

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

PEDRO HENRIQUE VOLTERA

**CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS
EM DIFERENTES AQUÍFEROS NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL**

Ilha Solteira
2022

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM REDE NACIONAL EM
GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA**

PEDRO HENRIQUE VOLTERA

**CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS
EM DIFERENTES AQUÍFEROS NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL**

Defesa apresentada à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Gestão e Regulação de
Recursos Hídricos - ProfÁgua

Cesar Gustavo da Rocha Lima
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

V937c Voltera, Pedro Henrique.
Correlação linear entre parâmetros de qualidade das águas em diferentes aquíferos no estado de São Paulo, Brasil / Pedro Henrique Voltera. – Ilha Solteira: [s.n.], 2022
174 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, 2022

Orientador: Cesar Gustavo da Rocha Lima
Inclui bibliografia

1. Recursos hídricos. 2. Contaminação. 3. Águas subterrâneas.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE PARÂMETROS DE
QUALIDADE DAS ÁGUAS EM DIFERENTES AQUÍFEROS
NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

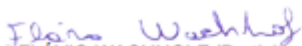
AUTOR: PEDRO HENRIQUE VOLTERA

ORIENTADOR: CESAR GUSTAVO DA ROCHA LIMA

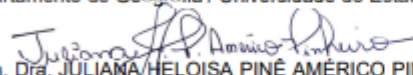
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, área: Regulação e Governança de Recursos
Hídricos pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CESAR GUSTAVO DA ROCHA LIMA (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. FLÁVIO WACHHOLZ (Participação Virtual)

Departamento de Geografia / Universidade do Estado do Amazonas - UEA


Profa. Dra. JULIANA HELOISA PINÉ AMÉRICO PINHEIRO (Participação Virtual)

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais / Universidade Brasil

Ilha Solteira, 25 de fevereiro de 2022

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a todos os que já passaram pela minha vida de alguma forma e que diretamente e indiretamente contribuíram para eu chegar onde estou. A jornada vem sendo longa e tudo na vida é aproveitável, basta saber enxergar as oportunidades e as lições que esta nos proporciona. Agradeço em particular aos meus pais Luciane Valverde da Silva Voltera e Valdecir Aparecido Voltera pelo imenso apoio de sempre: Vocês são meus heróis, um exemplo de perseverança, educação, afeto, amor, paciência, compreensão e dedicação. Agradeço à toda minha família e amigos. Apesar de tudo depender de nós mesmos, na realidade não fazemos nada nessa vida sozinhos.

Agradeço ao Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua –, e à UNESP, Câmpus Ilha Solteira, juntamente com a Agência Nacional de Águas e Saneamento – ANA – e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES e ao Auxílio Financeiro a Projeto Educacional ou de Pesquisa pela oportunidade de financiar programas e pesquisas. Agradeço também à todos os professores do ProfÁgua, principalmente ao meu orientador Cesar Gustavo da Rocha Lima por me acompanhar nesta caminhada, ajudando, exigindo e direcionando nosso projeto.

“Continue com fome. Continue bobo”. Steve Jobs.

RESUMO

O monitoramento dos recursos hídricos subterrâneas é um elemento fundamental para tomadas de decisões e gestão da água, uma vez que fornece dados de muita relevância. O presente trabalho tem por objetivo analisar as correlações lineares entre alguns parâmetros de qualidade das águas nos seguintes aquíferos do estado de São Paulo: o aquífero Bauru, o aquífero Pré-Cambriano, o aquífero Serra Geral e o aquífero Guarani. Foram utilizados dados das coletas de poços da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Foram retiradas informações sobre os parâmetros da qualidade da água dos respectivos aquíferos no período de 2013 a 2015. Dessa forma, realizou-se a análise estatística descritiva dos dados e posteriormente foram elaboradas as matrizes da correlação de Pearson. As melhores correlações indicam equações eficientes que permitem estimar uma variável que exija um custo maior ou que possua uma dificuldade laboratorial para ser obtida. O presente trabalho traz não somente benefícios científicos, mas também econômicos e sustentáveis, afinal auxiliará na gestão e regulação dos recursos hídricos. O aquífero Bauru apresentou um número considerável de poços (15 amostras) onde as concentrações do Nitrato estavam em níveis acima do máximo permitido para a potabilidade humana, que consiste em 10 mg/L. Ao longo dos três anos, o aquífero Pré-Cambriano possui grandes concentrações de Ferro (91 amostras) sendo que o limite máximo permitido é 0,3 mg/L. Por fim, o aquífero Guarani sofre com o Bário acima do máximo permitido (1mg/L), contendo 190 amostras nos 3 anos. Este metal encaminha para águas subterrâneas através da lixiviação, sendo assim sua contaminação pelo solo se dá através do manuseio de produtos, decomposição inapropriada de resíduos ou por atividades agropecuárias indevidas. A estatística descritiva indicou que os aquíferos Bauru, Pré-Cambriano, Serra Geral e Guarani apresentaram coeficientes de variação de variação considerados baixos (inferior a 10%), médios (entre 10% e 20%) e muito altos (superior à 30%), sendo que nenhum aquífero apresentou coeficiente de variação alto.

Palavras-chave: recursos hídricos; contaminação; águas subterrâneas.

ABSTRACT

Monitoring groundwater resources is a fundamental element for decision-making and water management, as it provides highly relevant data. The present work aims to analyze the linear correlations between some water quality parameters in the following aquifers in the state of São Paulo: the Bauru aquifer, the Pré-Cambriano aquifer, the Serra Geral aquifer and the Guarani aquifer. Data from wells collected by the Environmental Company of the State of São Paulo – CETESB were used. Information on the water quality parameters of the respective aquifers was collected from 2013 to 2015. In this way, descriptive statistical analysis of the data was carried out and Pearson's correlation matrices were later prepared. The best correlations indicate efficient equations that allow estimating a variable that requires a higher cost or that has a laboratory difficulty to obtain. The present work brings not only scientific benefits, but also economic and sustainable ones, after all it will help in the management and regulation of water resources. The Bauru aquifer had a considerable number of wells (15 samples) where nitrate concentrations were at levels above the maximum allowed for human potability, which consists of 10 mg/L. Over the three years, the Precambrian aquifer has high concentrations of iron (91 samples over the 3 years) and the maximum allowed limit is 0.3 mg/L. Finally, the Guarani aquifer suffers from Barium above the maximum allowed (1mg/L), containing 190 samples in 3 years. This metal leads to groundwater through leaching, so its contamination by the soil occurs through the handling of products, inappropriate decomposition of waste or undue agricultural activities. Descriptive statistics indicated that the Bauru, Pre-Cambrian, Serra Geral and Guarani aquifers presented coefficients of variation that were considered low (less than 10%), medium (between 10% and 20%) and very high (above 30%). , and no aquifer showed a high coefficient of variation.

Keywords: water resources; contamination; groundwater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Distribuição de ÁguaErro! Indicador não definido.

Figura 02 - Localização da área de afloramento dos Principais Aquíferos do Estado de São PauloErro! Indicador não definido.

Figura 03 - Localização da área de afloramento do Aquífero Bauru no Estado de São PauloErro! Indicador não definido.

Figura 04 - Áreas de recarga de aquíferos livre e confinadoErro! Indicador não definido.

Figura 05 - Classificação das Águas do SAB, segundo o diagrama de PiperErro! Indicador não definido.

Figura 06 - Classificação das Águas do SAB, segundo o diagrama de Piper, considerando a presença de nitratoErro! Indicador não definido.

Figura 07 - Localização da área de afloramento e a abrangência do Aquífero Pré-CambrianoErro! Indicador não definido.

Figura 08 - Classificação das águas do SAP, segundo o Diagrama de PiperErro! Indicador não definido.

Figura 09 - Localização da área de afloramento do Aquífero Serra no estado de São PauloErro! Indicador não definido.

Figura 10 - Classificação das águas do Aquífero Serra Geral, segundo o Diagrama de PiperErro! Indicador não definido.

Figura 11 - Localização da área Aquífero GuaraniErro! Indicador não definido.

Figura 12 - Classificação das águas do SAG, segundo o Diagrama de PiperErro! Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise estatística descritiva classica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAB entre 2013-201555

Tabela 02 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Bauru – 1º Semestre 201561

Tabela 03 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Bauru – 2º Semestre 201568

Tabela 04 - Resultado da análise estatística descritiva classica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAC entre 2013-201574

Tabela 05 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Pré-Cambriano – 1º Semestre de 201580

Tabela 06 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Pré-Cambriano – 2º Semestre de 201583

Tabela 07 - Resultado da análise estatística descritiva classica para alguns parâmetros da qualidade de água do ASG entre 2013-201589

Tabela 08 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 201594

Tabela 09 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015105

Tabela 10 - Resultado da análise estatística descritiva classica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAG entre 2013-2015116

Tabela 11 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015121

Tabela 12 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 2º Semestre de 2015127

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 1º Semestre de 2015**Erro! Indicador não definido.**

Quadro 02 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 2º Semestre de 2015**Erro! Indicador não definido.**

Quadro 03 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Pré-Cambriano – 1º Semestre de 2015**Erro! Indicador não definido.**

Quadro 04 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Pré-Cambriano – 2º Semestre de 2015..... 82|

Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015**Erro! Indicador não definido.**

Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015**Erro! Indicador não definido.**

Quadro 07 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Guarani – 1º Semestre de 2015**Erro! Indicador não definido.**

Quadro 08 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Guarani – 2º Semestre de 2015**Erro! Indicador não definido.**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	RECURSOS HÍDRICOS	15
3.2	GESTÃO DAS ÁGUAS	16
3.3	A CETESB NO MONITORAMENTO DE ÁGUA	18
3.4	OS AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO	19
3.4.1	Aquífero Bauru	19
3.4.2	Aquífero Pré-Cambriano	25
3.4.3	Aquífero Serra Geral	28
3.4.4	Aquífero Guarani	30
3.5	PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	33
3.5.1	Alcalinidade Bicarbonato	34
3.5.2	Alumínio	34
3.5.3	Arsênio	35
3.5.4	Cloreto	35
3.5.5	Condutividade Elétrica	36
3.5.6	Dureza Total	36
3.5.7	Nitrogênio Nitrato	37
3.5.8	pH	38
3.5.9	Sólidos Dissolvidos Totais	38
3.5.10	Sólidos Totais	39
3.5.11	Temperatura	39
3.5.12	Bário	39
3.5.13	Boro	40
3.5.14	Cálcio	40

3.5.15	Chumbo	41
3.5.16	Cobre	41
3.5.17	Crômio Total	40
3.5.18	Estrôncio.....	40
3.5.19	Cobalto	41
3.5.20	Ferro	41
3.5.21	Lítio	43
3.5.22	Magnésio	44
3.5.23	Manganês	44
3.5.24	Níquel	45
3.5.25	Potássio	45
3.5.26	Sódio	45
3.5.27	Titânio	46
3.5.28	Urânio	46
3.5.29	Vanádio	47
3.5.30	Zinco	47
3.6	A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO E O ESTUDO DAS INTERAÇÕES DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	48
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS E ÁREA DE ESTUDO	50
4.2	ANÁLISE DE DADOS	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
5.1	AQUÍFERO BAURU	52
5.1.1	Análise descritiva Aquífero Bauru.....	52
5.1.2	Matriz de correlação e modelagem Aquífero Bauru	60
5.2	AQUÍFERO PRÉ-CAMBRIANO	74
5.2.1	Análise descritiva Aquífero Pré-Cambriano	74
5.2.2	Matriz de correlação Aquífero Pré-Cambriano	79
5.3	AQUÍFERO SERRA GERAL	89
5.3.1	Análise descritiva Aquífero Serra Geral	89
5.3.2	Matriz de correlação Aquífero Serra Geral	91
5.4	AQUÍFERO GUARANI.....	114
5.4.1	Análise descritiva Aquífero Guarani.....	114
5.4.2	Matriz de correlação Aquífero Guarani	119
6	CONCLUSÕES	134

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
APÊNDICE A - NOTA TÉCNICA/ARTIGO TÉCNICO.....	148

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a vida no planeta, afinal esta faz parte da manutenção dos ecossistemas e dos seres vivos. Além do abastecimento humano, a água faz parte do desenvolvimento dos seres humanos desde os primórdios de sua existência. Sua importância se dá também para a agricultura e a indústria, consistindo em setores que utilizam a água para seus avanços.

A partir do momento que a sociedade se desenvolve, os recursos naturais do planeta, como a água, são cada vez mais exigidos e a qualidade desta é questionável pelo fato de trazer malefícios acarretados pela poluição, onde um dos principais motivos causadores desta é a urbanização desenfreada.

Urbanização essa que muitas vezes exige o uso das águas subterrâneas para o abastecimento da sociedade, afinal ou a captação da água superficial não é possível ou não é suficiente. A água subterrânea em diversos casos corresponde à uma reserva estratégica e somente é utilizada quando a escassez hídrica se torna realidade, portanto sua gestão adequada é de extrema necessidade para a vida na Terra.

A gestão das águas sempre foi importante e para sua regulamentação oficial foi criada a lei das águas, equivalente à Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, constituindo a principal diretriz para a regulação dos recursos hídricos (BRASIL, 1997). O objetivo desta lei é estabelecer instrumentos para promover a disponibilidade de água, bem como a utilização racional e integrada dos recursos hídricos não só para a atual, mas também para as futuras gerações.

