setores da Bacia. Nesta década é perceptível a mudança da área contaminada (pluma de contaminação) do setor oeste para leste e centro-sul da Bacia, característica que se mantém nas décadas posteriores (Figura 12b). A classificação das águas quanto aos valores de nitrato mostra que 45,5% das observações são classificadas como VP, seguido de 10% como VA e 44,5% como VI.

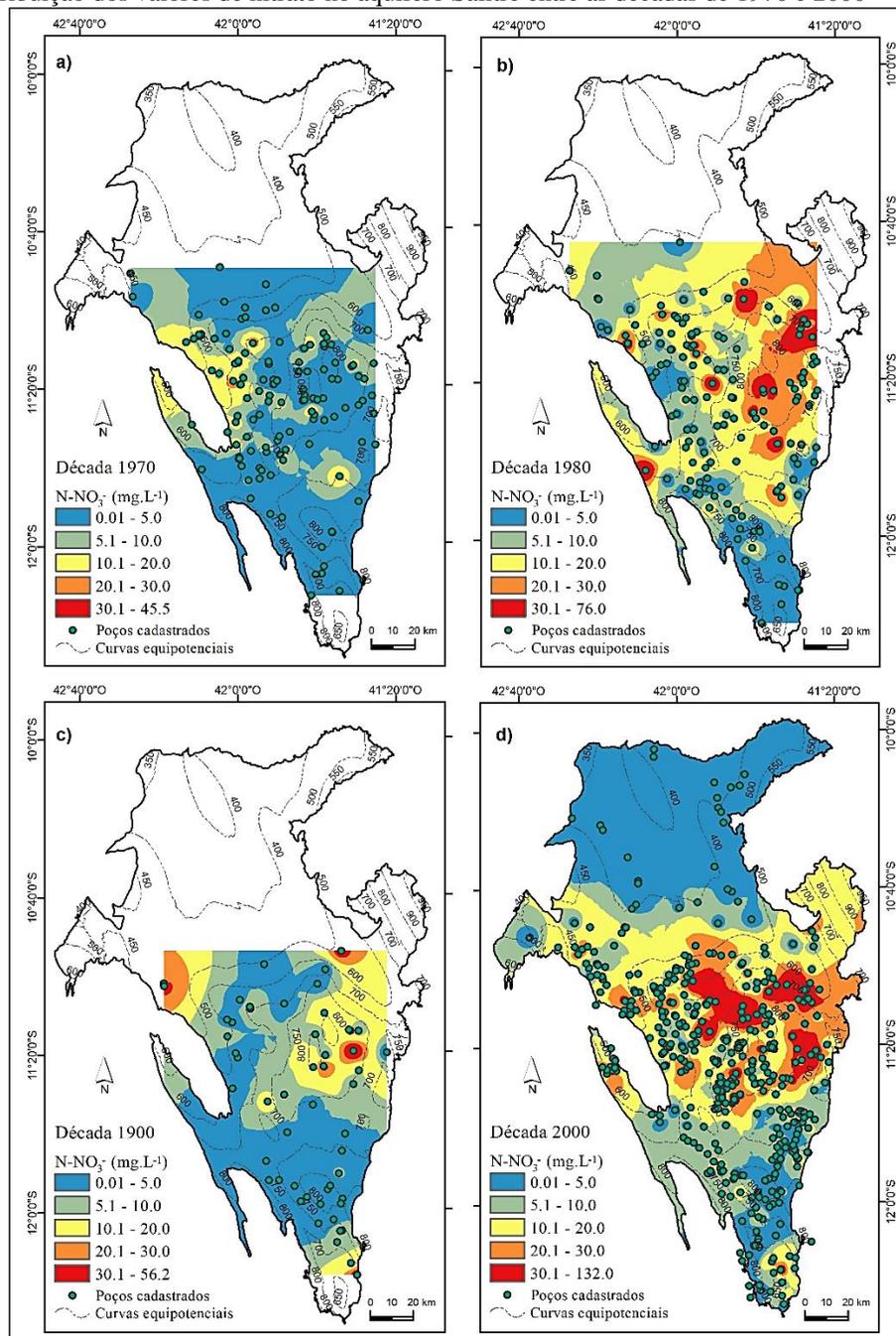
A década de 1990 é caracterizada pelas maiores concentrações de nitrato nas porções centro-leste e oeste da área, apresentando padrão espacial de contaminação semelhante ao período analisado anteriormente. Além disso, nesta década pode ser observado um aumento nos valores de nitrato no setor sul da Bacia (Figura 12c). A classificação quanto às concentrações de nitrato evidencia que 61% das observações são classificadas como VP, seguido de 17% como VA e 22% como VI.

A análise estatística dos valores de nitrato referentes à década de 1990 indica uma tendência de declínio na mediana deste contaminante quando comparado à década de 1980, sugerindo redução nas concentrações de nitrato (Figura 11a). Entretanto, nesta década ocorrem as menores quantidades de observações deste ânion dentre os períodos analisados (Tabela 6), por isso, é possível que neste momento amostral ocorra uma baixa representatividade estatística para o nitrato no sítio de estudo. Além disso, a irregularidade na distribuição ou concentração dos poços ao longo de determinados setores da área poderá afetar o tratamento geoestatístico, aumentando as chances de erros na interpolação dos dados.

A década de 2000 possui o maior número de observações (460) dentre os períodos analisados, apresentando altas concentrações de nitrato (máximo de  $132 \text{ mg.L}^{-1}\text{N-NO}_3^-$ ). Neste

período amostral as porções central, leste, oeste e sul do aquífero se apresentam com elevado grau comprometimento, em contrapartida, no setor norte da área predomina águas com melhores qualidades (Figura 12d). Quanto à classificação das águas frente às concentrações de nitrato, percebe-se que 43% das observações são classificadas como VP, seguido de 14% como VA e 43% como VI.

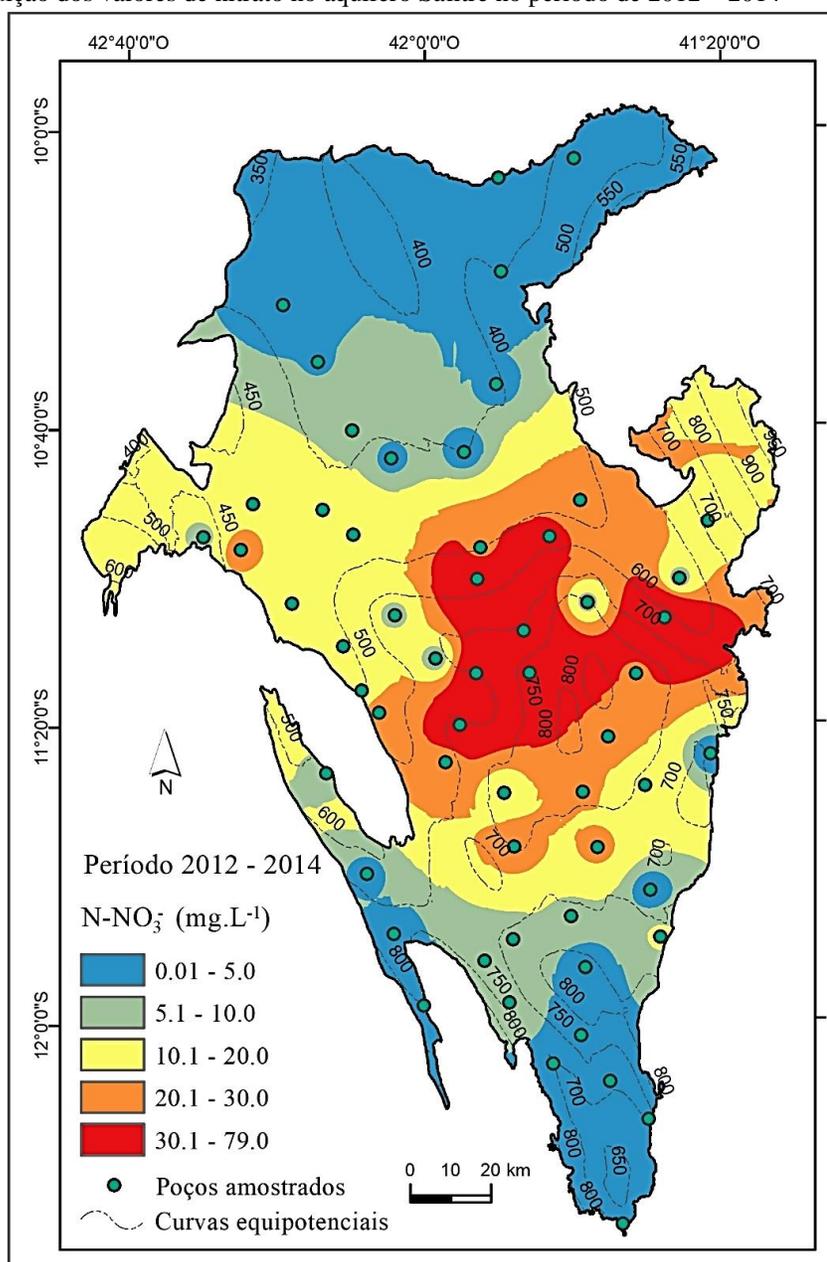
Figura 12. Distribuição dos valores de nitrato no aquífero Salitre entre as décadas de 1970 e 2000



Fonte. O autor

O período de 2012-2014 apresenta distribuição espacial da contaminação por nitrato semelhante à distribuição observada na década de 2000. A principal exceção ocorre no setor sul da Bacia, o qual apresentou menor comprometido de suas águas neste período, quando comparadas com as observações retratadas na década anterior. A classificação das águas quanto aos valores de nitrato mostrou que 38,5% das observações se classificam como VP, seguido de 15% como VA e 46,5% como VI (Figura 13).

Figura 13: Distribuição dos valores de nitrato no aquífero Salitre no período de 2012 – 2014



Fonte. O autor

### 5.2.1 Síntese do nitrato no aquífero Salitre

Os resultados deste estudo demonstram a evolução espaço-temporal das concentrações de nitratos no aquífero Salitre. De maneira geral pode ser observado um aumento nos valores deste contaminante ao longo das últimas quatro décadas, fato que indica a ampliação das fontes poluidoras do aquífero. Os cenários hidroquímicos de contaminação mostrados nas Figuras 12 e 13 sugerem uma tendência de disseminação da pluma contaminante, inicialmente na porção oeste da área (década de 1970), seguindo para os setores central, leste e centro-sul da Bacia, nas décadas seguintes.

Gonçalves (2004) e Silva (2005) observaram as variações do nitrato no aquífero Salitre, respectivamente, nos períodos de 1962-1999 e 1969-2003. Para estes autores, os menores valores de nitrato, encontrados na década de 1960, estão relacionados à focos de contaminações pontuais nas proximidades dos poços, sendo associados a esgotos domésticos. Além disso, nestes estudos foi observada uma ampliação das áreas contaminadas por nitrato ao longo dos anos, predominantemente, nas porções central, leste e sul da Bacia, corroborando com os resultados apresentados no presente trabalho.

Na área de estudo torna-se particularmente difícil estabelecer uma exata distinção ou mesmo propor um percentual para a(s) fonte(s) de nitrato nas águas subterrâneas, utilizando para tanto, apenas métodos hidroquímicos. Por outro lado, é sabido que a deficiência dos sistemas de coleta e tratamento de efluentes por parte dos municípios, fato que reflete a precariedade das condições de saneamento básico regional, sugere grande risco de contaminação do aquífero. Além disso, observa-se que os municípios localizados na porção central da Bacia apresentaram as maiores taxas de crescimento populacional no período de 1970 a 2010, associado a baixos percentuais de esgotamento sanitário adequado.

Embora ainda existam incertezas relacionadas à lixiviação do nitrato oriundo de fertilizantes nitrogenados, é evidente que o processo de uso e ocupação do solo, baseado, sobretudo, na expansão da moderna agricultura na área de estudo, apresenta-se como um dos principais vetores de contaminação das águas. Analisando as informações referentes ao crescimento agrícola regional, observa-se que as áreas da Bacia que atualmente apresentam maior degradação das águas subterrâneas, passaram por intensos processos de modernização da agricultura a partir da década de 1980. Dentre os processos ocorridos, merece destaque a transição da agricultura tradicional, principalmente de subsistência e altamente dependente das chuvas, para uma agricultura moderna,

baseada em sistemas agrícolas intensivos irrigados, altamente tecnificados, fazendo uso das águas subterrâneas e insumos, a exemplo de agroquímicos nitrogenados.

O nitrogênio presente em fertilizantes comerciais é particularmente solúvel para facilitar a sua captação pelos vegetais. Por ser de fácil estocagem e manipulação, pode ser aplicado a qualquer momento, especialmente quando a planta mais necessitar. Os nutrientes que não são absorvidos podem ser metabolizados por microrganismos do solo, aumentando sua fertilidade. No entanto, esse processo é lento tornando o nitrato um risco, pois devido sua alta solubilidade poderá ser lixiviado, alcançando os corpos hídricos superficiais ou subterrâneos (MALAVOLTA & MORAES, 2006; E.U., 2015).