Já no estado de São Paulo, a Lei 7.663 de 30 de dezembro de 1991 estabelece as normas sobre a orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado (SÃO PAULO, 1991). Nesta lei estão em discussão os instrumentos utilizados para se realizar controle de poluição das águas no estado de São Paulo, bem como e a internalização de novos instrumentos legais (REIS, 1999).

As referidas leis tratam da importância das águas subterrâneas não só para o ser humano como indivíduo, mas para a sociedade em geral. Em diversos lugares do mundo, as águas superficiais são de difícil acesso e as águas subterrâneas apresentam um meio viável de captação dos recursos hídricos.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) opera desde 1990 e esta desenvolveu a Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, ao qual no ano de 2015 foram avaliados 288 pontos diferentes, contando poços tubulares e nascentes (CETESB, 2016).

O monitoramento e as análises de água nem sempre são de baixo custo e muitas vezes apresentam problemas técnicos que impedem a realização do monitoramento em uma rede de diversas coletas, como a CETESB. Porém muitos parâmetros podem apresentar interações e correlações com outros parâmetros, originando assim uma forma mais fácil e barata para se determiná-los.

Portanto, as correlações existentes entre os parâmetros de qualidade da água são de grande interesse acadêmico e profissional, afinal estes buscam prever e/ou estimar o comportamento da concentração de determinados parâmetros quando os mesmos, por algum motivo, não puderem ser mensurados.

Os dados gerados por esta pesquisa podem ser utilizados por diversos órgãos gestores de recursos hídricos, com as Câmaras Técnicas, ao qual possuem caráter consultivo e foram construídas para assessorar o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH – em suas atividades (SIGRH, 2015).

2 OBJETIVO

O presente estudo consistiu na análise das correlações lineares entre os parâmetros da qualidade das águas subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Bauru, Guarani, Serra Geral e Pré-Cambriano no território paulista entre os anos de 2013-2015.

Objetivo geral:

- Analisar os Aquíferos Bauru, Pré-Cambriano, Serra Geral e Guarani e consequentemente estudar seus parâmetros.
- Gerar modelos matemáticos buscando estimar parâmetros da água que estejam faltando em quaisquer destes aquíferos.

Objetivos específicos:

- Realizar um levantamento bibliográfico dos Aquíferos Bauru, Pré-Cambriano, Serra Geral e Guarani estudando seus aspectos gerais.
- Levantar e analisar estatisticamente os parâmetros de qualidade da água através de dados da CETESB.
- Manipular os dados, fazendo a análise descritiva, a correlação linear e a regressão, elaborando modelos através do gráfico de dispersão ao qual se possa estimar parâmetros de qualidade da água que por ventura possam faltar no próprio Aquífero.
- Realizar estudos comparando os dados obtidos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RECURSOS HÍDRICOS

A água é fundamental para a manutenção da vida no planeta Terra. Além do abastecimento dos seres vivos, a água gera energia, além de contribuir gigantescamente para a agricultura e para a indústria, esta possui valor tanto econômico quanto ambiental e social. Sendo assim, os recursos hídricos devem ser devidamente estudados e preservados.

Estudos mensuram que a quantidade de água disponível em nosso planeta, em suas diferentes formas e composições, permanece inalterada há 500 milhões de anos, sendo que a quantidade de água representa algo em torno de 1,386 bilhões de km³, ao qual 97,5% está presente nos oceanos e 2,5% é água doce (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006). A Figura 01 mostra a distribuição dos recursos hídricos em seus respectivos reservatórios.

Figura 1 - Distribuição de Água



Fonte: Hespanhol - Revista Brasileira de Recursos Hídricos (2006).

Apenas 0,3% da água doce é de fácil acesso, já que estas se encontram em rios e lagos. As demais se encontram em geleiras, águas subterrâneas etc. Mesmo a água existindo em grande quantidade, o grande problema é que em muitos casos parte desses recursos não apresentam uma qualidade satisfatória para seu consumo.

A água doce é tida como um recurso estratégico importante, afinal, apesar de possuir somente uma pequena porcentagem de água doce, a respectiva minúscula parcela que representa esta envolve diretamente a saúde humana e diversas outras atividades, como a produção de alimentos, produção de energia, transporte, desenvolvimento industrial, recreação, deposição de resíduos, turismo, etc (GLEICK, 1993; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

No Brasil, a agricultura representa aproximadamente 70% do consumo total da água, portanto exige-se atenção aos tomadores de decisão, afinal é uma quantidade bem expressiva (HESPANHOL, 2002). Já a indústria consome cerca de 22% da água do planeta (PENA, 2005) e segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), a quantidade e a qualidade da água utilizada nas indústrias depende de qual atividade a empresa exercerá.

Battrick (2005) diz que a população está susceptível à escassez e o aumento populacional contribui para esse agravante. O uso da água geralmente possui como finalidade o desenvolvimento econômico, porém pode ocasionar o crescimento das concentrações urbanas também.

O crescimento das concentrações urbanas nem sempre ocorre de forma organizada e isso pode impactar a qualidade da distribuição da água e do saneamento. É necessária uma abordagem de qualidade da engenharia de saneamento básico que seja bem planejada, projetada, implantada, operada e mantida (HELLER; PÁDUA, 2006), afinal a manutenção é tão importante quanto sua exímia execução.

A importância da água é inegável, especialmente as águas subterrâneas, armazenadas em reservatórios naturais, também chamadas de aquíferos. A poluição das águas subterrâneas é também uma questão de gestão, consistindo na administração humana, portanto não pode ser tratada separadamente de aspectos econômicos da água. As águas subterrâneas são detentoras de um valor estratégico para o abastecimento em todo território do Brasil (MARQUES, 2018a).

3.2 GESTÃO DAS ÁGUAS

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2018), a gestão das águas é um processo ao qual são estruturadas e organizadas

atividades que consideram ao mesmo tempo a participação social com a regulamentação pelo uso da água.

A gestão da água, por ser um bem de domínio público, fica a cargo da ANA, que toma conta deste recurso em âmbito nacional. Nos estados, existem gestores estaduais para exercer tal função. Estes fazem a regulação de acesso e promovem o uso múltiplo e sustentável da água, em prol das atuais e futuras gerações (ANA, 2018).

Segundo a ANA (2018), a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, cujo intuito é gerir os recursos hídricos no Brasil, é representada pela Lei 9433/1997 (BRASIL, 1997). A PNRH considera aspectos quantitativos e qualitativos da água, bem como as diferenças geográficas e socioeconômica das diversas regiões do país. A lei também engloba o planejamento de setores usuários e planejamentos regionais, estaduais e nacionais, fazendo ainda uma ligação com a gestão ambiental, o uso do solo, os sistemas estuarinos e as zonas costeiras.

Quando trata-se da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o sistema é bastante extenso e para apresentá-lo, agindo como diretriz, existem diversas legislações que cuidam e regem este âmbito.

Segundo a ANA (2016), a Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, esta estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SÃO PAULO, 1991).

A Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988 dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do estado de São Paulo, e dá outras providências, ao qual são consideradas interconexões entre as águas subterrâneas e superficiais e as interações observadas no ciclo hidrológico (SÃO PAULO, 1988).

E por fim, através do decreto nº 32.955 do Governo do Estado de São Paulo (1991), de 7 de fevereiro de 1991, regulamenta a Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988, ao qual dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1988).

Existem diversas leis que, tanto em escopo nacional quanto em escopo estadual, estruturam e regulamentam muito bem os recursos hídricos, afinal as águas, em especial as subterrâneas, são de extrema importância para o ciclo hidrológico.

O principal objetivo do hidrólogo de águas subterrâneas, engenheiro de recursos hídricos ou gestor e sua equipe de planejamento, que lida com sistemas de águas subterrâneas ou quaisquer recursos hídricos ao qual a água subterrânea, é o gerenciamento do sistema de águas subterrâneas, representando o maior desafio da profissão. Afinal, é exigida a tomada de várias decisões destinadas à modificar o estado de um sistema consolidado, acarretando em uma enorme importância e consequentemente uma grande responsabilidade para os envolvidos (BEAR, 1979).

Enquanto o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) atualmente regula a quantidade de água utilizada no Estado de São Paulo, a qualidade da água fica a cargo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

3.3 A CETESB NO MONITORAMENTO DE ÁGUA

A CETESB é a agência do Governo do estado de São Paulo responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição (CETESB, 2019). Sendo assim, a CETESB é responsável pelos licenciamentos ambientais de todo o estado. O licenciamento ambiental é um procedimento cujo poder público e sua representação se dá por meio dos órgãos ambientais, autorizando e acompanhando a implantação e operação de atividades que fazem uso dos recursos naturais, consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras (AMBSCIENCE, 2018).

Segundo a CETESB (2019), são monitoradas semestralmente águas de mais de 170 poços e nascentes dos mais variados aquíferos do estado, sendo que estes estão distribuídos entre as diversas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs. A CETESB analisa 40 parâmetros físicos, químicos e biológicos da água. A Bacia do Alto Tietê, correspondente à UGRHI 6, e o município de Paulínia, possuem um monitoramento mais sofisticado: Identificando substâncias orgânicas tóxicas. A Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas engloba grandes aquíferos como o Guarani, Bauru, Serra Geral, São Paulo, Taubaté, Tubarão e Pré-Cambriano. Os resultados destes monitoramentos são publicados em relatórios trienais.

A rede de monitoramento é formada em sua maioria por poços de abastecimento público, por isso existe a possibilidade de ocorrer intermitências, já que alguns poços podem ser desativados temporariamente para reparos. A maioria

das redes de monitoramento regionais e nacionais estão em fase operativa inicial e contém falhas. Por apresentar uma grande quantidade de pontos monitorados, tal fato dificulta um panorama amplo da qualidade das águas. Para melhorar o diagnóstico da qualidade das águas, é importante a atuação dos comitês de bacia realizando estudos e proporcionando um monitoramento contendo um detalhamento maior, tal como a integração das informações arranjadas pelas concessionárias e órgãos municipais que tomam conta do abastecimento público de água, assim como os órgãos gestores (MARQUES, 2018).

3.4 OS AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO

O estado de São Paulo possui uma grande variedade de aquíferos, cada um possuindo características peculiares. A Figura 02 a seguir apresenta os diferentes sistemas aquíferos no estado de São Paulo e sua abrangência aflorante.

3.4.1 Aquífero Bauru

O Sistema Aquífero Bauru (SAB) possui uma extensa área no território brasileiro. Se tratando do estado de São Paulo, o aquífero é responsável por quase metade de seu território (Figura 03). O SAB é classificado como um aquífero livre e semiconfinado, possuindo espessura média de 100 m (CAMPOS, 1993).

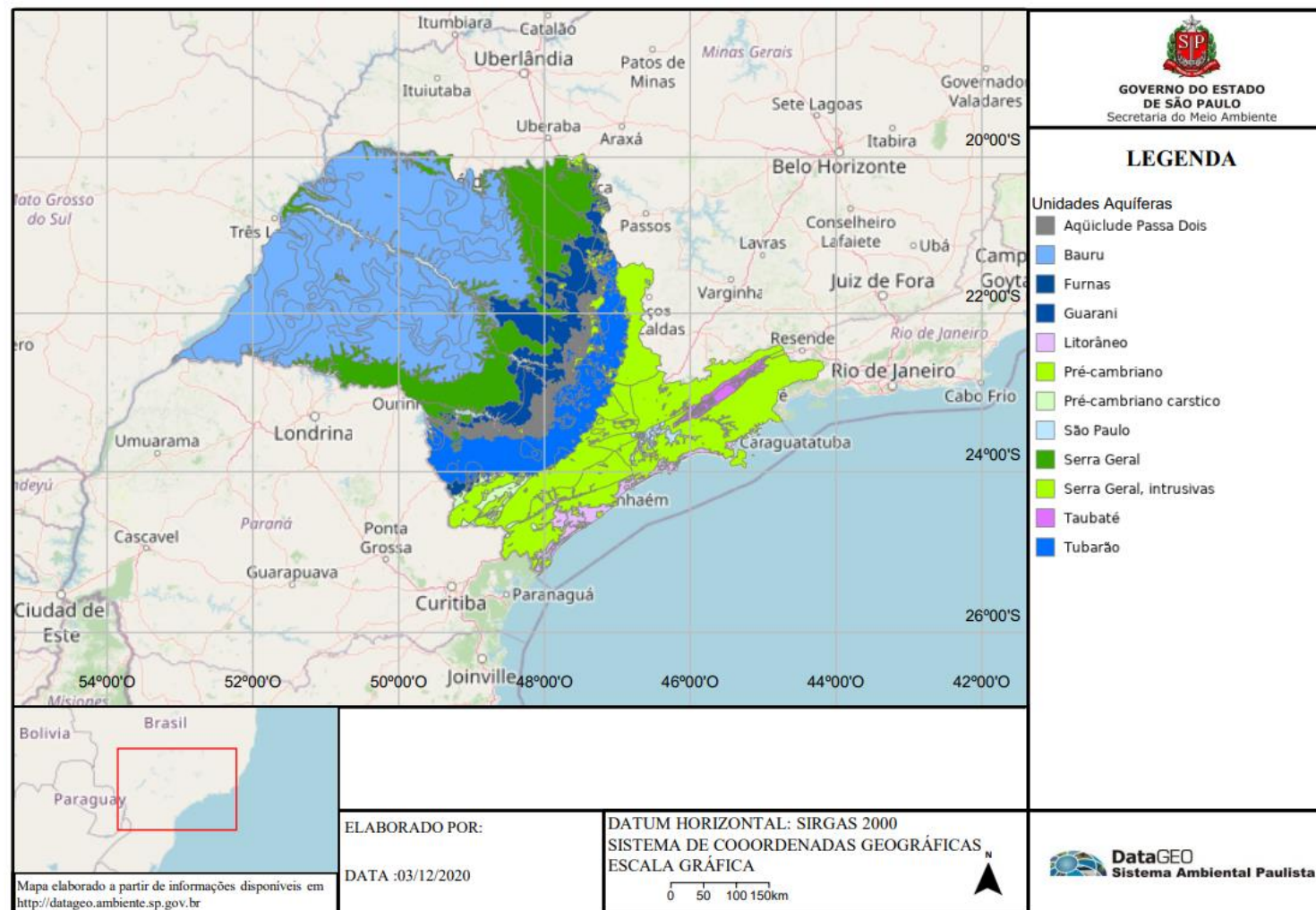
Sendo assim, o SAB possui seus limites a oeste e noroeste do rio Paraná, passando à sul do rio Paranapanema e indo até ao norte do rio Grande, ao qual possui áreas de afloramento da Formação Serra Geral na região leste (FERNANDES, 1998).

Se tratando de sua constituição geológica, o SAB possui rochas dos grupos Bauru e Caiuá, ao qual a sedimentação ocorreu em condições essencialmente desérticas e em condições de clima semiárido com presença de água, o que gera heterogeneidade litológica (CETESB, 2013).

No estado de São Paulo, o Sistema Aquífero Bauru fica localizado sobre a formação rochosa Serra Geral, com exceção a determinadas localizações, como nos municípios de Bauru e Agudos, onde cobre parcialmente as rochas das formações Botucatu e Pirambóia (SILVA, 2009). Segundo Barison (2003), a recarga do SAB

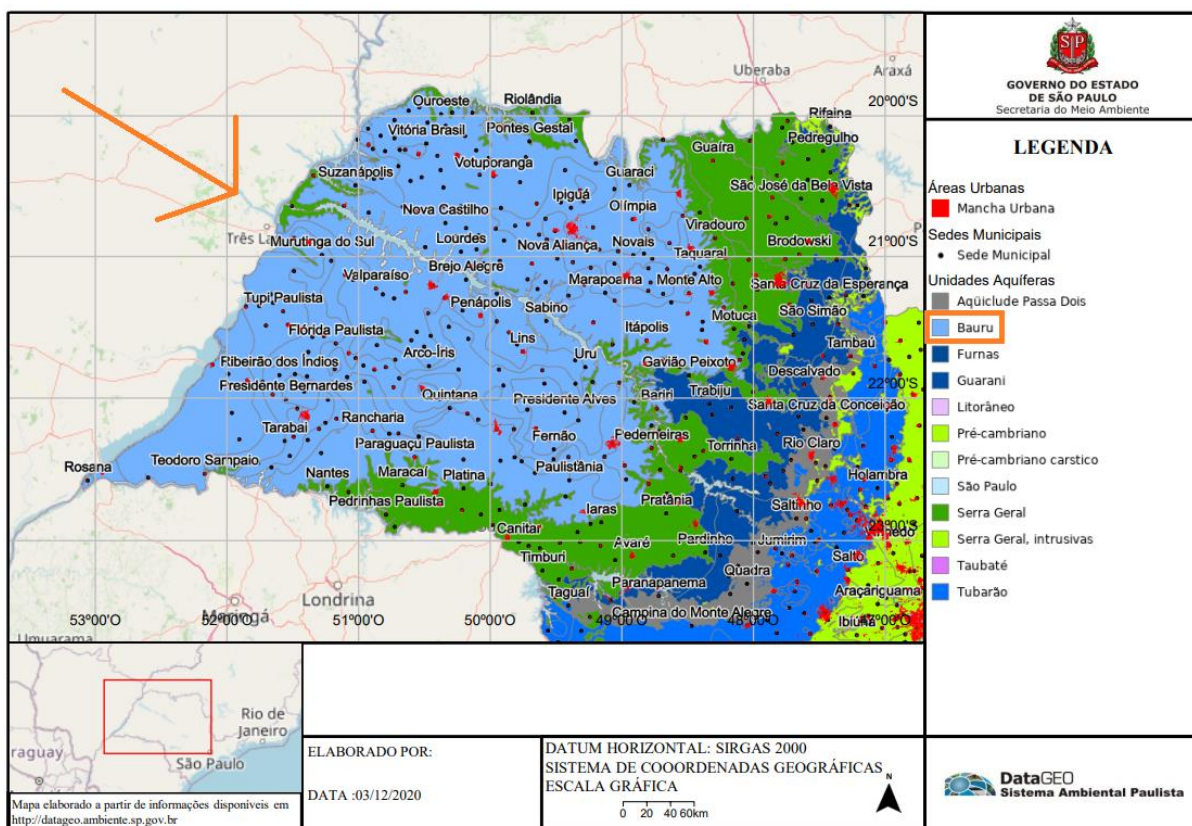
ocorre predominantemente por água pluvial, com direção de fluxo das águas subterrâneas no sentido dos principais rios, como o Aguapeí, Peixe, Turvo, Preto, São José dos Dourados, Santo Anastácio, Paraná, Paranapanema e Tietê (CAMPOS, 1987). De acordo com a CETESB (2013), devido à sua composição, o SAB é conhecido como unidade hidrológica sedimentar e permeável por porosidade granular.

Figura 02 – Localização da área de afloramento dos Principais Aquíferos do Estado de São Paulo



Fonte: DataGEO (2020).

Figura 03 – Localização da área de afloramento do Aquífero Bauru no Estado de São Paulo



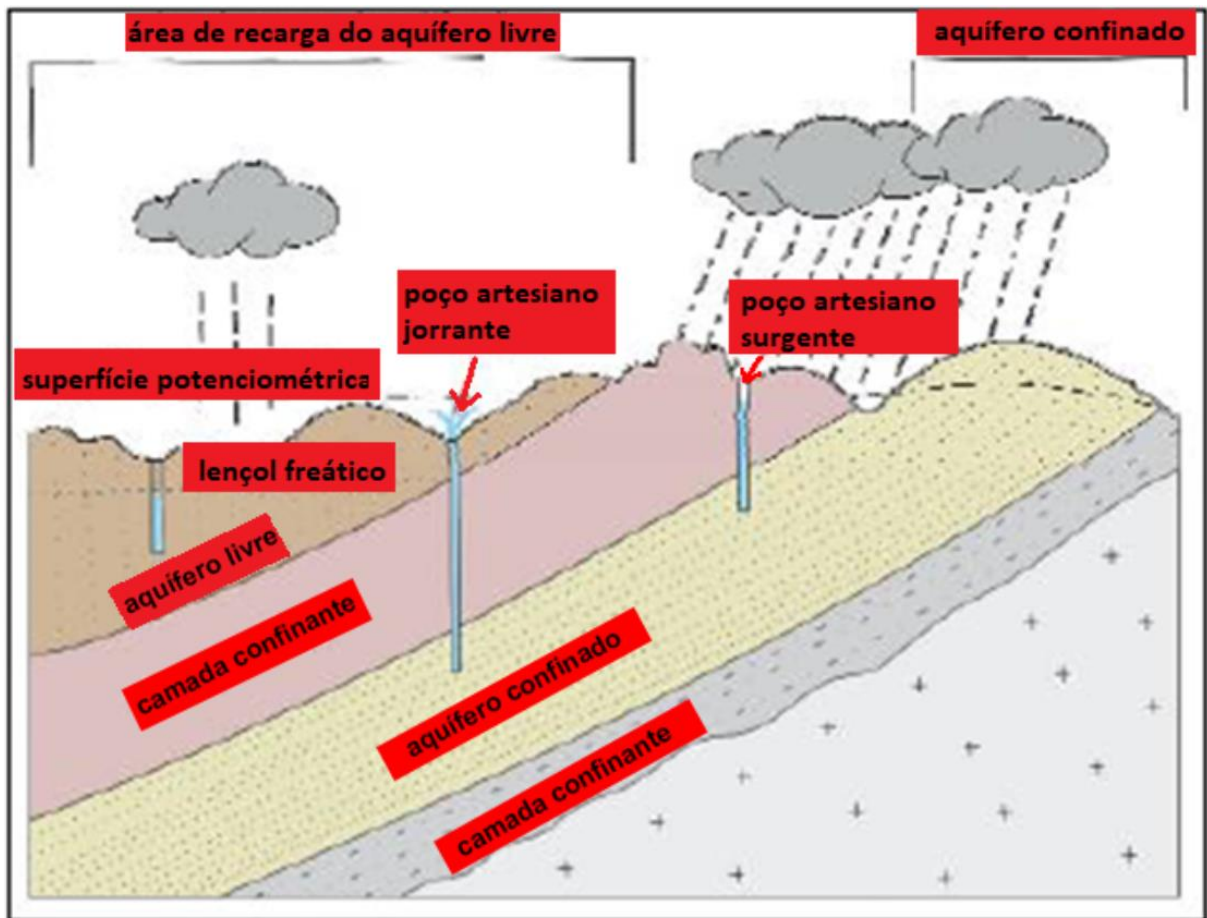
Fonte: DataGEO (2020).

As características hidráulicas do aquífero Bauru devem variar de acordo com os diferentes valores de porosidade e permeabilidade encontrados nas áreas (SILVA; KIANG; CAETANO-CHANG, 2003). Por ser predominantemente freático, no SAB a pressão d'água está em equilíbrio com a pressão atmosférica e sua porosidade varia nas camadas arenosas e nos arenitos calcíferos e siltosos de 5 a 15%. O lençol freático possui baixa profundidade, o que torna mais fácil a exploração de sua água (IRITANI; EZAKI, 2009). Entretanto, o fato de o aquífero ter baixa profundidade resulta em sua maior exposição para contaminação da água.

Segundo o DAEE (1976), o SAB é considerado moderadamente permeável porque possui uma elevada quantidade de material argiloso e siltooso em sua composição. Estas características hidráulicas permitem facilidade na sua exploração, com poços relativamente rasos: de 75 m a 125 m de profundidade.

A Figura 04 a seguir demonstra a área de recarga e abrangência do Aquífero Bauru.

Figura 04 – Áreas de recarga de aquíferos livres e confinados



Fonte: Iritani e Ezaki (2009).

As regiões administrativas de Araçatuba, Bauru e São José do Rio Preto possuem espessura saturada do aquífero variável entre 100 m e 150 m, variando segundo a morfologia da superfície e pelo substrato rochoso dos basaltos da formação Serra Geral (OLIVEIRA, 2002).

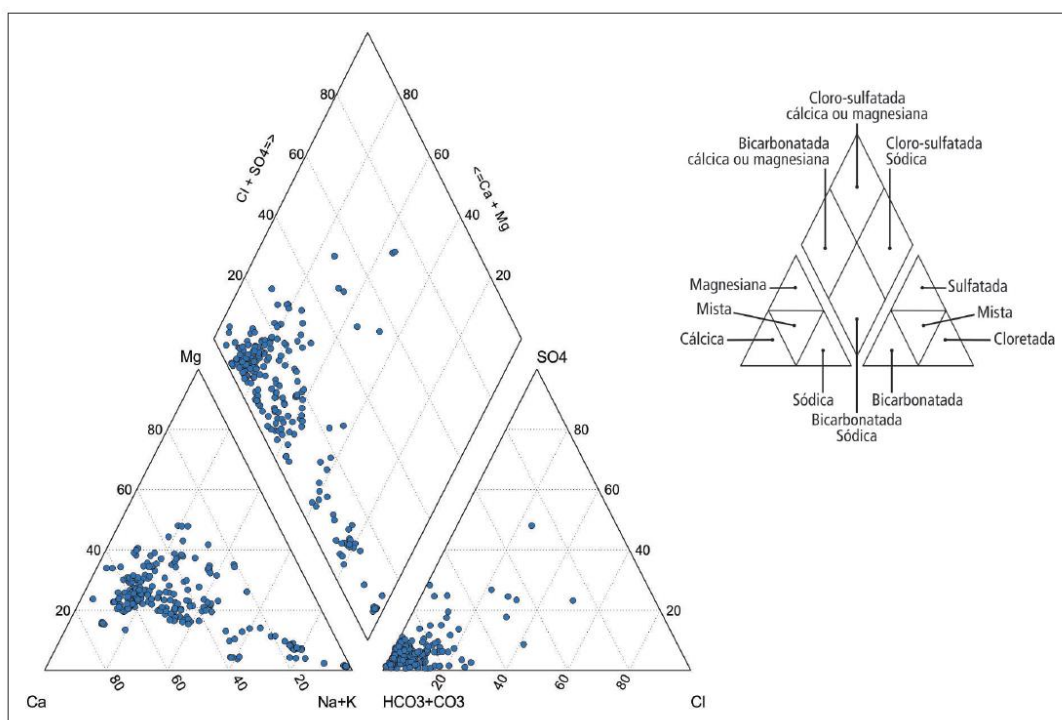
Segundo a classificação de Köppen, as características climáticas do Sistema Aquífero Bauru são predominantemente de clima tropical chuvoso, com inverno seco e com meses mais frios e temperatura média superior a 18 °C. Há pontos isolados em clima tropical chuvoso, com inverno seco onde o mês menos chuvoso tem precipitação inferior à 60 mm. Algumas pequenas partes ainda possuem clima tropical de altitude, com chuvas de verão, secas de inverno e com a temperatura média mais quente superior a 22 °C (CEPAGRI, 2018).