A evolução das concentrações de nitrato no aquífero Salitre ao longo de 44 anos mostrou que este contaminante apresenta elevado grau de comprometimento das águas subterrâneas desde a década de 1980, onde 44,5% das observações estão acima do limite de potabilidade. A semelhança estatística entre esta década com as décadas posteriores (1990, 2000 e 2012-2014) marca o momento que pode ser caracterizado como de maior aporte de nitrato no aquífero a partir de 1980, se mantendo com tendência crescente nas décadas posteriores. Em contrapartida, as observações da década de 1970 indicam menor grau de comprometimento das águas, com 17% das observações acima de  $10 \text{ mg.L}^{-1}\text{N-NO}_3^-$ .

A relação do consumo de água contendo nitrato com a metahemoglobinemia, conhecida também como “síndrome do bebê azul”, está relacionada ao pH estomacal das crianças (igual ou maior que 4). Nestas condições as bactérias redutoras de nitrato se desenvolvem no intestino delgado, reduzindo o nitrato a nitrito, que é absorvido pela corrente sanguínea, onde ocorre reação com a hemoglobina formando composto metahemoglobina, o qual diminui a capacidade sanguínea de transportar oxigênio. Nessa situação, a criança pode sofrer asfixia ficando com a pele azulada, especialmente ao redor dos olhos e da boca. A doença é letal quando 70% da hemoglobina do corpo é convertida em metahemoglobina (ALABURDA & NISHILHARA, 1998; WHO, 2008; OLIVEIRA & VON SPERLING, 2011).

Além disso, no estômago o nitrato pode reagir com aminas e amidas (derivadas das proteínas por hidrólise), formando nitrosaminas e nitrosamidas. Segundo Mendes & Oliveira (2004), esses compostos possuem propriedades cancerígenas, desenvolvendo comprovadamente câncer de estômago em animais submetidos a altas dosagens durante testes de ensaio.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES

---

A evolução das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Salitre é amplamente controlada por interações água-rocha, possibilitando a dissolução de carbonatos, com tendência de precipitação da calcita e dolomita. Além disso, mecanismos de troca iônica, evaporação das águas e lixiviação de sais do solo e da zona não saturada do aquífero, são os principais processos responsáveis pela concentração de íons maiores e consequente mineralização destas águas.

A assinatura química deste aquífero é caracterizada por uma mudança gradual dos fácies hidroquímicos, apresentando variação sazonal e espacial. No período de estiagem a evolução das águas se dá a partir do tipo Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl para Na-Ca-Mg-(Cl-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>) e Ca-(Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>), seguindo para Ca-Cl. No período chuvoso os fácies demonstram tendência evolutiva de Ca-HCO<sub>3</sub> para Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl e Ca-Na-Mg-(Cl-HCO<sub>3</sub>) seguindo para Ca-Cl. Este comportamento caracteriza a existência de três zonas hidroquímicas definidas como zona de fluxo local (recarga), zona de fluxo intermediário (mistura) e zona de fluxo regional (descarga).

A contaminação por nitrato se apresenta com tendência de crescimento ao longo das últimas quatro décadas. A caracterização espaço-temporal dos dados em cinco cenários hidroquímicos mostrou um padrão de disseminação da pluma contaminante, localizada inicialmente na porção oeste da área na década de 1970, se espalhando para os setores central, leste e centro-sul da Bacia, nas décadas seguintes. Nesse sentido, a tendência de aumento deste contaminante indica uma crescente degradação da qualidade das águas a partir da década de 1980, a ponto de tornarem-se impróprias para o consumo em 44,5% das observações neste período.

A caracterização da contaminação por nitrato nas águas subterrâneas da Bacia de Irecê ainda necessita de maiores investigações técnico-científicas a fim de estabelecer a relevância das principais fontes contaminantes, levando-se em consideração levantamentos de dados hidroquímicos, hidrogeológicos, isotópicos e de uso do solo.

Para o estabelecimento de estratégias de controle das emissões de nitrato para o aquífero torna-se necessária a realização de novas investigações com o objetivo de estabelecer a relevância das principais fontes contaminantes. Contudo, no presente estudo pôde-se perceber uma relação direta entre mudança no uso do solo e o aumento das concentrações de nitrato nas águas

subterrâneas em apreço, evidenciando uma contaminação de natureza predominantemente antropogênica. Nesse contexto, a expansão da agricultura irrigada principalmente a partir da década de 1980, associada ao uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, o crescimento populacional acompanhado do aumento do processo de urbanização e a falta de infraestrutura adequada de saneamento, se apresentam como os principais vetores de contaminação por nitrato no aquífero.

O tratamento dos dados hidroquímicos utilizando técnicas estatísticas e geoestatística ajuda a elucidar desde processos hidrogeoquímicos naturais de mineralização das águas, até interferências antrópicas de contaminação do aquífero. Sendo assim, o presente estudo poderá oferecer subsídio para a elaboração de um modelo hidroquímico conceitual, integrando informações referentes a qualidade das águas subterrâneas, condições hidrodinâmicas e uso do solo.

Dessa forma, a proteção do aquífero passar por um maior controle sob o uso excessivo de agroquímicos, sobretudo, fertilizantes nitrogenados, por parte dos produtores agrícolas. Além disso, torna-se necessário uma melhoria na infraestrutura de saneamento por parte dos municípios, passando por etapas de coleta, tratamento e disposição adequada dos efluentes domésticos. Tais ações apresentam-se como principais desafios para a manutenção da qualidade e gestão dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Rev. de Saúde Pública**, 32 (12): 160-5, 1998, p. 160-165.

ALKMIM F. F. O que faz de um cráton? **O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo**. In: MANTESSO-NETO V., BARTORELLI A., CARNEIRO C. D. R., BRITTO-NEVES B. B. (org.) **Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Beca, 2004, p.17-35.

APHA, American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. **American Public Health Association**. Washington, 1995. D.C. 193p.

APPELO, C. A. J.; POSTMA, D. **Geochemistry, Groundwater and Pollution**, second ed. Balkema, Netherlands, 2005.

ARAVENA, R.; EVANS, M. L.; CHERRY, J. A. Stable Isotopes of Oxygen and Nitrogen in Source Identification of Nitrate from Septic Systems. **Groundwater** v. 31, n. 2, 1993.

BAHIA. **Plano diretor de recursos hídricos das bacias dos rios verde e jacaré: Margem Direita do lago de Sobradinho**. Salvador: PROJETEC, 1996.

BAHIA; SEI. **Análise dos Atributos Climáticos do Estado da Bahia**. Salvador, 1998.

BENCER, S.; BOUDOUKHA, A.; MOUNI, L. Multivariate statistical analysis of the groundwater of Ain Djacer area (Eastern of Algeria). **Arab J Geosci**, 2016, 9:248.

BRASIL. **Portaria Nº 2.914/11**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília – DF - Diário Oficial da União, 2011.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007, p.375-470.

CHOI, W.J.; LEE, S.M.; RO, H.M. Evaluation of contamination sources of groundwater NO<sub>3</sub> using nitrogen isotope data: A review. **Geosciences Journal**. v. 7, n. 1, 2003, p. 81-87.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de diretoria nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo 2005, em substituição aos valores orientadores de 2001, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de São Paulo - Poder Executivo**, SP, 3 de dezembro de 2005, seção 1, v.115, n.227, p.22-23. Disponível em: <http://www.agsolve.com.br/pdf/artigos/novatabelacetesb2005.pdf>. Acesso em agosto de 2015.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo: 2007-2009**. CETESB, São Paulo, 2010, 258 p.

COMREY, A. L.; LEE, H. B. **A first course in factor analysis**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1992, (2nd ed.).

DANIELE, L.; VALLEJOS, A.; CORBELLA, M.; MOLINA, L.; PULIDO-BOSCH, A. Hydrogeochemistry and geochemical simulations to assess water–rock interactions in complex carbonate aquifers: The case of Aguadulce (SE Spain). **Applied Geochemistry**, 2013, 29, 43–54.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=25>. Acesso em 25 de agosto de 2015.

E.U., European Union. **Agriculture Environment: Nitrogen in agriculture**. Disponível em: [http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/en/nitro\\_en/report.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/en/nitro_en/report.htm). Acesso em: 12 de setembro de 2015.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk avaluation: a survey manual using available data**. Lima, CEPIS-PAHO/WHO, 1988, 89p.

FRANÇA-ROCHA, W. J. S. da. **Modelagem metalogenética espacial: estudo de caso na Bacia de Irecê. Salvador**: CBPM, 2015, 86p. (Série publicações especiais).

GATSMANS, D.; MENEGÁRIO, A. A.; MOURA, C. C. Hidrogeoquímica das águas subterrâneas do aquífero Serra Geral na porção centro sul do Estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, 2013, 27(3): 27-44.

GHESQUIÈRE, O.; WALTER, J.; CHESNAUX, R.; ROULEAU, A. Scenarios of groundwater chemical evolution in a region of the Canadian Shield based on multivariate statistical analysis. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, 2015, v. 4, 246–266.

GIBBS, R. **Mechanisms controlling world water chemistry**. Science, Washington, 1970, v. 170, n. 3962, p. 1088-1090.

GONÇALVES, M. J. S. **Avaliação de risco de contaminação do aquífero fissural cárstico da região de Irecê – Bahia**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2004.

GUERRA, A. M. **Processos de Carstificação e Hidrogeologia do Grupo Bambuí na Região de Irecê - Bahia**. 1986. (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo – USP, 1986.

GUIMARÃES, J. T. **A Formação Bebedouro no Estado da Bahia: Faciologia, estratigrafia e ambientes de sedimentação**. 1996. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociência, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 1996.

GUIMARÃES, J. T.; ALKMIM, F. F.; CRUZ, S. C. P. **Supergrupos Espinhaço e São Francisco**. In – BARBOSA, J. S. F. **Geologia da Bahia**: Pesquisa e Atualização. Salvador: CBPM, 2012.

GÜLER, C.; THYNE, G. D.; MCCRAY, J. E.; TURNER, A. K. Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data. **Hydrogeology Journal**, 2002, J 10:455–474.

HAIR, JR.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Multivariate Data Analysis**. 6ª edição. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.

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

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; SEI, Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais de Bahia. **Cartas Plani-Altimétricas do Estado da Bahia**. Escala 1:100.000. 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do Censo Demográfico 2010a**. 2010. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=29&dados=0>. Acesso em 25 de agosto de 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB)**. 2010b. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>. Acesso em 13 de setembro de 2015.

INDA, H. A. V.; BARBOSA, J. F. **Texto explicativo para o mapa geológico do estado da Bahia ao milionésimo**. Escala 1:1.000.000. Salvador: CPRM, 1978.

JADOSKI, S. O.; SAITO, L. R.; PRADO, C. de.; LOPES, E. C.; SALES, L. L. S. R. Characteristics of the Nitrate leaching in intensive farming áreas. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. 2010, v. 3, n. 1.

KAISER, H. F. **The Application of Electronic Computers to Factor Analysis**. Educational and Psychological Measurement. Thousand Oaks, 1960, vol. 20, p. 141-151.

KIANG, C. H.; STRADIOTO, M. R.; SILVA, F. P. Tipos hidroquímicos do Sistema aquífero Baurú no Estado de São Paulo. **Águas subterrâneas**, 2016, 30(2):224-245.

KUCHENBECKER, M.; REIS, H. L. S.; FRAGOSO, D. G. C. Caracterização estrutural e considerações sobre a evolução tectônica da Formação Salitre na porção central da Bacia de Irecê, norte do Cráton do São Francisco (BA). **Geonomos**, 2011, 19(2), 42-49.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. Editora Oficina de Textos, 2011, 208p.

LEÃO, Z. M. A. N.; DOMINGUEZ, J. M. L. Plataformas carbonáticas Pré-Cambrianas: o exemplo da Formação Salitre, Proterozóico Superior, Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, 1992, 22(4)407-421.

LEDESMA-RUIZ, R.; PASTÉN-ZAPATA, E.; PARRA, R.; HARTER, T.; MAHLKNECHT, J. Investigation of the geochemical evolution of groundwater under agricultural land: A case study in northeastern Mexico. **Journal of Hydrology**, 2015, 521, 410–423.

LIMA, V. de S. **Assinaturas espectrais de Gossans associados a mineralizações de Pb-Zn-Ba na Bacia de Irecê (BA): um estudo baseado em dados dos sensores TM e ASTER**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2003.

LOGAN, J. **Interpretação de Análises Químicas da Água**. Recife. U.S. Agency for International Development. 1965. 67p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. de. **O Nitrogênio na Agricultura Brasileira**. CETEM. (Série Estudos e Documentos), 2006.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J. F. S. **Qualidade da Água para Consumo Humano**. Lisboa: Lidel, Edições Técnicas Ltda., 2004, 626p.