Levando em conta os aspectos hidrogeológicos, as três formações mais antigas do Grupo Bauru são: Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina. Portanto, devido à sua pluralidade de características, existe a necessidade do monitoramento

da qualidade das águas subterrâneas através dos órgãos responsáveis para a melhor gestão do aquífero.

As águas do Sistema Aquífero Bauru, de acordo Diagrama de Piper (Figura 05), são classificadas em dois tipos hidroquímicos: as bicarbonatadas cálcicas e calco-magnesianas, que são prevalentes; e as bicarbonatadas sódicas constituem fontes secundárias.

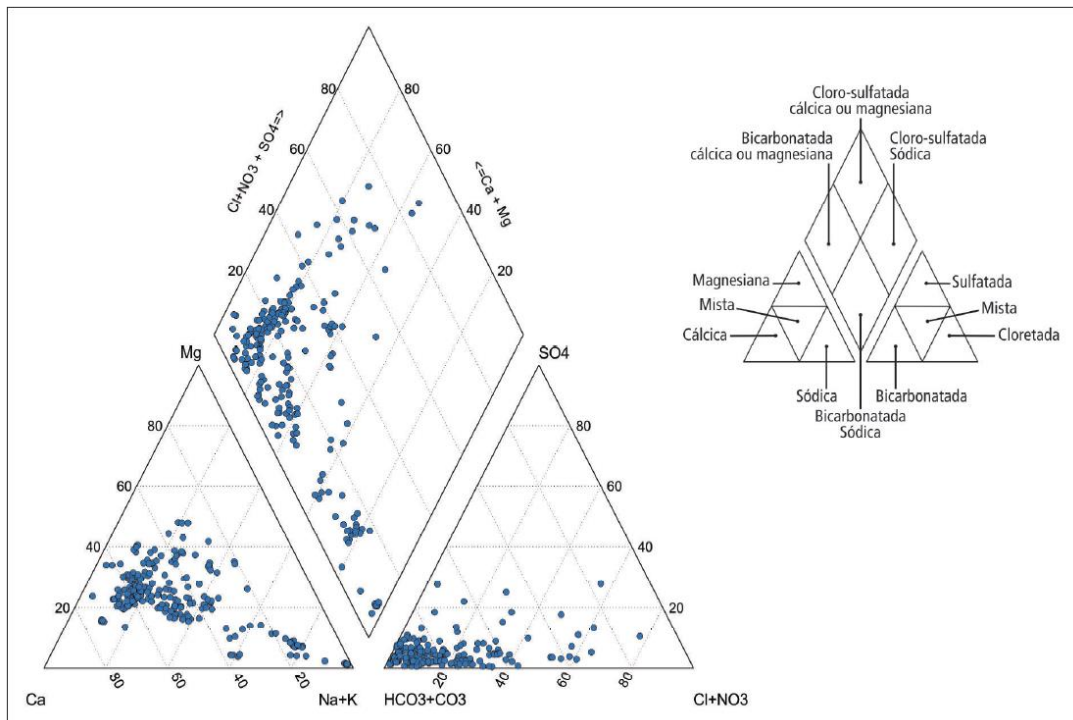
Figura 05 – Classificação das Águas do SAB, segundo o diagrama de Piper



Fonte: CETESB (2016).

Já a predominância de substâncias nestas águas são as bicarbonatadas cálcicas e calco-magnesianas. Observa-se que as elevadas concentrações de nitrato no aquífero, pela ação antrópica, foi desenvolvido o Diagrama de Piper (Figura 06), considerando que esta substância foi acrescentada ao cloreto. Devido a esta adaptação, algumas amostras são classificadas como cloro-nitratadas mistas (CETESB, 2016).

Figura 06 – Classificação das Águas do SAB, segundo o diagrama de Piper, considerando a presença de nitrato



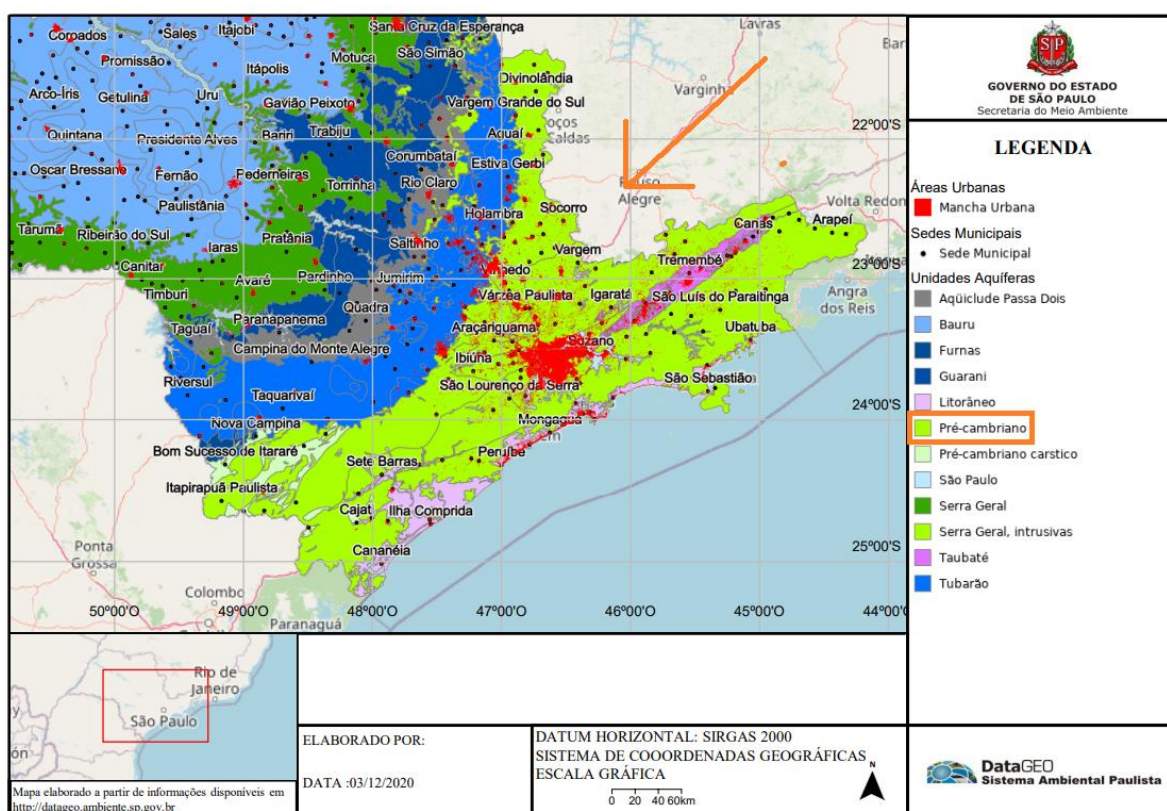
Fonte: CETESB (2016).

3.4.2 Aquífero Pré-Cambriano

O Sistema Aquífero Pré-Cambriano (Cristalino), também conhecido como SAC (Figura 07), é um aquífero fraturado que aflora na porção leste do Estado de São Paulo. Este recobre uma área de aproximadamente 57.000 km² e corresponde às UGRHIs 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 e 14, onde estão instalados grandes centros urbanos, como as regiões metropolitanas de São Paulo, Campinas e Sorocaba. Sua área de abrangência é a mesma de sua área de afloramento, onde esta limita-se apenas ao estado de São Paulo. O SAC tem como constituição rochas pré-cambrianas denominadas de ígneas e metamórficas, bem como granitos, gnaisses, mármore, filitos, xistos, etc (CETESB, 2016). Sua profundidade média consiste em 124 m (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2012). O aquífero Pré-Cambriano possui uma parcela de aquífero livre na Região Metropolitana de São Paulo, sendo utilizada para abastecimento de municípios menores das redondezas (IRITANI; EZAKI, 2009).

É ilimitado o potencial hídrico destas rochas frente às camadas de rochas alteradas e de zonas de fissura, ao qual proporcionam a percolação e acúmulo da água subterrânea. O resultado é uma enorme variação das condições de produção com valores extremos entre 0 e $50 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, com média de $7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (DAEE, 2005).

Figura 07 – Localização da área de afloramento e a abrangência do Aquífero Pré-Cambriano



Fonte: DataGEO (2020).

As águas do aquífero Pré-Cambriano são pouco salinizadas. São observados pontos com concentrações elevadas de sulfato, fluoreto e sódio no Aquífero Tubarão, como é o caso do município de Santo Antônio de Posse (CETESB, 2016).

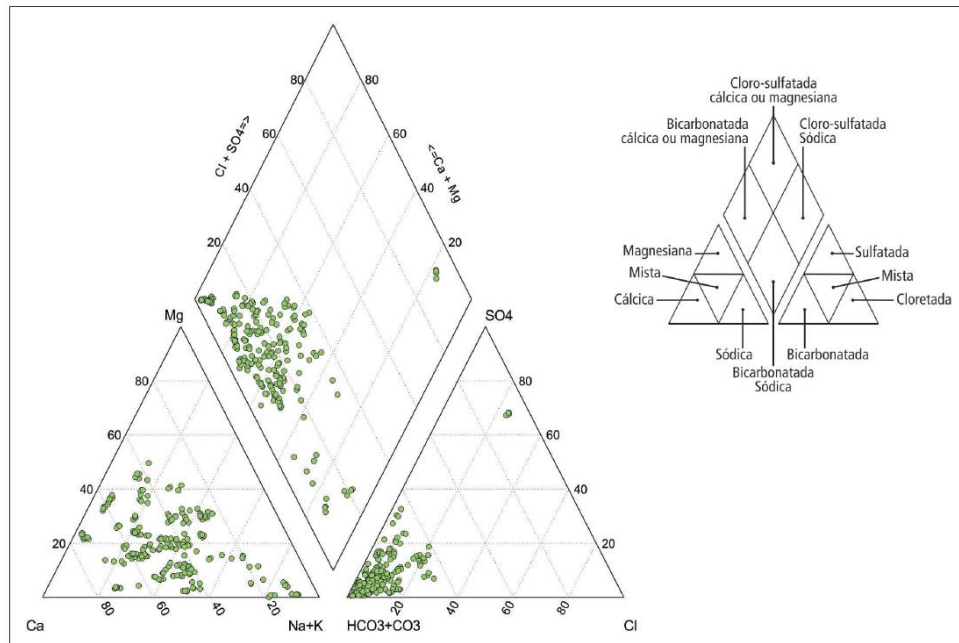
Como citado por Hypolito *et al.* (2010), geralmente essas concentrações podem ser atribuídas às suas características geológicas. Pode-se dizer os eventos tectônicos, eventos geológicos aos quais estabelecem a movimentação da crosta do planeta e que já interferiram esses maciços cristalinos e assim constituíram um sistema de falhas, fraturas e porções de rochas alteradas, gerando assim condições de percolação e acúmulo das águas subterrâneas, gerando um aquífero fraturado (CETESB, 2007a).

Considerando alguns parâmetros específicos no aquífero, existem poços que possuem uma maior quantidade de arsênio e estes estão localizados nos municípios de Biritiba Mirim, Cajamar, Itapira, Piedade e Poá. O maior valor de chumbo foi observado em 2013 para uma amostra vinda de Sete Barras. Entretanto, nos anos seguintes não foram observadas concentrações elevadas para esse parâmetro. Já o manganês também apresenta uma falta de conformidades nas amostras coletadas em Sete Barras. As não conformidades de urânio ocorreram em amostras coletadas no município de Piquete. Já o nitrogênio nitrato se encontra acima do valor de prevenção da CETESB, correspondendo a 5 mg L^{-1} , onde foram observadas em amostras vindas do poço localizado no município de Itapira (CETESB, 2016).

O aquífero Pré-Cambriano tem sua recarga natural através das chuvas, que escoam através das camadas de rochas alteradas e zonas fissuradas e assim é armazenada. Usualmente, a baixa transmissividade desse aquífero e a ausência de fluxos de água em escala regional, aliada à formação de unidades independentes, resulta um regime de escoamento próprio e então origina-se o escoamento básico de rios e riachos que drenam esses vales. Sendo assim, de um jeito parecido aos basaltos do oeste do estado, o potencial hídrico destas rochas se encontra refém da ocorrência dessas zonas favoráveis, gerando grande variação da vazão, que pode ser de 0 a $50 \text{ m}^3/\text{h}$, com uma média de $7 \text{ m}^3/\text{h}$ (CETESB, 2007a).