MERKEL, B. J.; PLANER-FRIEDRICH, B. **Geoquímica de águas subterrâneas: um guia prática de modelagem de sistemas aquáticos naturais e contaminandos**. Campinas, SP: Ed. Unicamp, 2012.

MESTRINHO, S. S. P. **Monitoramento em água subterrânea**. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMÉTRIO, J. G. A. (Org.) **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3ed. Rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008, p.673-685.

MISI, A.; TEIXEIRA, J. B. G.; SÁ, J. H. da SILVA. **Mapa metalogenético digital do Estado da Bahia e principais províncias minerais**. Salvador: CBPM, 2012, 244p.

MORAN-RAMÍREZ, J.; LEDESMA-RUIZ, R.; MAHLKNECHT, J.; RAMOS-LEAL, J. A. Rockwater interactions and pollution processes in the volcanic aquifer system of Guadalajara, Mexico, using inverse geochemical modeling. **Applied Geochemistry**, 2016, 68, 79-94.

NEGRÃO, F. I. **Caracterização Hidrogeoquímica e Vulnerabilidade do Sistema Hidrogeológico Cárstico da Região de Irecê, Bahia**. 1987. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 1987.

NEGRÃO, F. I. **Hidrogeologia do Estado da Bahia: qualidade, potencialidade, disponibilidade, vulnerabilidade e grau de poluição**. 2007. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto Universitario de Xeoloxía Isidro Parga Pondal, Universidade da Coruña, Coruña, 2007.

NESTLER, A.; BERGLUND, M.; ACCOE, F. DUTA, S.; XUE, D.; BOECKX, P.; TAYLOR, P. Isotopes for improved management of nitrate pollution in aqueous resources: review of surface water field studies. **Environ Sci Pollut Res**. 2011, 18:519–533.

NOSSA, T. C. B. **Avaliação da vulnerabilidade do aquífero cárstico salitre - Bahia, através de análises hidroquímicas, isotópicas e aplicação da metodologia COP**. 2011. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2011.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Potenciais impactos de sistemas estáticos de esgotamento sanitário na água subterrânea – revisão de literatura. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v. 16 n. 4, 2011, p. 95-107.

PARKHURST, D. L., APPELO, C. A. J. **Description of input and examples for PHREEQC version 3** - a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, Book 6, 2013, Chap. A43, 497 p.

PARKHURST, D., APPELO, C., **User's Guide to PHREEQC (Version 2)** – A Computer Program for Speciation, Batch-reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations. US Geol. Surv. Water Resour. Invest. Rep.No. 99-4259, 1999.

RAMOS, S. O. **Variações sazonais dos níveis hidrostáticos do aquífero cárstico da região de Irecê, Bahia**: implicações para estimativa de recarga, 2005. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2005.

RAMOS, S. O., ARAUJO, H. A. DE., BASTOS LEAL, L. R., LUZ, J. A. G. DA., DUTTON, A. R. Variação temporal do nível freático do aquífero cárstico de Irecê – Bahia: contribuição para o uso e gestão das águas subterrâneas no semiárido. **Revista Brasileira de Geociências** – 37(4-suplemento), 2007.

REDWAN, M., MONEIM, A. A. A., AMRA, M. A. Effect of water–rock interaction processes on the hydrogeochemistry of groundwater west of Sohag area, Egypt. **Arab J Geosci** 9: 111, 2016.

RESENDE, A. V. de. **Agricultura e qualidade da água**: contaminação da água por nitrato. EMBRAPA Cerrados, 2002. 29p. (documentos, 57).

REYBOLDS-VARGAS, J.; FRAILE-MERINO, J. HIRATA, R. Trends in Nitrate Concentrations and Determination of its Origin Using Stable Isotopes ( $^{18}\text{O}$  and  $^{15}\text{N}$ ) in Groundwater of the Western Central Valley, Costa Rica. **Ambio** v. 35, n. 5, 2006.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, J. A.; ÁLVAREZ-LEGORRETA, T.; PACHECO-ÁVILA, J. G.; GONZÁLEZ-HERRERA, R. A.; CARRILLO-BRIBIEZCA, L. Caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas del sur del Estado de Quintana Roo, México. **Revista Mexicana de Ciencias Geológicas** [en línea], 2015, 32.

SANTOS, R. A. 2011. **Hidrogeoquímica das águas subterrâneas do município de Iraquara, Bahia**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2011.

SEI, Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia; IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa agrícola municipal**. Disponível em <http://sim.sei.ba.gov.br/sim/tabelas.wsp#>. Acesso em 18 de abril de 2017.

SILVA, H. M. da. **Sistema de Informações Geográficas do Aquífero Cárstico da Micro-região de Irecê, Bahia**: Subsídios para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios

Verde e Jacaré. 2005. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2005.

SOUZA, D. J. de; 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.

SOUZA, S. L de, BRITO, P. C. R., SILVA, R. W. S. **Estratigrafia, sedimentologia e recursos minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê, Bahia**. Salvador: CBPM, 1993.

STIFF JR., H. A. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. **J. Petrol. Technol.** 1951, 3, 15–17.

VARNIER, C. L. **Avaliação da contaminação de uma fossa negra desativada na zona não-saturada do aquífero adamantina em Urânia (SP)**. São Paulo, 2007. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

VARNIER, C. L.; IRITANI, M. A.; VIOTTI, M.; ODA, G. H.; FERREIRA, L.M.R. Nitrato em água subterrânea do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 31, n.1/2, 2010, p. 1- 21.

WATERLOO HYDROGEOLOGIC, Inc. **Aquachem** (Management Software for Water Quality and Groundwater Sampling Data). 2009, version 2010.1.

WHO, World Health Organization. **Guidelines for drinking – water quality**. 2008. Disponível em [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/en/). Acesso em: 10 de jun. de 2012.

XU, Y.; BAKER, L. A.; JOHNSON, P. C. Trends in Ground Water Nitrate Contamination in the Phoenix, Arizona Region. **Ground Water Monitoring & Remediation**. v. 27, n. 2, 2007, p. 49–56.

## APÊNCICES – ANÁLISES HIDROQUÍMICAS REALIZADAS NOS POÇOS DO AQUÍFERO SALITRE (PERÍODO DE ESTIAGEM E CHUVOSO)

Tabela 1. Resultados das análises químicas das amostras de água (período de estiagem)

Pontos	X (Grd)	Y (Grd)	pH	Valores em mg.L <sup>-1</sup>								
				STD	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
0	-41.567	-12.508	6.90	401.00	14.31	1.50	58.46	17.81	52.59	111.99	27.14	0.16
1	-41.5092	-12.2258	6.41	329.00	8.30	1.78	55.73	17.11	25.39	179.19	2.66	0.91
2	-41.601	-12.139	7.30	536.00	9.81	1.77	86.39	21.99	43.16	115.49	154.01	2.30
3	-41.731	-12.099	7.31	983.00	49.91	0.63	123.73	25.07	278.36	84.99	48.61	4.67
4	-41.8285	-11.9611	7.17	822.00	20.65	2.74	132.19	24.51	141.09	174.49	108.50	6.19
5	-41.8838	-11.8672	7.27	555.00	13.29	2.55	116.74	24.49	61.11	210.82	71.88	3.18
6	-41.485	-11.8164	7.30	937.00	41.74	3.92	161.31	19.93	186.60	124.99	64.20	9.55
7	-41.3678	-11.4069	7.83	237.00	7.74	8.86	27.79	13.18	27.75	159.23	1.70	0.84
8	-41.6551	-11.8838	7.16	1220.00	46.28	3.99	155.13	28.29	252.43	123.99	171.70	0.00
9	-41.6248	-11.6142	7.04	3450.00	102.03	7.66	394.50	49.53	1141.56	131.99	222.01	23.60
10	-41.6872	-11.769	7.20	2100.00	66.56	3.93	335.69	72.32	1010.51	124.99	211.70	8.87
11	-41.8191	-11.819	7.31	1030.00	26.44	2.18	152.19	31.68	214.89	174.19	89.78	10.80
12	-41.8142	-11.6117	7.19	1300.00	33.44	2.30	243.13	30.74	395.33	139.49	120.20	27.50
13	-42.0897	-11.8052	7.48	544.00	20.15	2.53	100.13	28.88	86.55	193.49	63.44	1.63
14	-42.0234	-11.9662	7.40	308.00	19.38	0.92	69.29	13.09	34.03	139.76	26.21	0.10
15	-41.5067	-11.7114	7.37	558.00	7.51	2.28	115.14	29.40	28.47	187.19	145.60	0.76
16	-42.1494	-11.6698	7.14	670.00	15.17	3.87	139.94	26.61	86.21	263.99	41.36	5.08
17	-42.2389	-11.443	7.17	862.00	25.28	3.76	181.44	24.63	193.67	161.09	47.16	5.35
18	-41.5994	-11.3665	7.11	856.00	25.95	1.63	146.25	30.81	131.47	218.98	39.51	19.00
19	-41.5165	-11.4763	7.34	944.00	18.95	1.16	164.56	31.36	181.34	195.99	64.29	14.40
20	-41.6576	-11.4908	7.35	1150.00	64.61	2.26	159.13	25.14	214.35	188.99	144.01	20.00
21	-41.9681	-11.4217	7.54	1020.00	45.13	1.38	151.56	25.96	178.62	179.99	89.10	29.00
22	-41.8364	-11.4911	7.42	1380.00	69.58	1.41	189.50	27.15	425.25	132.99	112.20	10.01
23	-41.9354	-11.3382	7.50	1530.00	113.38	6.27	154.38	32.36	278.36	149.99	197.90	20.50
24	-41.6665	-12.036	7.39	1250.00	27.75	1.92	161.14	40.70	241.55	193.99	190.80	4.15
25	-41.8963	-11.2222	6.83	2830.00	140.63	7.62	284.41	42.02	502.32	144.99	178.35	37.90
26	-41.9883	-11.1891	7.67	811.00	51.42	9.84	95.54	31.16	128.94	128.99	144.85	1.98
27	-42.0788	-11.0913	7.01	1560.00	85.09	7.27	196.16	39.06	250.80	258.98	373.65	0.21
28	-42.1973	-11.159	7.47	1350.00	105.41	2.85	139.35	38.17	127.85	294.48	329.45	0.00
29	-42.1562	-11.2592	7.18	2330.00	98.01	7.69	294.60	39.39	691.83	181.29	270.75	24.50
30	-42.1173	-11.3094	7.33	2170.00	97.77	5.10	309.60	37.69	675.50	192.99	174.80	21.90
31	-41.7879	-11.1284	7.17	2720.00	63.35	4.74	427.04	38.17	969.28	138.99	57.70	66.00
32	-41.8926	-11.011	7.40	2110.00	96.28	2.54	298.16	34.20	524.99	162.99	143.55	64.00
33	-41.8847	-10.9407	7.88	1630.00	44.09	2.58	249.29	32.50	409.84	204.49	208.90	27.00
34	-41.7282	-10.9171	7.38	1008.00	38.28	2.77	195.47	23.02	202.86	63.30	50.10	35.50

Continuação da tabela 1

35	-41.6582	-10.836	7.64	830.00	35.23	1.89	144.04	21.88	107.54	157.99	366.80	22.40
36	-41.6435	-11.0657	7.87	1220.00	86.24	3.93	129.60	36.01	247.53	162.99	170.70	8.00
37	-41.7758	-11.2224	7.44	1770.00	46.88	2.63	245.29	32.36	452.45	239.98	293.40	71.00
38	-41.5342	-11.2261	7.35	1430.00	74.94	3.04	185.97	33.16	328.78	217.98	63.75	40.00
39	-41.4693	-11.1012	7.59	2006.00	70.37	3.09	251.72	36.01	447.01	164.99	82.15	92.00
40	-41.4345	-11.0135	7.68	1006.00	53.78	4.86	137.41	32.27	245.72	213.99	40.95	6.95
41	-41.3686	-10.8845	7.94	654.00	31.01	3.09	99.04	27.02	81.81	212.99	46.45	12.30
42	-42.3123	-11.062	7.84	591.00	44.58	0.55	100.20	14.25	98.41	218.74	35.53	10.90
43	-42.4263	-10.9406	7.52	1210.00	36.22	2.13	215.60	25.77	260.23	165.99	47.54	28.00
44	-42.3982	-10.8384	8.45	732.00	21.26	1.48	89.08	30.94	73.44	179.49	29.05	22.60
45	-42.5112	-10.9114	7.57	666.00	25.56	4.82	106.19	26.19	107.90	279.64	50.42	10.90
46	-42.2405	-10.8534	7.73	779.00	15.14	1.22	132.29	20.72	104.64	197.99	61.08	15.80
47	-42.1718	-10.6754	8.37	714.00	25.40	1.04	152.04	25.02	109.71	272.50	19.37	9.15
48	-42.2481	-10.522	8.65	728.00	52.63	2.30	61.04	32.24	113.34	222.98	38.18	4.45
49	-42.1724	-10.9093	8.35	988.00	31.57	2.26	182.47	27.43	175.01	206.19	92.90	18.60
50	-42.0835	-10.7396	8.62	593.00	78.25	4.40	40.09	23.01	49.33	190.99	71.27	2.46
51	-41.9192	-10.7268	8.41	775.00	71.36	3.66	69.84	29.42	97.20	220.48	101.30	2.23
52	-41.8452	-10.5757	8.30	1009.00	118.22	3.03	88.96	39.83	221.60	224.98	97.55	4.29
53	-41.832	-10.323	8.11	1180.00	66.62	12.02	113.71	44.06	126.03	262.23	69.12	0.94
54	-41.6655	-10.0706	7.34	826.00	83.61	11.78	62.61	33.91	296.68	247.98	87.15	0.12
55	-41.8369	-10.109	8.19	342.00	31.65	5.82	16.28	12.87	96.11	29.01	15.02	5.15
56	-42.3244	-10.3931	8.82	930.00	157.69	7.66	42.21	20.89	104.27	153.99	284.55	0.16