A Figura 08 mostra a grande presença de águas bicarbonatadas cálcicas e mistas e, conseqüentemente, bicarbonatadas sódicas no Aquífero Pré-Cambriano (CETESB, 2016).

Figura 08 – Classificação das águas do SAP, segundo o Diagrama de Piper



Fonte: CETESB (2016).

3.4.3 Aquífero Serra Geral

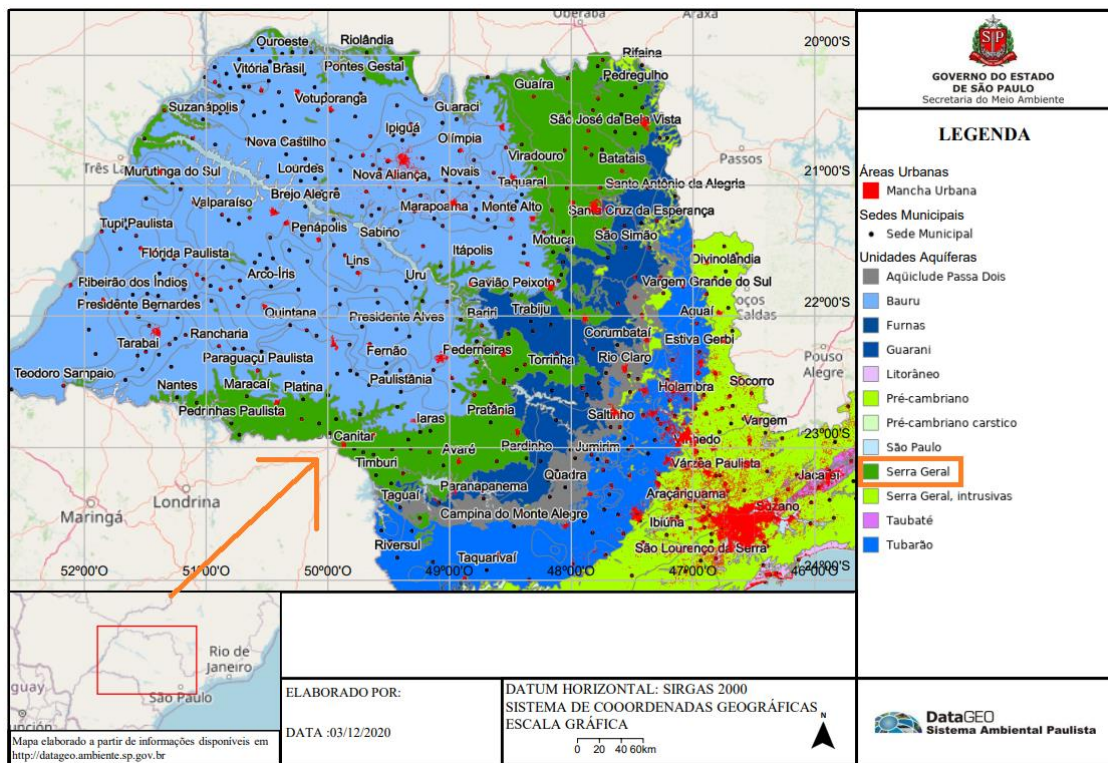
O Aquífero Serra Geral – ASG – possui em sua constituição uma hidrogeologia fraturada, composta por basaltos da formação Serra Geral, onde estes tiveram sua formação a partir de intensas atividades vulcânicas. O ASG é subjacente ao Aquífero Bauru e sobrepõe o Aquífero Guarani (CETESB, 2016).

Segundo o DAEE (2005), a área de afloramento do Aquífero Serra Geral corresponde a uma extensão cerca de 20.000 km² no estado de São Paulo, sendo que este estende-se por toda a região oeste e central do estado, localizado em camadas inferiores aos sedimentos do Grupo Bauru. Nesta região, encontram-se importantes municípios como Franca, Ourinhos, Ribeirão Preto, São Carlos, São Joaquim da Barra e Sertãozinho (Figura 09). A espessura deste varia poucos metros, ampliando para oeste até 1.000 m no estado. O aquífero possui uma recarga através da precipitação pluvial sobre solos basálticos, que atinge as zonas de alteração e fissuras da rocha matriz. Por apresentar uma espessura basáltica de 100 m, sua recarga é muito baixa pelas pequenas áreas de recarga (FERNANDES *et al.*, 2012). Considerando um aquífero fissurado, sua potencialidade possui relação com a densidade de fraturamento, grau de alteração dos horizontes vesiculares, sistemas de alimentação e inter-relação com outros aquíferos, não podendo ser

comparada pelos parâmetros característicos dos aquíferos granulares (DAEE, 2005).

Acrescenta-se que as características hidrodinâmicas do aquífero possui vazões que variam entre 0,08 a 50 m³/h e seu valor médio é 1 m³/h. Existe também uma enorme troca de águas com o aquífero Bauru, identificado acima, e no aquífero inferior deste sua constituição é composta por arenitos Botucatu e Pirambóia. Por fim, as principais saídas de drenagem desse aquífero basalto do aquífero são de rios (CETESB, 2007b).

Figura 09 – Localização da área de afloramento do Aquífero Serra Geral no estado de São Paulo



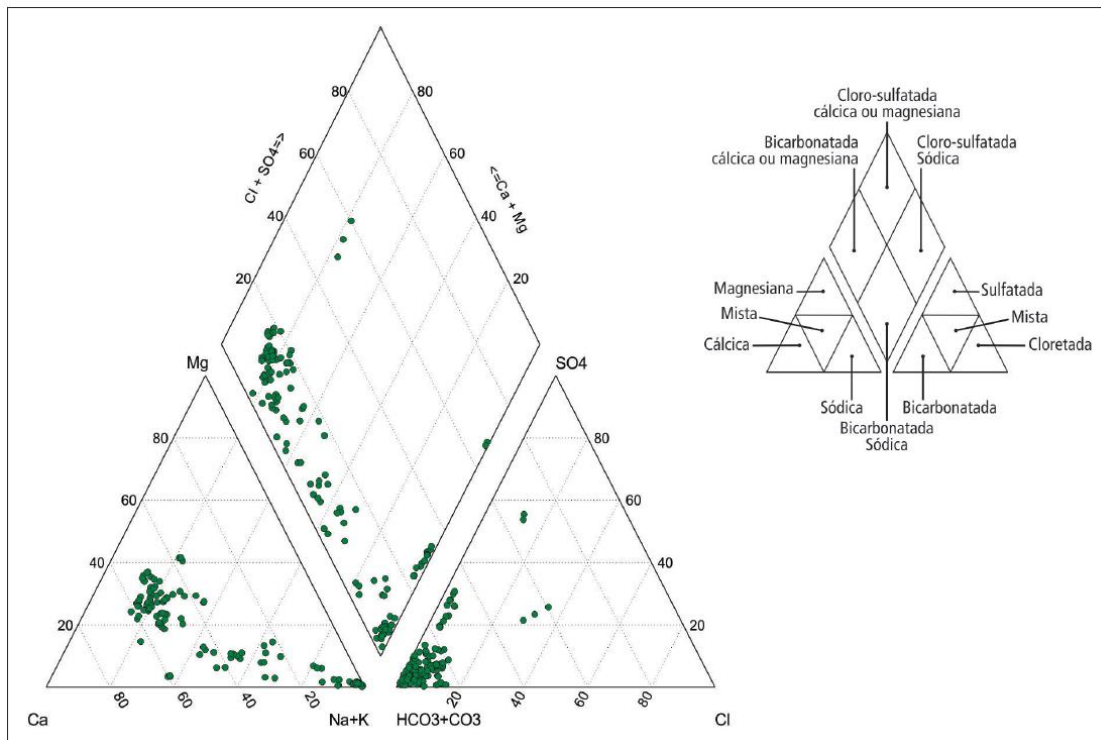
Fonte: DataGEO (2020).

Segundo a CETESB (2016), o Diagrama de Piper abaixo (Figura 10) indica que as águas desse aquífero são preponderantemente bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas e, posteriormente, bicarbonatadas sódicas.

Observando os elementos chumbo, crômio, ferro, fluoreto, sulfato e bactérias heterotróficas, as concentrações máximas ultrapassaram os valores máximos permitidos. As concentrações de nitrogênio nitrato estão acima do permitido da

CETESB (5 mg L^{-1}), relativas às amostras fornecidas por um único poço localizado no município de Miguelópolis (CETESB, 2016).

Figura 10 – Classificação das águas do Aquífero Serra Geral, segundo o Diagrama de Piper



Fonte: Cetesb – Informe 2013 a 2015 (2016).

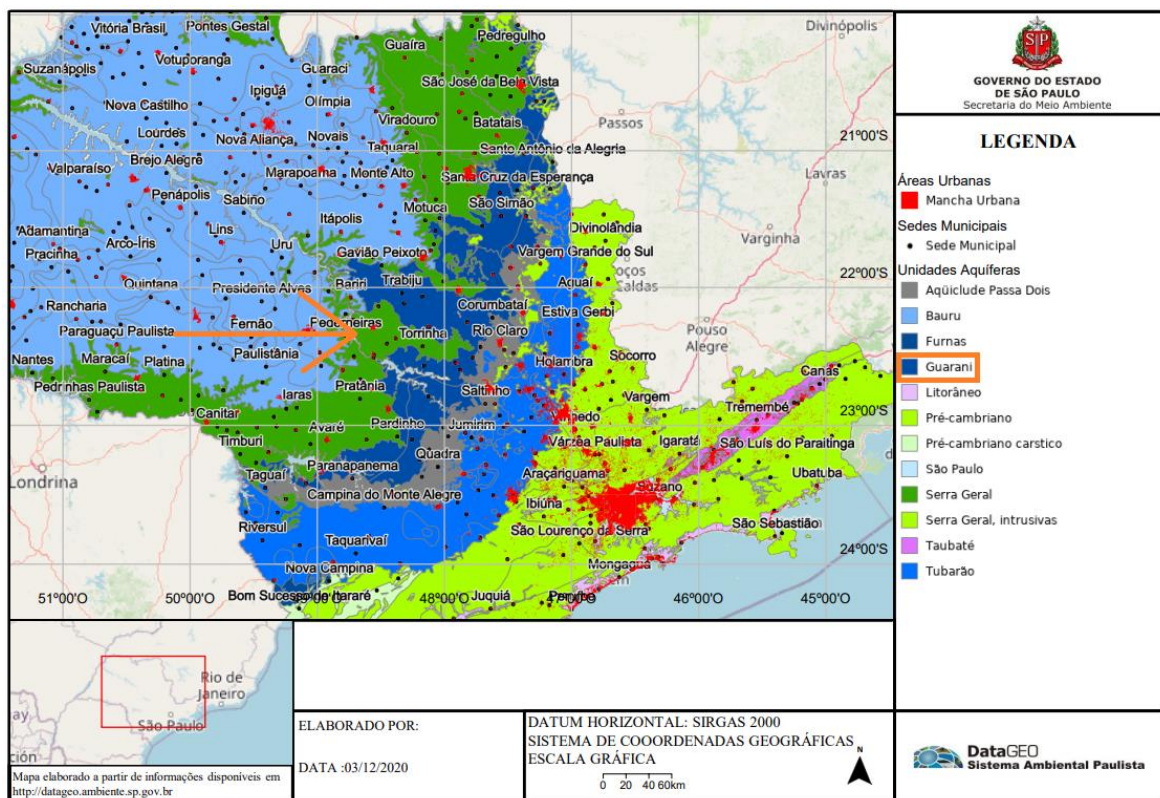
3.4.4 Aquífero Guarani

De acordo com a CETESB (2016), o Sistema Aquífero Guarani (SAG) corresponde ao maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo. Este se encontra na região centro-leste da América do Sul e envolve os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A profundidade média do aquífero Bauru é de 1.800 m (CPRM, 2007).

O aquífero corresponde a 76% do território do estado de São Paulo e este aflora cerca de 17.700 km², de Rifaina, ao norte, até Fartura, ao sul, atravessando a Região de Ribeirão Preto até Botucatu (IRITANI; EZAKI, 2009). Nesta porção aflorante (Figura 11), a espessura média atinge aproximadamente 100 metros. O aquífero possui como características de seu solo granular: Desde Homogêneo, regionalmente

livre até predominantemente confinado, composto por arenitos de granulação média à fina, depositados em ambiente flúvio-lacustre e eólico, e sua constituição é da formação pirambóia. O aquífero também possui arenitos eólicos da Formação Botucatu, com granulação de média à fina, muito bem selecionada e apresentando em sua maioria o formato esférico (CETESB, 2016).

Figura 11 – Localização da área de afloramento do Aquífero Guarani



Fonte: DataGEO (2018).

Segundo a CETESB (2016), a profundidade do afloramento varia aproximadamente de 100 m até mais de 400 m nas áreas centrais da bacia, onde as rochas sedimentares estão confinadas pelos derrames basálticos espessos da Formação Serra Geral. Geralmente a recarga do SAG ocorre nas áreas de afloramento, atravessadas pelos rios Tietê, Piracicaba, Mogi-Guaçu, Pardo e Paranapanema, além de outros de menor vazão, como os rios do Peixe e São José dos Dourados. As zonas de fissuras dos basaltos da Formação Serra Geral, que confinam o Guarani na parte oeste do estado, também contribuem para essa recarga.