Fonte. O autor

Tabela 2. Resultados das análises químicas das amostras de água (período chuvoso)

Pontos	X (Grd)	Y (Grd)	pH	Valores em mg.L <sup>-1</sup>								
				STD	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
0	-41.567	-12.508	7.07	422.00	29.72	4.99	75.02	31.89	56.17	216.52	23.03	0.33
1	-41.5092	-12.2258	7.21	322.00	16.91	4.43	65.14	25.46	20.56	212.88	1.80	0.67
2	-41.601	-12.139	7.57	548.00	26.67	5.17	120.89	48.24	35.61	227.88	161.50	1.95
3	-41.731	-12.099	7.01	975.00	91.39	4.02	152.24	61.24	288.48	263.53	40.25	4.60
4	-41.8285	-11.9611	7.19	881.00	41.62	5.87	160.13	46.67	159.00	263.77	114.55	9.70
5	-41.8838	-11.8672	6.85	699.00	35.84	4.48	145.59	43.81	79.97	365.93	65.23	6.50
6	-41.485	-11.8164	6.82	944.00	74.37	6.77	181.24	34.59	200.32	320.59	83.58	12.20
7	-41.3678	-11.4069	6.82	245.00	15.24	8.67	32.09	18.29	19.99	223.39	1.51	0.68
8	-41.6551	-11.8838	7.15	1230.00	104.57	7.52	214.79	92.51	305.23	278.01	217.70	0.01
9	-41.6248	-11.6142	7.04	3492.00	180.72	7.66	457.68	93.33	1141.56	171.11	222.00	23.60
10	-41.6872	-11.769	7.06	1020.00	62.59	6.09	225.62	34.74	108.06	308.03	98.70	7.50
11	-41.8191	-11.819	6.96	835.00	46.52	4.03	128.19	60.41	145.67	361.03	58.69	7.60
12	-41.8142	-11.6117	7.07	1270.00	62.79	4.65	255.32	49.70	320.85	300.85	59.40	30.00
13	-42.0897	-11.8052	7.11	578.00	38.39	6.51	127.57	25.54	64.74	328.37	13.96	3.64
14	-42.0234	-11.9662	7.47	333.00	14.42	2.10	73.87	14.74	12.38	245.83	0.95	0.00
15	-41.5067	-11.7114	6.99	616.00	19.96	5.08	128.59	40.68	29.51	319.99	92.70	1.40

Continuação da tabela 2

16	-42.1494	-11.6698	6.90	365.00	21.56	8.05	76.37	19.19	35.23	226.80	15.24	1.72
17	-42.2389	-11.443	6.66	932.00	57.57	7.99	192.99	35.46	185.27	288.89	55.75	7.20
18	-41.5994	-11.3665	7.00	1040.00	50.51	4.97	155.47	45.36	172.32	314.01	56.60	27.50
19	-41.5165	-11.4763	7.03	1020.00	61.12	2.61	175.49	51.06	208.50	291.28	68.59	11.80
20	-41.6576	-11.4908	6.97	1230.00	108.59	4.05	213.74	57.49	264.10	321.79	116.00	22.00
21	-41.9681	-11.4217	6.96	993.00	72.80	2.70	190.44	37.71	160.90	343.32	72.15	21.50
22	-41.8364	-11.4911	6.98	1350.00	115.37	2.49	224.09	58.46	385.59	336.74	75.30	8.50
23	-41.9354	-11.3382	7.13	2180.00	246.95	9.25	225.35	69.71	374.16	348.70	356.05	79.80
24	-41.6665	-12.036	7.32	1310.00	84.59	7.32	225.14	92.39	290.38	297.86	307.50	4.00
25	-41.8963	-11.2222	6.87	3000.00	160.77	9.31	468.82	164.94	1116.30	217.12	156.70	56.00
26	-41.9883	-11.1891	7.40	770.00	74.69	11.15	104.17	53.51	102.82	260.78	147.75	3.11
27	-42.0788	-11.0913	7.18	923.00	101.67	5.69	125.79	52.19	143.76	331.72	96.25	13.65
28	-42.1973	-11.159	7.26	946.00	99.37	3.47	150.77	42.32	135.19	351.10	84.54	28.25
29	-42.1562	-11.2592	6.98	2000.00	124.19	10.26	325.43	65.21	651.22	292.48	221.25	10.01
30	-42.1173	-11.3094	7.11	2020.00	151.52	8.90	385.07	99.54	649.79	293.68	211.80	22.50
31	-41.7879	-11.1284	6.74	3110.00	134.97	7.66	663.57	149.76	1209.13	244.63	154.55	60.00
32	-41.8926	-11.011	7.16	2180.00	158.97	4.38	403.82	73.49	597.42	272.14	159.80	64.00
33	-41.8847	-10.9407	7.39	1640.00	86.34	4.01	371.32	73.11	416.05	242.24	238.80	22.00
34	-41.7282	-10.9171	6.94	1050.00	52.71	5.16	214.96	28.87	172.32	270.95	57.30	29.50
35	-41.6582	-10.836	6.98	837.00	49.29	4.08	172.87	29.68	107.96	323.46	75.49	18.50
36	-41.6435	-11.0657	7.21	1170.00	147.02	7.18	155.34	76.44	218.02	343.92	200.60	4.35
37	-41.7758	-11.2224	7.05	1460.00	82.94	5.28	287.32	65.01	402.25	275.20	59.56	48.00
38	-41.5342	-11.2261	7.02	1010.00	104.22	4.55	180.89	55.31	176.13	402.53	80.13	17.00
39	-41.4693	-11.1012	6.73	2360.00	149.37	5.03	351.89	65.51	636.93	239.85	144.85	66.00
40	-41.4345	-11.0135	6.90	1100.00	100.72	9.13	172.17	67.49	234.21	369.04	71.28	4.80
41	-41.3686	-10.8845	7.18	674.00	49.44	6.80	120.29	38.87	50.46	391.89	53.97	9.35
42	-42.3123	-11.062	7.21	624.00	43.74	1.94	128.47	17.24	46.65	332.55	23.99	10.80
43	-42.4263	-10.9406	7.09	1240.00	58.51	3.95	241.46	32.19	294.38	266.28	62.10	21.50
44	-42.3982	-10.8384	7.78	723.00	32.32	2.90	135.21	35.01	67.60	241.33	32.32	18.00
45	-42.5112	-10.9114	6.63	677.00	48.44	4.62	130.64	34.84	101.87	298.46	34.39	4.70
46	-42.2405	-10.8534	6.97	756.00	28.32	3.29	187.39	23.50	99.97	329.56	61.83	12.50
47	-42.1718	-10.6754	7.02	689.00	36.16	2.19	163.24	29.14	99.02	339.73	18.96	7.70
48	-42.2481	-10.522	7.76	738.00	117.07	6.40	88.99	44.11	110.06	359.47	40.18	4.85
49	-42.1724	-10.9093	7.49	1020.00	43.92	4.77	218.02	34.25	169.87	222.59	112.00	17.50
50	-42.0835	-10.7396	7.27	607.00	112.22	8.05	64.22	27.01	50.46	340.45	66.06	3.25
51	-41.9192	-10.7268	7.27	775.00	128.88	7.72	89.62	34.64	92.35	367.84	96.45	0.35
52	-41.8452	-10.5757	7.30	1510.00	254.87	5.87	113.37	64.27	349.41	347.51	208.75	1.60
53	-41.832	-10.323	7.15	1180.00	125.77	13.81	130.19	88.74	290.38	369.64	117.45	0.58
54	-41.6655	-10.0706	7.34	826.00	71.99	8.79	163.91	45.32	296.68	247.98	87.15	0.12
55	-41.8369	-10.109	6.31	297.00	54.95	7.29	20.60	14.63	108.54	26.17	16.19	3.80
56	-42.3244	-10.3931	7.53	926.00	231.60	9.10	53.92	28.85	93.30	260.18	298.00	0.00

## ANEXOS – VALORES DE NITRATO ENCONTRADOS NO AQUÍFERO SALITRE ENTRE AS DÉCADAS DE 1970 E 2000 DETECTADOS NO BANCO DE DADOS CERB

Tabela 1. Valores de nitrato no aquífero Salitre na década de 1970. Dados obtidos do cadastro de poços CERB

Nº CERB	X (Grd)	Y Grd)	Data da análise	Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> )
1_11	-41.978611	-11.546111	19/09/1972	6.62
1_116	-41.676389	-11.391667	26/11/1973	0.01
1_118	-41.733333	-11.391667	26/11/1973	0.01
1_123	-41.459722	-11.098611	16/01/1974	0.05
1_128	-42.166667	-11.109444	04/02/1974	12.40
1_129	-41.435833	-11.24	04/02/1974	11.00
1_14	-41.8625	-11.325	22/08/1972	0.01
1_182	-42.176667	-11.110278	06/08/1974	16.60
1_186	-42.173611	-11.1175	23/08/1974	8.00
1_22	-41.978333	-11.546111	31/01/1973	1.70
1_227	-41.619444	-11.954444	14/10/1975	0.02
1_228	-41.879167	-11.71	08/05/1975	0.01
1_229	-42.060556	-11.525278	25/04/1975	0.01
1_26	-42.010833	-11.6375	12/10/1972	9.00
1_28	-41.655278	-12.0975	26/10/1972	1.70
1_29	-41.881944	-11.227778	28/12/1972	1.70
1_30	-42.011667	-11.631944	26/10/1972	0.01
1_38	-41.881944	-11.228056	18/12/1972	1.70
1_422	-41.589167	-11.305833	07/06/1976	3.40
1_428	-41.753056	-11.2325	07/06/1976	13.40
1_429	-42.025	-11.483611	29/06/1976	24.00
1_43	-41.979444	-11.038889	14/02/1973	1.70
1_438	-41.891944	-11.010833	29/06/1976	0.03
1_44	-41.691667	-12.131944	28/12/1972	0.01
1_45	-41.863056	-11.324722	18/01/1973	0.01
1_456	-42.011667	-11.232222	23/08/1976	0.01
1_457	-42.455833	-10.9475	23/08/1976	1.22
1_459	-41.795278	-11.526944	13/08/1976	0.07
1_461	-42.092778	-11.276944	20/09/1976	0.23
1_464	-42.0325	-11.036667	23/08/1976	0.01
1_466	-42.016667	-11.457222	23/08/1976	0.74
1_503	-41.847778	-11.564167	20/11/1976	0.01
1_504	-41.862778	-11.305	20/11/1976	0.01
1_508	-41.924722	-11.679167	06/06/1977	0.01
1_518	-41.923333	-11.352222	04/01/1977	8.40
1_519	-41.88	-11.371667	04/01/1977	19.80
1_520	-41.923333	-11.452778	04/01/1977	1.77
1_522	-41.825	-11.646667	04/01/1977	12.10
1_523	-41.813611	-11.601111	04/01/1977	7.90
1_525	-41.926111	-11.723611	18/05/1977	3.50
1_527	-41.83	-11.401944	04/01/1977	15.80
1_528	-41.755	-11.271667	11/07/1977	0.01

Continuação da tabela 1

1_529	-41.712778	-11.58	04/01/1977	2.10
1_530	-41.522778	-11.246111	04/01/1977	20.40
1_533	-41.646111	-11.155	03/03/1977	0.26
1_535	-41.646111	-11.166667	20/04/1977	0.01
1_536	-41.648056	-11.110278	03/03/1977	7.30
1_537	-41.635278	-11.128333	20/04/1977	18.60
1_538	-41.706111	-11.158333	03/03/1977	21.80
1_539	-41.905	-11.305	03/03/1977	0.01
1_545	-41.837778	-11.623889	23/03/1977	0.01
1_546	-41.8975	-11.590278	12/04/1977	17.50
1_547	-41.835	-11.146667	03/03/1977	0.01
1_548	-41.947778	-11.149167	03/03/1977	29.40
1_551	-42.025556	-11.235278	16/08/1977	28.50
1_554	-42.123333	-11.264167	09/09/1977	21.50
1_557	-42.048333	-11.174444	23/03/1977	0.01
1_569	-41.916111	-11.689167	20/04/1977	6.05
1_583	-41.890833	-10.900833	11/07/1977	0.01
1_590	-41.961944	-11.605833	15/07/1977	0.01
1_591	-41.586389	-11.717222	28/11/1977	14.75
1_597	-41.691389	-11.454444	15/07/1977	0.01
1_601	-42.171111	-11.681944	15/07/1977	0.01
1_611	-41.832222	-11.889167	15/07/1977	0.01
1_612	-41.9825	-11.191111	16/08/1977	0.01
1_615	-42.001667	-11.324167	11/10/1977	0.01
1_618	-41.505278	-11.823333	18/08/1977	0.01
1_620	-41.98	-10.998889	18/08/1977	0.01
1_625	-42.01	-11.224444	18/08/1977	35.50
1_632	-42.230556	-11.141667	09/09/1977	25.50
1_649	-42.176667	-11.03	25/10/1977	0.01
1_652	-42.0225	-11.578611	05/12/1977	21.25
1_657	-42.004444	-11.325	05/12/1977	24.00
1_666	-41.431111	-11.583889	05/12/1977	0.02
1_722	-42.032778	-11.309444	03/08/1978	37.00
1_728	-42.085278	-10.826944	16/10/1978	0.01
1_731	-41.972222	-11.730833	06/11/1978	6.70
1_738	-41.895833	-11.611111	06/11/1978	0.01
1_740	-41.949444	-11.4725	06/11/1978	0.01
1_754	-41.851944	-11.000278	06/11/1978	0.02
1_756	-41.995833	-11.046111	16/10/1978	0.03
1_758	-42.000833	-11.325	09/10/1978	45.50
1_759	-41.840833	-11.545278	11/09/1978	0.01
1_761	-41.975	-11.382778	06/11/1978	6.40
1_764	-41.846111	-11.308889	06/11/1978	0.01
1_774	-42.211389	-11.491944	20/10/1978	5.50
1_8	-42.013611	-11.639167	15/06/1972	3.76
1_807	-41.438333	-11.451944	05/02/1979	5.20
1_823	-42.198611	-11.1275	04/04/1979	1.70
1_825	-42.532222	-10.901944	05/04/1979	7.10
1_827	-41.590278	-12.2025	18/05/1979	0.21
1_839	-41.882222	-11.873611	06/06/1979	0.01
1_857	-41.620278	-11.951111	26/07/1979	7.15
1_874	-41.488889	-11.573056	05/09/1979	0.01
1_9	-41.862778	-11.325	31/07/1972	0.01

Continuação da tabela 1

1_931	-41.476111	-11.305	14/12/1979	8.95
2_11	-42.111111	-11.129444	12/10/1972	7.00
2_111	-42.085278	-11.132778	28/08/1973	0.10
2_113	-41.665556	-12.1275	28/08/1973	0.01
2_12	-41.99	-11.296111	12/10/1972	6.87
2_17	-41.989722	-11.295833	26/10/1972	1.70
2_18	-42.111389	-11.129444	26/10/1972	1.70
2_205	-41.99	-11.296389	21/06/1974	0.12
2_206	-41.990278	-11.296111	05/07/1974	9.00
2_57	-41.736111	-11.347222	02/05/1973	0.01
2_65	-41.989722	-11.296389	27/06/1973	1.70
3_1004	-41.712222	-12.22	05/09/1978	0.01
3_1020	-41.605	-11.464444	06/03/1975	1.70
3_1235	-41.484167	-11.3975	03/07/1971	0.01
3_1251	-41.651667	-11.385833	23/06/1971	0.01
3_1258	-41.883611	-11.396667	12/03/1975	1.70
3_1281	-41.880556	-11.238889	22/07/1971	0.01
3_1346	-41.615	-11.302778	04/05/1975	1.70
3_1350	-41.730833	-11.371944	22/06/1971	0.01
3_1351	-41.738889	-11.391667	22/06/1971	0.01
3_1367	-41.445	-11.375833	27/02/1975	1.70
3_1548	-41.558333	-11.427778	23/06/1971	0.01
3_1550	-41.648611	-11.479167	27/07/1971	0.01
3_1556	-41.616667	-11.158333	14/08/1971	0.01
3_1561	-41.718056	-11.272222	30/06/1971	0.01
3_1565	-41.73	-11.172778	28/07/1971	0.01
3_1571	-41.859722	-11.322222	29/06/1971	0.01
3_1578	-41.530278	-11.251667	01/07/1971	0.01
3_1584	-41.648056	-11.264167	06/07/1971	0.01
3_1594	-41.599167	-11.236111	18/09/1971	0.01
3_1599	-41.738889	-11.394444	22/06/1971	0.01
3_1600	-41.694444	-11.384722	22/06/1971	0.01
3_1601	-41.848611	-11.309722	29/06/1971	0.01
3_1877	-41.694167	-11.474444	03/07/1977	0.01
3_196	-41.501667	-11.294167	21/07/1971	0.01
3_2397	-41.663611	-12.016944	02/08/1974	1.70
3_3274	-41.700278	-11.441389	18/06/1997	40.61
3_723	-41.965	-11.806944	03/12/1974	1.16
3_780	-41.501667	-11.416667	20/07/1971	0.01

Tabela 2. Valores de nitrato no aquífero Salitre na década de 1980. Dados obtidos do cadastro de poços CERB

Nº CERB	X (Grd)	Y Grd)	Data da análise	Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> )
1_1004	-41.836944	-11.146667	25/08/1980	0.01
1_1011	-41.772231	-11.885556	30/07/1980	18.99
1_1011	-41.77213	-11.885556	07/04/1982	31.25
1_1017	-41.701944	-12.045278	25/08/1980	18.75
1_1041	-41.970833	-11.184444	30/07/1980	17.48
1_1043	-42.347222	-10.982222	30/07/1980	7.16
1_1046	-41.521111	-11.666667	30/07/1980	0.01
1_1057	-41.647778	-11.526389	06/04/1982	12.75

Continuação da tabela 2

1_1058	-41.577778	-11.786111	25/08/1980	1.58
1_1059	-41.493333	-11.145	03/10/1980	76.00
1_1134	-41.731111	-12.099444	16/02/1981	1.08
1_1154	-42.0825	-11.176667	16/03/1981	0.01
1_1213	-41.506111	-11.691944	11/06/1981	0.01
1_1220	-41.621944	-11.024167	22/07/1981	15.63
1_1226	-41.881111	-11.796944	27/01/1984	2.00
1_123	-41.459722	-11.098611	04/05/1982	7.70
1_1246	-41.586944	-11.079167	05/08/1981	2.08
1_1280	-42.158889	-11.177778	06/11/1981	1.50
1_1346	-41.421944	-11.258889	04/08/1982	22.80
1_1473	-41.807	-11.481833	21/12/1982	0.02
1_1498	-41.76012	-11.202222	19/01/1983	7.18
1_1505	-42.110278	-11.611667	10/02/1983	0.01
1_1543	-42.057778	-11.262222	19/12/1984	3.32
1_1554	-41.489722	-11.610278	13/05/1983	26.98
1_1562	-41.420278	-11.381111	13/05/1983	28.50
1_1573	-41.535833	-11.347778	29/06/1983	18.11
1_1576	-41.899167	-11.791667	29/06/1983	0.45
1_1594	-41.725278	-10.918333	20/07/1983	17.18
1_1596	-41.988056	-11.234444	20/07/1983	0.06
1_1627	-41.695278	-11.476667	19/12/1984	36.22
1_1631	-42.011111	-11.072101	29/08/1983	0.01
1_1650	-42.349444	-10.886111	08/08/1983	4.78
1_1652	-42.103056	-11.297222	19/12/1984	5.15
1_1660	-41.9325	-11.220556	29/08/1983	37.45
1_1663	-41.945833	-11.27	29/08/1983	8.71
1_1665	-41.978056	-11.414167	19/09/1983	15.44
1_1754	-42.334167	-11.102222	06/01/1984	2.10
1_1793	-41.728611	-10.991667	13/01/1984	69.50
1_1834	-41.694167	-11.477778	02/02/1984	34.73
1_1864	-41.606667	-11.380556	29/02/1984	31.00
1_1932	-41.921667	-11.766667	16/03/1984	1.40
1_1941	-42.082778	-11.2675	16/03/1984	6.83
1_1991	-41.899167	-10.958611	13/04/1984	13.12
1_1998	-41.950556	-11.136944	13/04/1984	13.23
1_2019	-41.943333	-11.184444	08/05/1984	70.00
1_2093	-42.221667	-11.175	08/05/1984	43.50
1_2285	-41.952222	-11.681944	14/08/1984	17.16
1_2315	-41.577778	-12.094444	16/08/1984	0.01
1_2537	-42.079444	-11.015556	22/11/1984	11.17
1_2540	-42.151944	-11.712778	22/11/1984	49.98
1_2637	-41.842222	-11.288611	11/01/1985	1.75
1_2638	-41.984167	-11.335833	29/12/1985	0.01
1_2644	-41.430278	-11.401944	25/01/1985	10.63
1_2687	-42.088333	-11.129167	12/02/1985	5.45
1_2691	-41.503611	-11.409167	08/03/1985	24.99
1_2692	-42.037778	-11.483056	07/02/1985	10.48
1_2711	-41.455556	-11.445	25/04/1985	19.00
1_2782	-41.9875	-11.092222	28/03/1985	24.36
1_2785	-42.020833	-11.058889	25/04/1985	28.12
1_2788	-41.953333	-11.191111	28/03/1985	0.86
1_2791	-41.951944	-11.193611	28/03/1985	19.36

Continuação da tabela 2

1_2793	-42.040833	-11.202778	25/04/1985	10.05
1_2826	-42.074167	-11.053333	18/04/1985	34.36
1_2836	-41.984167	-10.993611	18/04/1985	0.01
1_2839	-41.814722	-11.291389	25/04/1985	2.08
1_2913	-41.983333	-11.794722	25/07/1985	0.01
1_2930	-41.534417	-11.605194	08/01/1990	4.45
1_2940	-41.5975	-11.809167	16/07/1985	17.49
1_2985	-41.9975	-11.335833	09/07/1985	0.01
1_3060	-41.774444	-11.497222	31/07/1985	4.44
1_3089	-41.9475	-11.540833	31/07/1985	3.07
1_3185	-41.568889	-12.209167	04/09/1985	0.28
1_3216	-41.815833	-11.1575	02/10/1985	10.71
1_3253	-41.793889	-10.988056	02/10/1985	2.70
1_3258	-41.4325	-11.2421	02/10/1985	5.31
1_3260	-41.437778	-11.270833	02/10/1985	4.62
1_3271	-41.426389	-11.622222	27/09/1985	2.00
1_3363	-41.817778	-11.5225	18/06/1987	30.71
1_3390	-41.605833	-11.551944	01/07/1987	19.12
1_3473	-41.593333	-11.804167	03/04/1986	39.99
1_3516	-42.342778	-10.986111	05/06/1987	9.99
1_3524	-41.903333	-11.64	08/08/1986	0.01
1_3552	-41.942222	-11.416111	08/08/1986	0.01
1_3554	-41.745278	-11.577222	18/06/1987	10.00
1_3559	-41.889167	-11.406111	08/08/1986	15.24
1_3565	-41.7775	-11.409722	07/08/1986	2.48
1_3571	-41.864722	-11.347222	08/08/1986	68.85
1_3605	-41.514444	-11.374722	22/08/1986	14.00
1_3606	-41.680278	-11.497222	27/08/1986	0.01
1_3613	-41.477778	-11.349444	08/08/1986	0.08
1_3624	-41.691389	-11.472778	08/08/1986	37.24
1_3638	-41.648056	-11.388889	22/08/1986	19.05
1_3647	-41.500278	-11.0121	08/08/1986	0.42
1_3708	-41.488056	-11.117778	07/03/1988	13.99
1_3900	-41.973889	-11.5425	15/02/1988	3.84
1_3903	-41.916667	-11.595556	23/02/1988	0.01
1_4081	-41.5901	-11.605278	30/06/1987	59.40
1_4113	-41.509167	-12.225833	15/07/1987	0.01
1_4205	-41.9625	-11.757778	15/02/1988	16.48
1_4252	-42.189444	-11.0975	23/02/1988	16.16
1_427	-41.776944	-11.333333	19/06/1985	3.24
1_4335	-41.974444	-11.068889	12/01/1988	13.00
1_4368	-41.485278	-11.327778	19/07/1988	55.00
1_4377	-41.875278	-11.680556	15/02/1988	22.38
1_4387	-41.996111	-10.748611	23/02/1988	0.01
1_4465	-42.036667	-11.133889	08/08/1988	22.00
1_4787	-41.845278	-11.527222	07/03/1989	7.62
1_618	-41.505278	-11.823333	07/04/1982	0.01
1_632	-42.230722	-11.141722	04/05/1982	25.62
1_827	-41.590278	-12.2025	26/04/1982	0.01
1_839	-41.882306	-11.873861	04/05/1982	18.25
1_918	-41.744444	-11.911944	08/09/1980	7.50
1_931	-41.476111	-11.30512	07/04/1982	21.24
2_1005	-42.018611	-11.475833	28/12/1987	0.74