O fluxo geral localiza-se à oeste e suas vazões exploráveis são de 20 a 40 m³ h⁻¹ e de 40 à 80 m³ h⁻¹ em sua parcela livre. Na parcela confinada, essas vazões aumentam de leste para oeste e apresentam valores de 80 a 120 m³ h⁻¹, 120 a 250 m³ h⁻¹ e 250 à 360 m³ h⁻¹, na parcela confinada (DAEE, 2005).

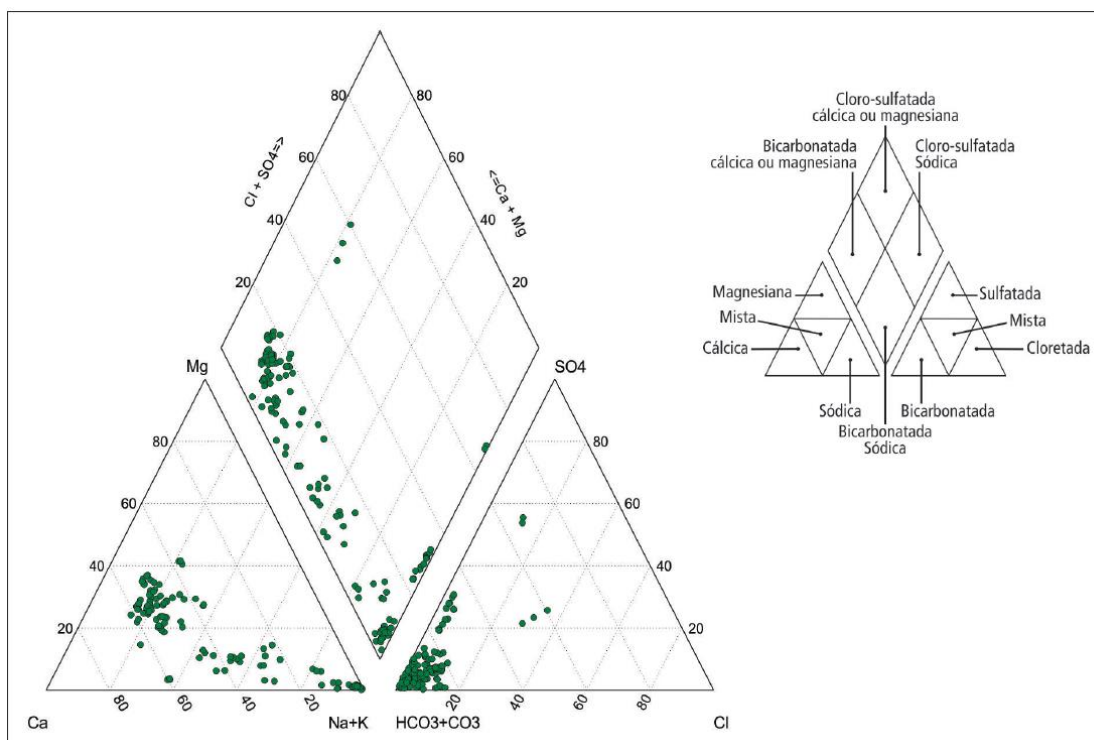
O aquífero Guarani, em suas porções superficiais, quando comparado aos demais aquíferos no Estado de São Paulo, em relação ao teor de sólidos dissolvidos totais, sugere águas pouco mineralizadas. Entretanto, as concentrações de sais costumam aumentar no sentido de fluxo das águas subterrâneas, desde as áreas de recarga até as porções confinadas e profundas. De acordo com a classificação proposta por Logan (1965), para avaliação da dureza das águas, o SAG se enquadra no grupo das águas moles, sendo localmente intermediárias.

Segundo a CETESB (2016), os valores de pH do SAG variam de 4,51 à 10,2 refletindo, em geral, seu caráter ácido nas porções livres ou superficiais e básico em suas porções mais confinadas ou profundas. A amplitude de variação da temperatura consiste em 21,3°C à 45,4°C, assim como o pH, que é resultado das diferentes profundidades de captação dos poços monitorados, atingindo seu valor máximo em profundidade superior à 1000 m. Geralmente o aquífero apresenta boa qualidade quanto aos seus constituintes inorgânicos, exceto pela presença pontual de alguns metais e ametais que ultrapassaram os padrões organolépticos de potabilidade (alumínio, ferro e manganês) e os padrões de risco à saúde humana (bário, selênio e vanádio).

Além disso, o íon nitrato também foi quantificado localmente acima do valor de prevenção (5 mg L⁻¹N-NO₃), porém estão abaixo do valor máximo permitido. Os padrões organolépticos foram ultrapassados para alumínio (200 µg L⁻¹), ferro (300 µg L⁻¹) e manganês (100 µg L⁻¹) em três poços, localizados nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHs - 4 e 8, em um total de 54 poços. Para os elementos bário, selênio e vanádio, as concentrações máximas determinadas ultrapassaram o Valor Máximo Permitido (VMP) estabelecido como bário = 700 µg L⁻¹, selênio = 10 µg L⁻¹ e vanádio = 50 µg L⁻¹, em três poços, situados nas UGRHs 13 e 15. O íon nitrato foi identificado em concentrações entre o Valor Permitido (10 mg L⁻¹), de acordo com a portaria da saúde nº 518/2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), e o VMP (5 a 10 mg N L⁻¹) em três poços, localizados nas UGRHs 10, 12 e 13, ao qual observa-se a influência antrópica (CETESB, 2016).

Quanto aos parâmetros microbiológicos, foram observadas desconformidades em algumas amostras, relacionadas à presença de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli*. A contagem de bactérias heterotróficas indicou sua presença acima do padrão de potabilidade em 500 UFC/mL (estabelecido pela portaria 518/2004) em três poços, localizados nas UGRHs 4 e 17. Os grupos de bactérias coliformes totais foram detectados em 20 amostras, coletadas em 14 poços, localizados nas UGRHs 4, 8, 9 e 13. A espécie *Escherichia coli* ocorreu em apenas dois poços, situados nas UGRHs 8 e 9. As águas do SAG, segundo o Diagrama de Piper (Figura 12), são classificadas predominantemente como bicarbonatadas cálcicas e, secundariamente, bicarbonatadas mistas e sódicas (CETESB, 2016).

Figura 12 – Classificação das águas do SAG, segundo o Diagrama de Piper



Fonte: Cetesb – Série Relatórios 2013 – 2015 (2016).

3.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água possui diversas funções, como o abastecimento humano, irrigação, indústria, lazer e etc. Se tratando de diferentes usos, diversas qualidades da água

são exigidas para cada atividade. Estes usos podem ser consuntivos e não consuntivos.

Segundo a Resolução nº 396 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), seu objetivo é garantir a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, assim englobando os parâmetros de qualidade da água (BRASIL, 2008).

A supracitada resolução do CONAMA define a quantidade máxima limite de cada parâmetro na água, avaliando seu estado de qualidade e potabilidade. Além dos valores dentro dos padrões de potabilidade do CONAMA, esta pesquisa considera os padrões de potabilidade portarias 518/2004 e a 888/2021 (ao qual altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, que é a antiga Portaria 2.914) do Ministério da Saúde, bem como a ANA.

3.5.1 Alcalinidade Bicarbonato

A alcalinidade é a capacidade da água em neutralizar ácidos. Geralmente esta pode ocorrer devido à elevada concentração de carbonatos, bicarbonatos ou hidróxidos. Estas podem também conter boratos, fosfatos e silicatos. Os bicarbonatos, o carbonato e em menor quantidade, os carbonatos - que são menos solúveis -, são dissolvidos na água por conta de seu escoamento pelo solo (MARQUES, 2018).

O Valor Máximo Permitido (VMP), consistindo em um parâmetro para potabilidade da água, para a alcalinidade em bicarbonato é 250 mg/L, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento (2005).

3.5.2 Alumínio

Na água destinada ao abastecimento público, é comum encontrar um resíduo de alumínio, presente na água de origem de captação devido ao uso frequente de coagulantes à base de sais de alumínio no tratamento. Embora seja um elemento onipresente, é o seu consumo na água que gera suspeitas se tratando dos efeitos que podem vir a impactar na saúde. Este resíduo de alumínio é objeto de inúmeros estudos científicos, uma vez que pode estar implicado em diversas doenças do foro neurológico. O alumínio é corriqueiramente associado à etiologia ou patogênese da

doença de Alzheimer, entretanto ainda não é possível associá-lo como elemento causal da doença (ROSALINO, 2011).

Geralmente a concentração de alumínio na água destinada ao consumo humano é controlada pela monitorização de diversos parâmetros ao longo das diversas fases do processo de tratamento. A presença de alumínio está relacionada com a turvação dessa mesma água, tal como os valores de alcalinidade (FREITAS *et al.*, 2001). O VMP do alumínio é 0,2mg/L segundo CONAMA (2005).

3.5.3 Arsênio

O arsênio está presente na natureza em diversas formas químicas, como em espécies orgânicas e inorgânicas, pela presença do arsênio em complexos biológicos, em processos químicos e algumas aplicações industriais, bem como a manufatura de certos vidros, fotocondutores, materiais semicondutores, etc. A flora e a fauna marinha possuem também compostos de arsênio, pois nas vias metabólicas o nitrogênio e o fósforo podem ser facilmente substituídos por ele. Compostos contendo arsênio são utilizados no tratamento de algumas doenças e o arsênio é encontrado nos herbicidas, inseticidas e desfolhantes na agricultura. O arsênio possui altos níveis de toxicidade e este é facilmente absorvido, tanto oralmente quanto por inalação, porém sua capacidade de absorção dependente da solubilidade do composto (BARRA, 2000).

De acordo com a portaria 518/2004, o Valor Máximo Permitido para potabilidade da água do arsênio é de 0,01 mg/L (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

3.5.4 Cloreto

De acordo com Fogaça (2013), os cloretos (Cl^-) são compostos iônicos que contêm o ânion Cl^- . O cloro é da família 17 ou a 7ª e seu número atômico é igual a 17, possuindo 7 elétrons na camada de valência (camada eletrônica mais externa do átomo). Segundo a regra do octeto, para ficar estável, ele precisa ter 8 elétrons nessa última camada e, portanto, precisa receber mais um elétron. Quando isso acontece, isto é, quando ele recebe um elétron, em geral, de uma ligação iônica com um metal, é formado o ânion cloreto (Cl^-), então o metal que cedeu o elétron torna-se um cátion e a substância formada é iônica.

Os cloretos são sais derivados da reação de uma base com o ácido clorídrico (HCl(aq)). A base fornece o cátion e o ácido clorídrico fornece o íon cloreto:

Os cloretos são todos classificados como sais inorgânicos, pois em meio aquoso liberam um cátion diferente de H^+ e liberam o ânion cloreto, e não a hidroxila, conhecido por OH^- (FOGAÇA, 2013). Assim, o VMP do cloreto é 250 mg/L segundo a portaria 518/2004.

3.5.5 Condutividade Elétrica

Marques (2018) diz que a condutividade elétrica é uma variável física ao qual é possível indicar a capacidade da água em conduzir corrente elétrica. A eletricidade depende das condições iônicas e da temperatura. A condutividade elétrica indica a quantidade de sais existentes na água, resultando em uma medida indireta da concentração de poluentes.

Através da condutividade, é passível de se obter uma boa indicação das modificações na composição da água, principalmente na sua concentração mineral, entretanto não provém nenhuma indicação das quantidades relativas dos inúmeros componentes. Quanto mais sólidos são adicionados, mais a condutividade elétrica aumenta e grandes valores podem indicar que a água está corrosiva (CETESB, 2015).

Segundo Pádua e Ferreira (2006), obtendo a condutividade elétrica, é passível estimar de modo rápido a quantidade de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) presentes na água. De acordo com WHO (1996), a maioria da água doce possui condutividade entre 10 e 1.000 $\mu\text{S/cm}$, entretanto este valor pode ser ultrapassado, especialmente se as águas estiverem poluídas ou receberem elevadas quantidades de água de escoamento. Já o limite da condutividade elétrica de acordo com Waffa *et al.* (2008) é 250 $\mu\text{S/cm}$.

3.5.6 Dureza Total

Segundo Sawyer *et al.* (2000), a dureza total consiste na extinção da espuma derivada do sabão, e estes são transformados em complexos insolúveis. Há quatro compostos que conferem dureza às águas, que são:

- Bicarbonato de cálcio;

- Bicarbonato de magnésio;
- Sulfato de cálcio;
- Sulfato de magnésio;

As águas podem ser classificadas em níveis de dureza, que são:

- Mole (0 a 75 mg/L);
- Moderadamente dura (75 a 150 mg/L);
- Dura (150 a 300 mg/L);
- Muito dura (acima de 300 mg/L).

A água transitando pelo solo é a principal responsável pela dureza, afinal acarreta na dissolução de rocha calcária pelo gás carbônico que se encontra nas águas (CETESB, 2015).

Por isso é comum encontrar águas subterrâneas com durezas mais elevadas do que águas superficiais. Segundo a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), o VMP – Valor Máximo Permitido – para dureza é de 500 mg/L.

3.5.7 Nitrogênio Nitrato

O nitrogênio está presente na água por diversas formas, como:

- Nitrogênio orgânico;
- Amoniacal;
- Nitrito;
- Nitrato.