Continuação da tabela 2

2_1010	-41.9301	-11.128333	23/02/1988	1.29
2_1030	-41.669167	-11.9775	01/12/1988	0.01
2_1031	-42.036111	-11.203333	23/02/1988	6.10
2_251	-41.580556	-12.285556	19/10/1984	4.32
2_422	-41.752778	-11.965	08/04/1985	0.01
2_422	-41.752778	-11.965	01/10/1987	0.64
2_439	-41.786389	-11.919444	19/12/1984	0.01
2_463	-41.830556	-11.786944	17/12/1984	0.01
2_480	-41.938889	-11.8125	17/12/1984	4.55
2_484	-41.763333	-12.008333	14/12/1984	1.47
2_547	-41.885556	-11.248889	19/06/1985	1.98
2_590	-42.305556	-11.1175	19/06/1985	0.01
2_601	-41.98	-11.618056	28/05/1985	19.96
2_603	-41.966111	-11.592222	28/05/1985	16.07
2_604	-41.8975	-11.704444	28/05/1985	15.74
2_614	-41.766667	-11.679167	28/05/1985	16.88
2_630	-41.949722	-11.1452	05/07/1985	5.10
2_635	-42.063333	-11.792778	05/07/1985	0.05
2_640	-42.210833	-11.031944	09/07/1985	0.01
2_653	-41.993333	-11.365556	05/07/1985	5.31
2_654	-42.465278	-10.863056	05/07/1985	20.50
2_670	-41.805	-11.858333	16/07/1985	3.68
2_679	-41.694444	-11.975	04/11/1985	0.01
2_688	-41.925556	-11.818611	25/10/1985	6.55
2_691	-41.503611	-12.226111	09/03/1988	0.01
2_715	-41.8601	-11.824444	25/10/1985	8.75
2_716	-41.890278	-11.748889	25/10/1985	1.00
2_758	-41.665556	-12.363889	09/03/1988	2.25
2_811	-41.438889	-11.154167	08/08/1988	61.25
2_990	-42.119444	-11.318056	09/02/1988	0.75
3_1122	-41.650833	-11.375	13/05/1981	59.98
3_1127	-41.784444	-11.406667	27/03/1981	21.90
3_1246	-41.649722	-11.467222	19/03/1982	30.00
3_1456	-41.511667	-11.425556	03/05/1982	27.45
3_181	-41.474167	-11.0812	04/07/1983	66.14
3_401	-41.673833	-11.967667	19/10/1983	0.01
3_405	-41.576944	-11.833333	28/11/1985	31.24
3_698	-41.524444	-11.758056	19/12/1983	1.32
3_718	-41.4351	-11.6851	07/04/1982	0.01

Tabela 3. Valores de nitrato no aquífero Salitre na década de 1990. Dados obtidos do cadastro de poços CERB

Nº CERB	X (Grd)	Y Grd)	Data da análise	Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
1_1531	-41.5012	-11.243333	04/01/1995	5.37
1_1543	-42.057778	-11.262222	16/12/1992	7.69
1_1559	-41.750278	-11.998056	03/02/1995	1.29
1_1576	-41.899167	-11.791667	14/07/1999	3.15
1_1645	-41.535833	-11.2425	12/12/1991	7.50
1_3757	-41.778333	-11.912	02/12/1991	1.99
1_5049	-41.584167	-12.000833	28/08/1991	0.01
1_5086	-41.9621	-11.146389	03/07/1992	0.22
1_5103	-41.515556	-12.278889	16/03/1992	38.75

Continuação da tabela 3

1_5290	-42.023611	-11.333611	15/03/1993	3.64
1_5320	-41.815833	-11.125556	16/03/1993	1.87
1_5325	-41.6402	-10.9825	10/03/1993	1.40
1_535	-41.646111	-11.166667	22/01/1992	19.99
1_5576	-41.695278	-11.3975	21/12/1994	11.20
1_5642	-41.678889	-12.057778	20/12/1994	0.55
1_5669	-41.5425	-12.2275	16/01/1995	9.97
1_5671	-41.585833	-12.091111	08/10/1998	13.50
1_5684	-41.574444	-11.954444	20/01/1995	2.17
1_5726	-41.642222	-11.346111	11/07/1995	0.02
1_6568	-41.887222	-11.873056	29/04/1999	4.55
1_6590	-41.600556	-12.139444	31/05/1999	6.57
1_6745	-41.541111	-11.239444	31/08/1999	12.40
2_1030	-41.669167	-11.9775	17/01/1996	0.64
2_1030	-41.669167	-11.9775	29/07/1992	1.32
2_1031	-42.036111	-11.203333	23/02/1988	4.10
2_1168	-41.590556	-11.847778	19/03/1993	6.40
2_1262	-41.807778	-11.671389	14/06/1996	4.10
2_1272	-42.325833	-11.036111	12/06/1996	26.87
2_1281	-41.381667	-11.335833	05/05/1997	0.00
2_1302	-41.524167	-11.328611	22/04/1997	56.20
2_1320	-41.575278	-11.751389	27/01/1997	0.20
2_1341	-41.844722	-11.874444	02/04/1997	0.26
2_1370	-41.570833	-10.904444	13/10/1997	36.23
2_1427	-42.057778	-11.1925	01/09/1998	3.80
2_1531	-41.6375	-11.915278	09/12/1998	6.12
2_1580	-41.819722	-11.511389	19/11/1998	5.38
2_1596	-41.501111	-11.412222	23/11/1998	8.93
2_1602	-41.5251	-11.468889	25/11/1998	3.74
2_1615	-41.650278	-11.393611	23/11/1998	37.49
2_1769	-41.960278	-11.137222	10/06/1999	17.30
2_1771	-42.003333	-11.108889	09/06/1999	0.00
2_1791	-41.673611	-11.043056	31/05/1999	0.01
2_1810	-42.323333	-11.046944	10/06/1999	35.26
2_1820	-41.582222	-11.974444	09/06/1999	3.12
2_422	-41.752778	-11.965	06/07/1993	1.85
3_1239	-41.683889	-11.258333	20/03/1992	4.22
3_2903	-41.899167	-10.958611	04/10/1993	0.06
3_3340	-41.626944	-11.898889	11/11/1997	0.00
3_3503	-41.697778	-11.555278	12/06/1998	0.11
3_3614	-41.5625	-11.679722	09/12/1998	3.89
3_3652	-41.579167	-12.090278	04/10/1999	3.38
3_3733	-41.889722	-11.54221	16/11/1999	13.43
3_3737	-42.014444	-11.352778	14/12/1999	3.20
3_5808	-42.037778	-11.483056	06/08/1998	0.22

Tabela 4. Valores de nitrato no aquífero Salitre na década de 2000. Dados obtidos do cadastro de poços CERB

N° CERB	X (Grd)	Y Grd)	Data da análise	Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
1_1017	-41.701944	-12.045278	29/09/2005	0.90
1_1043	-42.347222	-10.982222	13/09/2005	5.59
1_1057	-41.647778	-11.526389	23/07/2008	30.50
1_1058	-41.5778	-11.7861	15/01/2009	0.68
1_1220	-41.621944	-11.024167	31/03/2000	25.74
1_1220	-41.621944	-11.024167	05/08/2008	5.38
1_123	-41.459722	-11.098611	24/03/2004	132.00
1_1246	-41.586944	-11.079167	28/08/2008	51.00
1_1596	-41.988056	-11.234444	30/12/2004	35.90
1_1754	-42.334167	-11.102222	22/04/2003	18.00
1_1794	-41.708889	-11.0275	05/08/2008	37.60
1_1932	-41.921667	-11.766667	16/10/2003	9.49
1_2613	-41.716111	-12.223056	04/09/2000	0.42
1_2823	-41.773889	-10.24213	01/10/2009	3.63
1_2969	-41.744444	-12.246667	12/11/2009	0.42
1_3516	-42.342778	-10.986111	20/04/2005	11.30
1_4158	-41.735556	-10.233056	08/04/2009	0.60
1_4183	-41.805278	-10.389722	22/11/2006	1.00
1_4246	-42.076944	-11.087222	14/02/2006	19.60
1_4387	-41.996111	-10.748611	20/07/2001	4.24
1_4826	-42.273333	-10.905833	25/03/2003	3.33
1_5049	-41.584167	-12.000833	14/09/2007	1.03
1_509	-41.445556	-11.071389	15/07/2004	13.30
1_5669	-41.5425	-12.2275	16/04/2003	20.50
1_5669	-41.5425	-12.2275	24/07/2003	24.00
1_5683	-41.469722	-11.101111	26/03/2004	1.22
1_5684	-41.5744	-11.9544	13/05/2008	12.40
1_632	-42.230833	-11.141667	30/12/2004	28.90
1_6568	-41.8872	-11.8731	27/07/2000	7.43
1_6568	-41.8872	-11.8731	20/06/2002	8.70
1_6590	-41.600833	-12.139444	26/09/2003	2.48
1_6916	-41.610278	-12.2975	17/05/2000	0.41
1_6916	-41.610278	-12.2975	29/05/2007	0.50
1_6916	-41.610278	-12.2975	24/11/2011	0.60
1_6951	-41.671944	-12.188889	04/11/2009	0.42
1_6984	-41.6875	-12.181667	26/08/2000	0.58
1_7101	-41.692778	-12.181111	10/04/2001	3.89
1_7120	-41.780833	-11.364722	08/06/2001	4.08
1_7142	-41.580556	-12.091667	20/06/2001	0.84
1_7150	-42.3075	-11.072222	22/04/2003	21.20
1_7153	-41.483611	-11.3975	16/07/2001	17.07
1_7157	-41.421944	-11.357778	17/07/2001	43.80
1_7157	-41.421944	-11.357778	30/11/2004	26.90
1_7159	-41.7489	-11.9558	18/07/2001	26.20
1_7160	-41.628056	-11.449722	20/07/2001	6.22
1_7233	-41.6825	-12.121667	30/10/2001	2.47
1_7259	-41.655	-12.069444	27/06/2002	1.68
1_7327	-41.715	-10.185556	04/06/2002	1.22
1_7512	-42.168889	-10.633056	04/07/2003	0.50
1_7518	-42.326111	-10.396389	04/07/2003	0.70

Continuação da tabela 4

1_7519	-42.173333	-11.026389	30/08/2005	21.10
1_7537	-42.316111	-10.416111	26/07/2003	0.96
1_7573	-42.354167	-11.156944	19/09/2003	0.60
1_7589	-41.4983	-11.6922	01/10/2003	4.87
1_7592	-42.168056	-11.103611	16/10/2003	34.40
1_7593	-42.060278	-11.188889	16/10/2003	16.30
1_7595	-41.929722	-10.908889	16/10/2003	26.00
1_7597	-41.928889	-10.983056	16/10/2003	30.90
1_7599	-41.9925	-11.011111	19/11/2003	17.15
1_7601	-41.801389	-11.515	16/10/2003	2.88
1_7649	-41.941111	-11.288056	18/06/2004	22.90
1_7651	-41.978333	-11.354167	19/01/2004	1.45
1_7653	-41.982222	-11.398333	19/01/2004	43.00
1_7654	-42.029444	-11.378056	18/06/2004	36.20
1_7656	-42.046667	-11.333611	19/01/2004	18.00
1_7659	-41.996389	-11.249167	19/01/2004	5.52
1_7665	-42.068056	-11.3225	21/06/2004	5.96
1_7724	-41.568889	-12.43001	26/03/2004	0.56
1_7748	-41.575278	-12.339167	11/06/2004	3.30
1_7751	-41.367778	-11.406944	18/06/2004	0.70
1_7795	-41.828056	-11.491111	10/11/2004	18.30
1_7806	-41.8714	-11.8728	27/06/2005	4.66
1_7808	-41.920833	-11.268333	22/06/2005	45.20
1_7835	-41.601667	-11.346667	10/11/2004	24.90
1_7837	-41.600556	-11.350278	10/11/2004	0.77
1_7854	-42.075556	-11.317222	22/11/2004	18.20
1_7864	-41.749444	-11.340556	22/11/2004	18.90
1_7875	-41.6742	-11.9581	30/11/2004	2.20
1_7877	-41.5808	-11.9489	30/11/2004	0.61
1_7882	-41.6269	-11.8989	30/11/2004	0.52
1_7884	-41.6064	-11.8958	30/11/2004	0.54
1_7891	-41.521111	-12.280556	30/11/2004	0.67
1_7891	-41.521111	-12.280556	21/08/2008	0.46
1_7894	-41.618889	-11.344167	21/12/2004	19.20
1_7896	-41.615833	-11.331944	08/09/2005	3.30
1_7897	-41.60001	-11.326667	21/12/2004	1.78
1_7901	-41.615278	-11.288056	21/12/2004	18.90
1_7903	-41.525833	-11.176389	21/12/2004	17.10
1_7905	-41.495	-11.140833	21/12/2004	24.10
1_7911	-41.461667	-11.136111	21/12/2004	2.60
1_7919	-41.468056	-11.243889	21/12/2004	22.90
1_7924	-41.733611	-11.378889	30/12/2004	26.50
1_7927	-41.749722	-11.343333	30/12/2004	18.10
1_7930	-41.509722	-11.406944	30/12/2004	27.30
1_7936	-41.61012	-12.0072	30/12/2004	9.90
1_7942	-41.7728	-11.8778	30/12/2004	3.00
1_7943	-41.8761	-11.8636	08/04/2005	13.90
1_7953	-41.700278	-11.267222	20/04/2005	14.90
1_7954	-41.633611	-11.207778	03/03/2005	18.90
1_7957	-41.604722	-11.462222	01/02/2005	22.20
1_7958	-41.838611	-11.599722	29/03/2005	17.20
1_7959	-41.695556	-11.4375	28/01/2005	0.51
1_7960	-41.877778	-11.449444	01/02/2005	7.38

Continuação da tabela 4

1_7961	-41.902222	-11.675833	19/04/2005	10.70
1_7962	-41.836389	-11.491111	21/10/2005	0.53
1_7964	-41.995556	-11.443333	06/05/2005	17.20
1_7965	-41.8075	-11.577778	27/06/2005	2.68
1_7966	-41.650001	-11.388611	03/03/2005	10.30
1_7968	-41.843056	-11.523056	21/10/2005	0.71
1_7969	-41.821667	-11.554167	03/03/2004	6.38
1_7970	-41.655278	-11.493056	01/02/2005	42.40
1_7972	-41.430833	-11.374722	01/02/2005	37.00
1_7973	-41.820833	-11.484444	03/03/2005	0.85
1_7974	-42.446389	-10.365556	01/02/2005	0.51
1_7975	-41.746667	-11.344167	20/04/2005	14.20
1_7976	-41.800278	-11.495278	20/04/2005	54.00
1_7977	-41.601667	-11.3475	01/02/2005	22.50
1_7978	-41.731111	-11.321111	28/02/2005	12.50
1_7979	-41.870556	-11.142222	28/02/2005	117.00
1_7980	-41.846389	-11.1475	03/03/2005	43.30
1_7981	-41.976667	-11.434444	29/03/2005	27.80
1_7982	-41.934167	-11.191944	28/02/2005	0.65
1_7983	-41.9572	-11.5942	28/03/2005	19.30
1_7984	-41.756111	-11.342778	28/02/2005	6.79
1_7985	-41.854444	-11.6025	28/03/2005	7.20
1_7986	-41.7353	-11.8836	07/04/2005	0.63
1_7996	-41.8533	-11.7478	20/04/2005	4.60
1_8006	-41.437222	-11.013611	28/03/2005	3.40
1_8021	-42.071944	-11.210001	01/06/2005	30.30
1_8023	-42.073611	-11.186667	06/05/2005	8.11
1_8025	-42.071944	-11.210001	05/05/2005	59.70
1_8029	-41.965	-11.040278	06/05/2005	50.50
1_8044	-42.2075	-11.198056	03/06/2005	8.87
1_8046	-41.568056	-11.505278	31/05/2005	18.30
1_8056	-42.085556	-11.1552	03/06/2005	41.40
1_8081	-41.452222	-11.138056	09/08/2005	41.70
1_8091	-41.543333	-11.078889	09/08/2005	69.50
1_8101	-41.7733	-11.8933	17/08/2005	3.70
1_8102	-41.636111	-11.415278	09/08/2005	2.50
1_8104	-41.8286	-11.8683	17/08/2005	0.56
1_8105	-41.8217	-11.8647	29/09/2005	13.50
1_8107	-41.857222	-11.391389	29/09/2005	26.10
1_8109	-41.840278	-11.396944	17/08/2005	0.90
1_8110	-41.822778	-11.5275	17/08/2005	9.20
1_8111	-41.835278	-11.553333	17/08/2005	2.40
1_8112	-41.775278	-11.471667	23/08/2005	15.90
1_8114	-41.934444	-11.191944	15/09/2005	0.61
1_8115	-41.764167	-11.488889	17/08/2005	9.60
1_8116	-41.643889	-11.426389	07/10/2005	2.00
1_8117	-42.183333	-11.180833	08/09/2005	25.00
1_8118	-41.775278	-11.471667	17/08/2005	44.30
1_8119	-41.5053	-11.8178	23/08/2005	12.10
1_8120	-41.826944	-11.4925	17/08/2005	11.50
1_8122	-42.206944	-11.162778	19/09/2005	29.90
1_8123	-41.6078	-11.7267	23/08/2005	10.80
1_8124	-42.2025	-11.141111	08/09/2005	13.90

Continuação da tabela 4

1_8126	-41.402778	-11.386111	08/09/2005	20.20
1_8128	-42.072778	-11.0951	08/09/2005	21.50
1_8129	-41.609444	-11.481111	23/08/2005	31.50
1_8130	-42.093611	-11.110001	08/09/2005	23.90
1_8131	-41.620833	-11.487222	23/08/2005	18.70
1_8132	-41.888056	-11.156111	08/09/2005	0.53
1_8133	-42.106389	-11.085278	08/09/2005	8.90
1_8134	-42.109444	-11.078889	08/09/2005	21.30
1_8135	-41.676389	-11.494167	24/08/2005	0.80
1_8136	-41.973889	-11.252222	21/10/2005	0.50
1_8138	-41.711389	-11.445278	23/08/2005	18.70
1_8139	-42.042778	-11.339167	19/09/2005	1.91
1_8140	-42.015556	-11.206944	15/09/2005	12.70
1_8141	-41.993889	-11.39213	07/10/2005	20.30
1_8142	-41.939722	-11.204444	23/09/2005	0.66
1_8144	-41.6008	-11.8789	24/08/2005	1.60
1_8145	-41.979167	-11.117778	08/09/2005	1.30
1_8146	-41.693889	-11.413333	30/08/2005	4.80
1_8150	-41.853889	-10.941944	08/09/2005	29.80
1_8151	-42.073889	-11.366667	07/10/2005	14.80
1_8152	-41.820556	-10.9525	08/09/2005	27.80
1_8154	-42.066389	-11.358333	24/10/2005	5.50
1_8156	-41.773611	-10.949444	21/10/2005	28.60
1_8157	-41.6144	-11.9525	23/08/2005	0.58
1_8158	-42.067222	-11.417222	07/10/2005	0.50
1_8161	-42.061	-11.414722	21/10/2005	0.60
1_8162	-41.691944	-11.471111	08/11/2005	7.10
1_8163	-42.072778	-11.279722	21/10/2005	5.60
1_8167	-41.737222	-11.192222	07/10/2005	39.10
1_8169	-41.971389	-11.672222	07/10/2005	1.00
1_8174	-41.731944	-11.223056	26/10/2005	80.40
1_8175	-42.0875	-11.626667	07/10/2005	8.40
1_8177	-41.710556	-11.217778	07/10/2005	52.20
1_8182	-41.950556	-11.326111	07/10/2005	0.71
1_8184	-42.271111	-11.435833	07/10/2005	3.10
1_8185	-41.938056	-11.354722	07/10/2005	0.65
1_8188	-41.932222	-11.319444	07/10/2005	34.90
1_8191	-41.826389	-11.525833	26/10/2005	42.10
1_8194	-41.8475	-11.397778	09/11/2005	9.61
1_8196	-41.8475	-11.513611	21/10/2005	4.50
1_8198	-41.935278	-11.197778	15/09/2005	22.20
1_8201	-41.964167	-11.166944	23/09/2005	6.60
1_8203	-41.991389	-11.333889	19/09/2005	1.00
1_8205	-41.904167	-11.231111	13/09/2005	45.60
1_8206	-41.509444	-11.406944	08/11/2005	35.10
1_8214	-41.4819	-11.6622	22/09/2005	1.74
1_8216	-41.441389	-11.374722	08/11/2005	67.20
1_8223	-41.564167	-11.474444	09/11/2005	24.20
1_8232	-41.7231	-11.9781	26/10/2005	0.53
1_8242	-41.5925	-11.9694	26/10/2005	0.50
1_8245	-41.5947	-11.8036	26/10/2005	6.50
1_8249	-41.4589	-11.7903	25/10/2005	0.90
1_8281	-41.4969	-11.6169	24/11/2005	6.80

Continuação da tabela 4

1_8283	-41.6406	-11.9075	24/11/2005	1.50
1_8286	-41.7775	-11.8989	24/11/2005	12.30
1_8294	-42.121944	-11.6225	24/11/2005	7.90
1_8338	-41.8286	-11.8372	19/12/2005	10.30
1_8373	-41.8094	-11.91444	14/02/2006	3.00
1_8380	-41.771667	-11.561111	15/03/2006	7.80
1_8384	-41.827222	-10.326667	06/03/2006	0.60
1_8385	-41.814722	-10.343889	06/03/2006	0.60
1_8386	-41.845	-10.575556	06/03/2006	0.50
1_8388	-41.989167	-11.336944	15/03/2006	0.70
1_839	-41.882	-11.874	24/08/2000	7.24
1_8390	-41.988889	-11.339444	15/03/2006	0.40
1_8391	-41.773333	-10.681944	06/03/2006	1.20
1_8397	-41.746944	-10.725	03/03/2006	5.72
1_8400	-41.690278	-10.800556	03/03/2006	0.80
1_8401	-42.408333	-10.918611	01/06/2006	42.90
1_8411	-41.615556	-11.046667	15/03/2006	17.70
1_8414	-41.516667	-12.235	15/03/2006	0.50
1_8414	-41.516667	-12.235	30/10/2009	0.31
1_8430	-41.790556	-10.672222	30/03/2006	3.50
1_8456	-41.438333	-10.846944	28/04/2006	26.30
1_8468	-41.673056	-12.061667	28/04/2006	25.10
1_8524	-41.434167	-10.853333	30/05/2006	30.20
1_8555	-41.5014	-11.81417	27/06/2006	17.80
1_8620	-41.850278	-11.402222	28/11/2006	3.40
1_8683	-41.735	-10.991111	12/11/2007	0.50
1_8687	-41.601389	-11.051667	09/11/2007	20.20
1_8688	-41.671111	-11.094167	09/11/2007	0.53
1_8692	-41.8825	-11.161389	08/11/2007	0.45
1_8694	-41.958889	-10.956944	09/11/2007	22.70
1_8699	-42.631389	-10.868333	26/11/2007	0.50
1_8827	-41.6439	-11.9061	07/07/2008	5.81
1_8830	-41.6736	-11.9675	23/07/2008	14.50
1_8874	-41.5767	-11.8161	02/05/2008	3.55
1_8875	-41.5261	-11.7597	02/05/2008	0.84
1_8879	-41.5225	-11.7575	21/05/2008	2.29
1_8882	-41.683056	-11.4975	11/12/2008	1.81
1_8909	-41.716111	-12.352222	09/07/2008	0.08
1_8942	-41.374722	-11.333889	29/07/2008	0.54
1_8947	-41.6433	-11.9881	19/06/2008	0.74
1_8968	-41.4983	-11.9292	14/07/2008	0.73
1_8973	-41.431111	-11.526111	21/08/2008	3.38
1_9045	-41.575833	-12.395833	16/03/2009	18.80
1_9099	-41.682222	-12.020278	18/11/2008	5.00
1_9162	-42.098056	-10.108056	16/03/2009	0.80
1_9221	-41.5456	-11.6778	15/07/2009	0.76
1_9235	-41.5117	-11.8039	03/06/2009	14.20
1_9246	-41.5886	-11.8403	19/08/2009	4.76
1_9251	-41.5456	-11.6778	20/07/2009	0.43
1_9254	-41.5892	-11.6847	15/07/2009	0.70
1_9258	-41.43	-11.6506	20/07/2009	14.90
1_9340	-41.616944	-12.250556	30/10/2009	34.80
1_9488	-41.611667	-12.235278	12/05/2010	1.42