O nitrogênio orgânico e o amoniacal são formas reduzidas e geralmente estes são encontrados em esgotos sanitários, efluentes industriais e do carreamento de solos fertilizados. Entretanto, o nitrogênio nitrito e o nitrato são formas oxidadas e são dependentes da fixação química que ocorrem nas águas, proveniente da presença de luz (CETESB, 2015).

O nitrogênio nitrato (NO_3^-) é relativo à última etapa de degradação da poluição orgânica pela relação entre as formas de nitrogênio, isto é, consiste em um indicador de zona de águas limpas. Todavia, os nitratos são tóxicos e podem causar metahemoglobinemia infantil. A Portaria nº 888 do Ministério da Saúde define 10 mg/L sendo seu valor máximo permitido (BRASIL, 2021).

3.5.8 pH

Para Esteves (1998), o pH tem sua importância nos ecossistemas aquáticos naturais devido aos seus efeitos na fisiologia de diversas espécies. Para conservar a vida aquática, o pH ideal deve variar entre 6,0 e 9,5, segundo a Portaria nº 888 (2021).

De acordo com Maier (1987), é possível que ocorra uma pequena diminuição no pH e a causa deste fato pode ser o aumento no teor de matéria orgânica, o que resulta em uma queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água.

O aumento das chuvas faz o pH tender a aumentar e aproximar-se da neutralidade porque causa uma maior diluição dos compostos dissolvidos e os escoamentos tornam-se mais rápido. O volume d'água traz essa consequência, onde a acidez da água diminui (CARVALHO *et al.*, 2000).

Esteves (1998) comenta que na maioria das águas naturais, o pH é influenciado pela concentração de H^+ provenientes da dissociação do ácido carbônico, que acarreta em valores baixos de pH e das reações de íons carbonato e bicarbonato com as moléculas de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina. Ainda que estas moléculas interrelacionam-se, as variáveis físico-químicas podem ser influenciadas no meio externo, como é o caso da ocorrência de precipitação.

3.5.9 Sólidos Dissolvidos Totais

Se houver algum tipo de impureza na água, com exceção aos gases dissolvidos, tal fato é considerado carga de sólidos. Os sólidos são classificados de acordo com o tamanho das partículas e suas características químicas. Os sólidos totais são subdivididos em: suspensos e dissolvidos. Os Sólidos Totais Dissolvidos – STD – em excesso na água podem ocasionar alterações de paladar e gerar corrosão (PÁDUA; FERREIRA, 2006).

Para o consumo humano, a Portaria nº 888/2021 estabelece o valor máximo permitido de 1.000 mg/L para STD na água potável.

3.5.10 Sólidos Totais

De acordo com Lougon (2011), os sólidos totais são resíduos presentes na água e estes podem provocar impacto ambiental. Os sólidos agem de maneira indireta, porém nociva na vida aquática, pois podem impedir a penetração da luz, induzindo o aquecimento da água e diminuir a quantidade de oxigênio dissolvido, segundo o CONAMA (BRASIL, 2009).

Portanto, o valor máximo permitido para sólidos totais, segundo a portaria 888/2021 é de 1.000 mg/L.

3.5.11 Temperatura

Como cita Marques (2018), a água sofre diversas variações sazonais diárias na natureza e também estratificação vertical. A temperatura está relacionada com diversos fatores, como a localização, a época do ano ou o dia, o movimento da água, latitude, altitude e profundidade. A poluição, como despejos industriais e lixo atirados pela população, também pode elevar a temperatura da água.

A temperatura é muito importante no meio aquático porque é responsável por uma infinidade de variáveis físico-químicas. Normalmente, quando a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a condutividade térmica e a pressão de vapor também aumentam (MARQUES, 2018).

Já a tensão superficial, viscosidade, compressibilidade, constante de ionização, calor específico e calor latente de vaporização diminuem (CETESB, 2015).

Altas temperaturas da água aumentam o potencial de crescimento de microrganismos no sistema de distribuição e podem gerar sensação de gosto, cor, odor e até corrosão (PÁDUA; FERREIRA, 2006).

3.5.12 Bário

O bário (Ba) não é um elemento imprescindível para a vida humana. De acordo com Héller e Pádua (2006), caso o ser humano ingerir água contendo bário, isso pode ocasionar o estímulo dos sistemas neuromuscular e cardiovascular,

acarretando e, uma hipertensão. Os efluentes de mineração são as principais fontes de contaminação deste elemento.

Como cita a CETESB (2016), o bário pode ser encontrado em algumas fontes minerais em concentrações entre 0,7 e 900 µg/L. O valor máximo permitido de bário na água potável consiste em 0,7 mg/L (BRASIL, 2011).

3.5.13 Boro

O elemento boro se relaciona à muitos processos fisiológicos das plantas que foram afetadas pela carência deste, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, metabolismo de AIA, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática.

Dentre as diversas funções do boro, duas são as principais: síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK; RÖMHELD, 1997). Seu VMP é 0,5 mg/L segundo a resolução CONAMA 357.

3.5.14 Cálcio

O íon cálcio (Ca) é um cátion geralmente presente em concentrações maiores em água doce. Algumas fontes comuns desse mineral são: $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ - gesso, $CaMg(CO_3)_2$ – dolomita - e $CaCO_3$ - calcita e aragonita (MARQUES, 2018).

Os íons minerais de cálcio (Ca^{+2}), ligados aos de magnésio (Mg^{+2}) e dissolvidos correspondem à dureza da água. Quanto mais elevada sua quantidade, maior será a dureza. É preciso tomar cuidado porque essa água contendo cálcio pode acarretar inúmeros problemas, tanto para a saúde da população quanto para o uso industrial (MARQUES, 2018).

De acordo com a portaria nº 26 de 1999, a água utilizada para elaboração de algum produto deve atender normas de potabilidade da água e a cada 200 ml do produto, poderá ser adicionado no máximo 50 mg de cálcio.

3.5.15 Chumbo

O chumbo (Pb) é um dos elementos contaminantes mais comuns no meio ambiente, é tóxico para os homens e animais e não possui nenhuma função fisiológica quando está no organismo. Este pode prejudicar seriamente o corpo humano, pois é capaz de afetar quase todos os órgãos. Geralmente o chumbo adentra ao corpo por inalação ou ingestão e é diretamente absorvido, distribuído e excretado. Aproximadamente 90% do chumbo corpóreo se armazena nos ossos, consistindo no principal depósito do metal no corpo.

Cerca de 5% da concentração do chumbo no sangue se encontra no plasma. As principais formas de excretar o chumbo absorvido consistem na urina e fezes (MOREIRA, 2004). Segundo a portaria 518/2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), o VMP do chumbo é 0,1 mg/L.

3.5.16 Cobre

O cobre (Cu) é encontrado na natureza, geralmente nos minerais calcocita, malaquita e calcopirita. O elemento também se encontra na constituição da turquesa. O cobre consiste em um metal dúctil, maleável e de coloração avermelhada (RODRIGUES *et al.*, 2012).

Segundo a portaria 518/2004, o Valor Máximo Permitido para a potabilidade humana para o cobre é de 2 mg/L.

3.5.17 Crômio Total

O crômio (Cr), Cromo é um elemento bioativo que se encontra no organismo em pequenas quantidades, entretanto este é responsável por funções importantes, principalmente realizando o metabolismo com a glicose. Todavia, quando presente em grandes concentrações elevadas e especialmente em estado de oxidação diferente de 3, é potencialmente nocivo à saúde e ao equilíbrio ambiental (NRIAGU e NIEBOER, 1988).

Por causa do efeito tóxico do cromo hexavalente, os níveis máximos em que o ser humano pode ser exposto são pequenos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) limita a Concentração total de cromo na água potável à 0,05 mg/L (WHO,

2003). Afim de diminuir o problema de contaminação ocasionado pelo cromo hexavalente e para proteger a saúde pública, é de extrema importância aplicar um tratamento às águas residuais contaminadas com metais. Porém, tecnologias para esses tratamentos acarretam grandes quantidades de lama com produtos químicos e estas precisam ser reunidas e descartadas de uma forma correta para não prejudicar o meio ambiente. (ÁLVAREZ *et al.*, 2007; CHEN *et al.*, 2007). O VMP do cromo segundo a resolução CONAMA 357 (2005) é 0,05 mg/L.

3.5.18 Estrôncio

O elemento químico estrôncio (Sr) integra o grupo dos metais alcalinos terrosos, que substitui o Cálcio (Ca), de forma restrita, em minerais como plagioclásio, carbonato de cálcio e apatita. O estrôncio é encontrado em águas naturais e em diversas quantidades. A composição isotópica do estrôncio nas águas naturais varia e depende da idade e da razão Rubídio/Estrôncio das rochas, onde estas águas escoam ou percolam. Existe a possibilidade da solubilidade relativa dos diferentes minerais, ao qual tais minerais podem estar em contato com esta água (BORDALO; MOURA; SCHELLER, 2007). O máximo de estrôncio ingerido diário é de 0,8 à 5,0 mg diariamente (BASTOS, 2009).

3.5.19 Cobalto

Como citam Alves e Della Rosa (2003), o cobalto (Co), quando se encontra na forma de óxidos, é utilizado como catalisador na indústria química e de óleos, e quando se está na forma de sais, a indústria de cerâmica o utiliza como pigmento. Existem diversos efeitos tóxicos perceptíveis quando diferentes compostos de cobalto estão nos pulmões, como forma de asma brônquica e fibrose.

Segundo Marcondes e Caires (2005), as fontes principais de cobalto são o cloreto, o nitrato de cobalto e o sulfato. São encontrados no mercado diversos produtos comerciais que contém molibdênio (Mo) e cobalto em concentrações variáveis, geralmente na seguinte proporção: 10 de Mo para 1 de Co. Segundo a portaria 518/2004, o VMP do cobalto é 0,05 mg/L.

3.5.20 Ferro

Segundo Duarte (2019), se forem avaliados os oito elementos químicos em maior quantidade na crosta terrestre, o ferro (Fe) se encontra em quarto lugar, possuindo 5% de massa. O ferro é um elemento ubíquo na crosta terrestre. É possível encontrar o ferro em grandes jazidas, na forma de minerais com teores que variam em grandes quantidades. O ferro possui diversas propriedades químicas e físicas, tornando-o importante por inúmeros motivos: No ambiente mineral, em processos químicos e físicos e em sistemas biológicos.

Como cita Custódio e Llamas (1983), é possível encontrar o ferro em quase todos os tipos de água, contudo, quando sua quantidade supera 0,5 ppm, a água apresenta cor, odor e sabor. Segundo Driscoll (1987), é importante que a água ofertada para a população apresente baixas quantidades de ferro dissolvido, afim de não prejudicar os consumidores. A existência de ferro na água pode implicar na sua precipitação nos filtros e/ou no pré-filtro de poços, reduzindo a eficiência destes. De acordo com a portaria 518/2004, o VMP do ferro é 0,3 mg/L.

3.5.21 Lítio

Segundo Neves (2015), o lítio (Li) consiste em um elemento alcalino e graças ao seu elevado potencial eletroquímico, é utilizado como um ânodo para as baterias elétricas, às quais normalmente são descartadas em lixões ou aterros sanitários.

O lítio apresenta forte relação com a saúde dos seres, como a recomendação para o tratamento da gota (que demonstra ser ineficaz) e sua aplicação para o tratamento de doenças do foro mental, sob a forma de carbonato (Li_2CO_3) e em doses terapêuticas diárias de 600 à 1200 mg. Contudo, nos últimos anos vem surgido diversos estudos que sugerem que a ingestão de Li em pequenas doses, como as que se encontram na água de consumo, poderão fornecer benefícios para a saúde mental da sociedade como um todo (NEVES *et al.*, 2015). De acordo com a resolução CONAMA 357, o VMP do lítio é 2,5 mg/L.

3.5.22 Magnésio

De acordo com Marques (2018), o magnésio (Mg) é encontrado em águas naturais e representa o principal responsável pela dureza da água, bem como o cálcio. O magnésio tem origem principalmente da ação de intempéries em rochas que possuem minerais com ferromagnésio ou carbonatados. O magnésio surge em vários compostos organometálicos e na matéria orgânica, afinal é um elemento essencial para os organismos vivos. As concentrações naturais de magnésio em águas doces podem variar de 1 até 100 mg/L, de acordo com os tipos de rochas dentro da bacia. Apesar de o magnésio ser utilizado em diversos processos industriais, o magnésio auxilia relativamente pouco para o magnésio total de águas superficiais (WHO, 1996).

Segundo a portaria nº 26 de 1999, a água utilizada para elaboração de algum produto deve atender normas de potabilidade da água e a cada 200 ml do produto, poderá ser adicionado no máximo 20 mg de magnésio.

3.5.23 Manganês

O manganês (Mn) é encontrado na natureza junto com outros elementos e assim são formados os minerais, geralmente os óxidos. Por mais que esteja espalhado nas rochas, não há conhecimento de sua forma metálica. São catalogados mais de cem minerais de manganês, porém, uma quantidade um pouco maior que uma dezena constituem minerais de minério. Normalmente estes estão presentes na natureza nas formas de óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos (HAROLD e TAYLOR, 1994).