Continuação da tabela 4

1_9493	-42.386111	-10.909722	17/08/2010	18.80
1_9534	-41.713889	-12.222222	21/07/2010	0.60
1_9606	-41.7425	-12.077778	28/12/2010	1.25
1_9818	-41.710278	-12.401944	04/11/2011	2.99
1_9820	-42.241944	-11.197222	13/10/2011	1.83
1_9821	-41.751944	-12.213056	04/11/2011	0.40
1_9828	-41.666667	-12.371944	04/11/2011	0.45
2_1030	-41.6692	-11.9775	22/05/2003	9.81
2_1030	-41.6692	-11.9775	15/07/2009	0.75
2_1168	-41.5906	-11.8478	14/01/2009	1.58
2_1271	-41.615833	-11.612222	14/06/2006	0.80
2_1272	-42.325833	-11.036111	22/04/2003	37.60
2_1320	-41.5753	-11.7514	30/11/2004	3.40
2_1536	-41.674444	-12.154444	10/10/2007	1.06
2_1810	-42.323333	-11.046944	16/04/2003	2.48
2_2026	-41.926389	-11.165278	27/04/2000	0.83
2_2047	-42.052778	-11.064444	17/05/2000	1.00
2_2122	-41.5406	-11.6072	24/07/2002	3.89
2_2124	-41.669444	-11.068333	16/10/2003	0.57
2_2125	-41.978611	-11.628056	25/07/2002	6.34
2_2126	-41.791667	-11.973056	02/06/2004	4.10
2_2151	-41.78	-11.4075	19/12/2002	6.08
2_2152	-41.814167	-11.503611	19/09/2003	12.00
2_2153	-41.451111	-11.626389	19/12/2002	9.66
2_2158	-42.018056	-11.282778	19/12/2002	1.41
2_2158	-42.018056	-11.282778	19/09/2003	0.60
2_2159	-42.190278	-11.095556	16/10/2003	0.59
2_2162	-42.426111	-10.940278	28/04/2003	25.20
2_2162	-42.426111	-10.940278	28/01/2005	25.40
2_2164	-42.343333	-10.988333	20/04/2005	16.00
2_2165	-42.240556	-10.853333	18/03/2003	15.60
2_2165	-42.240556	-10.853333	28/01/2005	17.70
2_2208	-41.6117	-11.8203	02/12/2003	8.93
2_2215	-41.5794	-11.7117	02/12/2003	5.46
2_2223	-41.680278	-11.274722	02/12/2003	12.10
2_2227	-41.473611	-11.151111	21/11/2003	52.30
2_2231	-41.746389	-11.539722	21/11/2003	37.50
2_2234	-41.823056	-11.540278	21/11/2003	0.94
2_2235	-42.038611	-11.147222	21/11/2003	50.70
2_2236	-42.103056	-11.095	19/12/2003	2.89
2_2237	-42.230556	-11.141667	19/12/2003	41.00
2_2238	-42.2213	-11.144444	19/12/2003	58.00
2_2240	-42.102222	-11.082778	19/12/2003	29.00
2_2243	-41.637778	-10.919167	19/12/2003	22.00
2_2252	-41.520556	-11.297222	19/12/2003	43.00
2_2253	-41.530833	-11.480556	19/12/2003	44.00
2_2255	-41.5312	-11.6253	19/12/2003	33.00
2_2257	-41.636667	-11.066389	19/12/2003	2.89
2_2263	-41.7439	-11.8833	19/01/2004	6.77
2_2265	-41.7711	-11.8758	19/01/2004	0.71
2_2280	-41.8325	-11.8533	19/01/2004	20.00
2_2311	-41.8867	-11.79306	14/09/2007	4.73
2_2323	-41.807778	-11.671389	06/04/2004	3.98

Continuação da tabela 4

2_2423	-41.997222	-11.386944	23/03/2005	1.00
2_2424	-42.036944	-11.323889	23/03/2005	22.90
2_2427	-42.019444	-11.203056	23/03/2005	6.20
2_251	-41.580556	-12.285556	27/06/2002	60.80
2_2608	-41.644722	-11.171944	17/06/2008	10.10
2_2614	-41.609444	-11.3425	17/06/2008	8.81
2_2617	-41.5644	-11.6397	19/06/2008	13.00
2_2618	-41.475	-11.6192	03/07/2008	3.90
2_2621	-41.5131	-11.7367	19/06/2008	0.56
2_2623	-41.5256	-11.7858	19/06/2008	0.54
2_2627	-41.5583	-11.74142	19/06/2008	8.70
2_2637	-41.4303	-11.6503	03/07/2008	0.47
2_2640	-42.054722	-11.233611	23/07/2008	1.15
2_2643	-42.186111	-11.106111	14/07/2008	1.00
2_2647	-42.228056	-10.828056	14/07/2008	5.79
2_2655	-41.715278	-11.084167	12/02/2009	0.70
2_2658	-41.828889	-11.465833	24/07/2008	26.50
2_2660	-41.778056	-11.503889	28/07/2008	0.93
2_2670	-41.8408	-11.7764	24/07/2008	6.00
2_2680	-41.73123	-10.983889	13/08/2008	1.00
2_2687	-41.730278	-11.167222	13/08/2008	70.10
2_2688	-41.810833	-11.304722	28/08/2008	15.50
2_2721	-42.374722	-10.826389	28/08/2008	16.40
2_2723	-42.44102	-10.808333	28/08/2008	0.40
2_2754	-41.608611	-11.231944	20/10/2008	0.40
2_2795	-41.405833	-11.112	22/12/2008	14.60
2_2802	-41.988056	-11.721111	03/03/2009	14.20
2_2811	-41.421389	-10.8812	11/12/2008	6.78
2_2812	-42.127222	-11.298333	13/10/2008	19.60
2_2815	-41.515278	-10.906667	11/12/2008	0.70
2_2918	-42.022778	-11.604722	03/03/2009	0.66
2_2921	-41.6725	-11.203611	03/03/2009	102.00
2_2926	-41.942222	-11.059167	16/03/2009	126.00
2_2929	-41.958611	-10.993056	16/03/2009	2.35
2_2936	-41.452778	-11.138889	16/03/2009	33.20
2_2937	-42.013333	-11.014444	16/03/2009	8.44
2_2939	-42.011389	-11.0025	16/03/2009	13.50
2_2940	-41.975556	-10.949722	03/06/2009	7.94
2_2942	-41.855833	-10.795278	16/03/2009	0.50
2_2944	-41.8711	-10.941389	16/03/2009	24.80
2_2949	-41.475	-11.6414	16/03/2009	1.61
2_2953	-41.5067	-11.7114	16/03/2009	0.40
2_2956	-41.5172	-11.775	18/03/2009	9.32
2_2958	-41.4636	-11.7881	16/03/2009	9.06
2_2998	-41.635556	-11.246111	26/05/2009	30.00
2_3000	-41.620833	-11.2025	26/05/2009	9.50
2_3005	-41.9525	-11.025556	26/05/2009	2.55
2_3006	-42.019167	-11.048889	17/07/2009	3.03
2_3007	-41.956111	-10.980278	26/05/2009	6.69
2_3014	-41.621944	-11.024167	25/05/2009	1.25
2_3018	-41.673889	-11.623333	20/05/2009	0.70
2_3046	-41.647778	-11.186944	15/06/2009	15.50
2_3074	-42.074722	-11.127222	16/07/2009	0.54

Continuação da tabela 4

2_3087	-42.197222	-10.751111	28/07/2009	5.00
2_3100	-42.18012	-10.733333	23/07/2009	0.54
2_3142	-42.393333	-10.98	06/08/2009	4.80
2_3222	-41.975556	-11.068333	08/09/2009	12.10
2_3228	-41.550556	-11.210556	08/09/2009	26.20
2_3257	-41.384722	-11.494444	15/10/2009	1.60
2_3380	-42.375	-11.035278	01/12/2009	0.72
2_3382	-42.346111	-11.028333	01/12/2009	1.83
2_3388	-42.381389	-10.999444	01/12/2009	0.40
2_3390	-42.358333	-10.931667	01/12/2009	0.67
2_3393	-42.44102	-10.909444	01/12/2009	10.10
2_3407	-42.089444	-11.253889	22/12/2009	6.29
2_3417	-42.223333	-10.830556	04/01/2010	11.00
2_3420	-42.3125	-10.996111	18/12/2009	0.50
2_3424	-42.2125	-10.533333	18/12/2009	0.40
2_3551	-41.4575	-11.6869	21/05/2010	20.50
2_3567	-41.626111	-12.017778	21/06/2010	0.57
2_3577	-42.295833	-11.418333	21/06/2010	33.00
2_3590	-42.276944	-11.387222	17/06/2010	0.92
2_3604	-42.275556	-11.388611	21/06/2010	1.45
2_3617	-42.290833	-11.340833	13/07/2010	1.05
2_3627	-42.282778	-11.383333	13/07/2010	0.45
2_3714	-41.428889	-10.916667	12/08/2010	0.50
2_3736	-42.096667	-10.076111	18/10/2010	0.34
2_3757	-42.276667	-11.423889	17/11/2010	8.09
2_3759	-42.288056	-11.434167	14/10/2010	96.00
2_3767	-42.310833	-11.431944	17/11/2010	11.80
2_3771	-42.329167	-11.4211	17/11/2010	30.00
2_3775	-42.274722	-11.392778	17/11/2010	4.04
2_3798	-42.310833	-11.447222	03/11/2010	4.89
2_3803	-41.872222	-11.273889	03/11/2010	62.00
2_3807	-41.873056	-11.273611	03/11/2010	42.00
2_3846	-41.970278	-11.735278	02/12/2010	2.42
2_3847	-41.944167	-11.743889	03/12/2010	12.20
2_640	-42.210833	-11.031944	04/07/2003	8.51
2_697	-41.448333	-12.168333	16/03/2009	0.50
2_709	-42.087778	-11.65501	19/12/2005	0.90
2_715	-41.8612	-11.8244	19/08/2009	12.10
2_811	-41.438889	-11.154167	17/12/2008	30.20
2_927	-41.632778	-10.947222	15/08/2008	2.31
2_954	-41.416944	-11.211667	17/12/2008	13.90
2_97	-42.511111	-10.911111	05/05/2003	9.27
3_1367	-41.445	-11.375833	30/05/2006	62.50
3_3340	-41.6269	-11.89889	31/10/2007	0.76
3_3561	-41.5067	-11.8497	02/06/2009	10.70
3_3929	-42.043056	-11.031944	05/08/2008	7.20
3_5380	-42.169722	-10.643056	16/04/2004	1.20
3_5498	-41.645833	-11.351944	01/10/2003	62.80
3_5499	-41.550278	-11.473611	01/10/2003	16.80
3_5563	-41.62	-11.106111	12/12/2003	77.00
3_5799	-41.692222	-11.399444	18/07/2008	45.00
3_5818	-41.5139	-11.7839	30/12/2004	1.20
3_5822	-41.921389	-11.284444	30/11/2004	19.10

Continuação da tabela 4

3_5825	-41.809444	-11.613889	03/11/2004	15.90
3_5826	-41.957778	-11.419167	04/11/2004	31.30
3_5827	-41.968056	-11.421667	04/11/2004	41.40
3_5828	-41.9581	-11.4156	04/11/2004	24.50
3_5829	-41.8417	-11.5797	03/11/2004	22.20
3_5830	-41.751667	-11.327778	30/11/2004	22.20
3_5831	-41.761944	-11.452222	29/10/2004	70.20
3_5832	-41.785833	-11.484444	29/10/2004	10.90
3_5833	-41.777778	-11.494444	29/10/2004	32.60
3_5834	-41.779722	-11.578333	28/10/2004	20.40
3_5839	-41.840556	-11.408889	21/12/2004	12.80
3_5840	-41.770556	-11.550556	29/10/2004	40.10
3_5841	-41.772778	-11.549444	03/11/2004	20.90
3_5842	-41.765833	-11.565833	29/10/2004	39.60
3_5843	-41.771944	-11.560556	03/11/2004	53.40
3_5844	-41.773889	-11.570556	28/10/2004	17.20
3_5902	-41.594722	-11.541944	30/05/2006	3.60
3_5946	-41.82846	-11.96113	09/11/2005	5.56
3_5962	-41.830278	-10.284722	28/06/2006	1.20
3_5973	-41.843056	-10.219167	28/06/2006	0.43
3_6030	-42.026667	-11.150833	28/04/2006	46.00
3_6056	-42.035556	-11.149722	12/06/2006	2.40
3_6388	-41.822222	-11.345278	18/07/2008	3.59
3_6398	-41.928889	-10.983056	05/08/2008	24.50
3_6515	-41.5172	-11.6611	13/01/2009	0.53
3_6554	-41.5772	-11.6072	19/02/2009	11.40
3_6581	-41.501944	-11.350556	22/12/2008	29.20
3_6600	-41.5547	-11.7683	14/01/2009	8.15
3_6627	-41.918889	-10.726389	05/03/2009	7.49
3_6658	-41.946111	-10.988333	05/03/2009	32.00
3_6749	-41.802222	-11.3075	30/04/2009	5.30
3_6800	-41.5903	-11.7669	23/07/2009	8.51
3_6808	-42.234444	-11.180556	30/07/2009	0.50
3_6809	-41.625278	-12.377778	23/09/2009	3.09
3_6817	-42.001389	-11.240556	31/07/2009	0.58
3_6967	-41.802222	-11.314167	19/08/2009	11.60
3_6970	-41.799722	-11.302222	01/06/2009	5.05
3_6973	-41.797222	-11.31102	19/08/2009	2.60
3_7144	-41.671389	-12.350278	21/12/2010	3.45