Segundo Mártires e Santana (2007), o manganês possui diversas aplicações: É um componente fundamental em outras ligas metálicas, principalmente com o ferro na produção de aço. O manganês é utilizado com outros metais na produção de diversas ligas, como: cobre, estanho, zinco, alumínio e chumbo. De acordo com a portaria 518/2004, o VMP do manganês é 0,1 mg/L.

3.5.24 Níquel

O níquel (Ni) é o 24º metal em maior quantidade na crosta terrestre. As fontes mais relevantes de níquel são os minérios na forma de sulfeto de níquel. O processamento desse mineral, bem como a produção e uso do níquel, vem causando contaminação ambiental (MCGRATH e SMITH, 1990). A aplicação mais utilizada do níquel é a produção de ligas, como na indústria de galvanoplastia, fabricação de baterias (baterias de Ni-Cd), catalizadores, produtos de petróleo e pigmentos (MOORE; RAMAMOORTHY, 1984).

Segundo a resolução CONAMA 357 (2005), o Valor Máximo Permitido para o níquel em águas doces e águas salinas é de 0,025 mg/L.

3.5.25 Potássio

O potássio (K) não é encontrado em grandes quantidades em águas naturais. Isto acontece acerca da alta resistência às intempéries das rochas que apresentam potássio em sua composição. Entretanto, sais de potássio são usados na indústria e em fertilizantes de uso agrícola, causando um aumento da presença deste mineral devido à descargas de efluentes industriais e agrícolas. O potássio é comumente encontrado na forma iônica e os seus sais são altamente solúveis. O potássio é pronto para ser incorporado em estruturas minerais e acumulado pela biota aquática porque é um elemento nutricional essencial. As concentrações em águas naturais são em sua maioria menores que 10 mg/L. Valores da ordem de grandeza de 100 e 25.000 mg/L podem indicar a ocorrência de fontes quentes e salmouras, respectivamente (CETESB, 2015).

De acordo com a portaria nº 26 de 1999, a água utilizada para elaboração de algum produto deve atender normas de potabilidade da água e a cada 200 ml do produto, poderá ser adicionado no máximo 175 mg de potássio.

3.5.26 Sódio

O sódio (Na) está presente em certas quantidades em todas as águas minerais porque é um dos elementos mais abundantes na Terra, sendo composto por sais altamente solúveis em água. A concentração do sódio varia conforme o

lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais. Observa-se que alguns países usam sais em rodovias para controlar a neve e o gelo (CETESB, 2015).

De acordo com a CETESB (2015), as concentrações de sódio em águas superficiais variam de 1 mg/L até 10 mg/L, ou mais em casos particulares como salmoura natural. Para águas subterrâneas, existem valores que excedem 50 mg/L. A maior preocupação com a quantidade de sódio na água está relacionada às águas cujo destino seja dessedentação de animais ou irrigação na agricultura. Segundo a portaria 218 (2004) do Ministério da Saúde, o VMP do sódio é de 200 mg/L.

3.5.27 Titânio

Segundo Neto e Almeida (2012), o Titânio (Ti), é o nono elemento em maior quantidade da Terra. O Ti consiste em um elemento litófilo e tem uma grande atração por oxigênio e isso significa que a maior parte do titânio na litosfera está na forma de óxido. As crostas oceânicas possuem cerca de 8.100 ppm de titânio, enquanto as crostas continentais têm 5.300 ppm de titânio. O elemento titânio é um metal de brilho prateado e pesa menos que o ferro, porém é quase tão forte quanto o aço e quase tão resistente à corrosão como a platina. Na indústria, o titânio é usado substancialmente sob forma de óxido, cloreto e metal. Os óxidos de titânio de cunho econômico são a ilmenita, o rutilo, o leucoxênio e há pouco tempo a perovskita e o anatásio. Ou seja, ele não é consumido diretamente, estando em combinação com outros elementos.

3.5.28 Urânio

O elemento químico urânio (U) é encontrado na natureza formando compostos com diversos outros elementos químicos. São conhecidos uma centena de minerais em que o urânio está presente (CERVEIRA, 1951).

Alguns destes minerais que o urânio está presente são primários, como os óxidos negros (pechblenda, uraninite ou uraninite não cristalina) e o grupo dos minerais complexos exclusivos das pegmatites, de cor variante (como negros e o castanhos), e são conhecidos por minerais refratários. Estes não são claramente reconhecíveis e são difíceis de identificar. Entretanto, a maioria é constituída pelos minerais secundários vindos da alteração completa ou parcial dos minerais primários

para óxidos hidratados, arseniatos, sulfatos, silicatos, vanadatos e fosfatos carbonatos. Além do mais, todos estes minerais geralmente apresentam cores vivas, como a amarela, verde ou vermelha (CERVEIRA, 1951). O VMP do Urânio de acordo com a resolução CONAMA 357 é de 0,02 mg/L.

3.5.29 Vanádio

O vanádio (V) é um elemento químico necessário e pertencente ao grupo de elementos de transição. Há diversos estados diferentes de oxidação e existe a pré-disposição para estes formarem íons complexos. Geralmente, estes são divididos entre três grandes categorias: Complexos de peroxovanádio, compostos de vanádio orgânicos e suas formas predominantes, e os sais de vanádio inorgânicos, como vanadato ou vanadil (BADMAEV *et al.*, 1999; MARZBAN *et al.*, 2003). A toxicidade do vanádio pode reprimir sua função de agente terapêutico para o tratamento do diabetes mellitus, embora seja muito eficaz em controlar as concentrações elevadas de glicose sanguínea (PREET *et al.*, 2005; SRIVASTAVA, 2000).

De acordo com a resolução CONAMA 357 (2005), o valor máximo permitido para o vanádio para consumo dos seres humano de é de 0,1 mg/L.

3.5.30 Zinco

O zinco (Zn) consiste em um componente estrutural e/ou funcional de várias metaloenzimas e metaloproteínas, e este ainda faz parte de diversas reações do metabolismo celular, como processos fisiológicos, bem como função imune, defesa antioxidante, crescimento e desenvolvimento (SZCKUREK *et al.*, 2001 apud MAFRA e COZZOLINO, 2004).

O que entende-se das funções do zinco no metabolismo iniciou-se em 1869 com Raulin, que descobriu sua funcionalidade para *Aspergillus niger*. Logo após tal fato, foi descoberto que existem problemas do cultivo de milho pela falta de zinco. O zinco também é importante para a sobrevivência dos ratos e problemas na pele do ser humano podem ocorrer pela falta de zinco. O zinco também é essencial para crianças (SANDSTEAD *et al.*, 2001 apud MAFRA; COZZOLINO, 2004). O limite máximo de zinco em rios da classe 1 e 2 (águas doces) é de 0,18 mg/L.

3.6 A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO E O ESTUDO DAS INTERAÇÕES DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A água subterrânea possui nobres funções, como a manutenção da umidade do solo, lagos e brejos. Esta ainda tem como função controlar o fluxo de base dos rios e realizar a perenização destes rios durante seus períodos de estiagem. (MANZIONE, 2015).

Como cita Vicente (2018), as modificações de qualidade das águas subterrâneas podem ser ocasionadas por maneiras naturais ou antrópicas. Se tratando de causas naturais, estas causas possuem conexão com o intemperismo, onde ocorre a dissolução das rochas. Já as causas antrópicas, como atividades domésticas, industriais e agrícolas, podem ser a causa de diversos poluentes presentes na natureza, como microrganismos patogênicos, metais, componentes químicos, certos compostos orgânicos e inorgânicos, nutrientes e etc.

De acordo com Alley (2007), o monitoramento é um elemento fundamental para integrar a ciência das águas subterrâneas com as decisões da gestão da água. O monitoramento fornece dados importantes aos quais são úteis para os processos de tomada de decisão, como:

- Alterações de percurso em níveis das águas subterrâneas, pelas quais ajudam no entendimento de tomar decisões melhores e mais sustentáveis à longo prazo nos aquíferos, influenciando assim em melhores decisões políticas.
- Fornecimento de informações de contaminação, tal como a dimensão dos níveis de contaminação. Tais informações ajudam nas tomadas de decisões envolvendo a qualidade da água no aquífero, mostrando seus efeitos em potencial na saúde pública e no ecossistema.
- Identificar a existência ou potenciais mudanças de fluxo devido à retirada das águas subterrâneas. Estas informações podem prevenir danos como a intrusão de água salgada ou o movimento de estações de bombeamento.
- Avaliar os efeitos de clima nos níveis das águas subterrâneas, lidando com questões de avisos de seca.

Sendo assim, a CETESB efetua o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas metodicamente desde 1990, quando foi fundada a rede estadual constituída por poços tubulares utilizados para o abastecimento público de água (CETESB, 2016).

É uma exigência legal designada à CETESB o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo desde os anos 70. Os estudos iniciais sobre a poluição das águas subterrâneas foram embasados em dados disponíveis nos cadastros da CETESB e do DAEE (CETESB,1976).

De acordo com a CETESB (2016), o monitoramento de qualidade da água é importante porque possui os seguintes objetivos: Caracterizar as águas subterrâneas brutas; definir Valores de Referência de Qualidade (VRQ) para cada substância monitorada, para cada aquífero; avaliar as tendências das concentrações das substâncias monitoradas, em uma periodicidade de 10 anos; detectar áreas com alterações de qualidade; subsidiar as ações de prevenção e controle da poluição do solo e da água subterrânea juntamente com as Agências Ambientais; analisar a eficiência destas ações ao longo do tempo; subsidiar as ações de gestão da qualidade do recurso hídrico subterrâneo em paralelo aos Comitês de Bacias Hidrográficas – CBHs; e auxiliar a classificação dos aquíferos, objetivando seu enquadramento, de acordo com a Resolução CONAMA nº 396/08 (CONAMA, 2008).

Uma observação que se pode fazer quanto ao monitoramento da qualidade das águas pela CETESB é que por vezes há falhas na coleta por inúmeros motivos. E quando isso ocorre, não há informações que possa representar a situação local (CETESB, 2016).

Porém, os parâmetros de qualidade das águas comumente podem apresentar correlações entre si, permitindo assim estimar uma variável em função de outra, existindo uma elevada correlação. Inúmeros trabalhos têm-se utilizado desse suporte estatístico de modo a prever e/ou estimar o que uma variável primária pode, em meio a uma variável secundária, facilitar o monitoramento, e em muitos casos reduzir os custos e os trabalhos laboratoriais.

Considerando dados dos anos 70 no aquífero Bauru, foram feitas análises e constatou-se que a transmissividade, consistindo na quantidade de água que é fluída na horizontal pela espessura saturada, é intrinsicamente proporcional à capacidade específica - vazão específica (IRITANI *et al.*, 2000).

Para Silva (1983), foi estabelecida uma correlação entre os íons da água e os parâmetros de temperatura, pH e STD através da regressão linear no aquífero Botucatu. Na medida que um íon aumentava, outros também eram elevados e tal fato poderia ser explicado através do aumento progressivo de sais que estavam

dissolvidos na água e sua tendência à alcalinização, considerando o sentido do fluxo subterrâneo.

Nesse sentido, Vicente (2018) utilizou-se de uma matriz de correlação para avaliar a interação entre variáveis de qualidade de água evidenciando elevada correlação positiva entre Cloreto e Nitrato no aquífero Bauru no estado de São Paulo.

De acordo com Cabral e Marques (2006), foram analisados quatro parâmetros microbiológicos (coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais e enterococos) e dois físico-químicos (amônia e temperatura) no rio Febros, em Portugal. Apesar deste trabalho não correlacionar parâmetros microbiológicos, estes estavam altamente correlacionados entre si com a amônia no rio Febros. Sendo assim, a amônia estaria diretamente relacionada à poluição do Rio Febros, demonstrando que determinadas substâncias estão correlacionadas entre si como fator de poluição de corpos d'água.

As correlações entre aquíferos podem se estender no âmago da condutividade elétrica e hidráulica, onde estes podem ser correlacionados, afinal ambas possuem volumes e áreas superficiais conectadas. Assim, as equações implicam na relação da condutividade elétrica na troca de ânions, os elétrons positivos e cátions, e elétrons negativos (PURVANCE; ANDRICEVIC, 2000).

Em Fortaleza – CE, de acordo com Mendonça *et al.* (1998), é possível identificar correlações lineares entre parâmetros da água dos aquíferos Rio da Batateira e Missão Velha. Então, constata-se que poços com maior contribuição de componentes novos, aquelas substâncias da água mais recentes do aquífero, apresentam maior percentual de carbono e menor condutividade elétrica, e vice-versa.

De acordo com Serra *et al.* (2003), no Sistema Aquífero dos Gabros de Beja, em Portugal, a poluição das águas subterrâneas derivada do nitrato e sua origem está na agricultura, assim possui conexão com a vulnerabilidade que os sistemas aquíferos apresentam, contendo relação com práticas de gestão e fertilização com compostos azotados (nitrogenados).

Diversas outras substâncias poluidoras da água corroboram para o aumento do Nitrato. Segundo Larocque (1998), no setor de planície de Piemonte (norte da Itália), existe contaminação por nitrato de um aquífero confinado. Nesta região, foram observadas correlações entre profundidade do lençol freático, o uso da terra e

a entrada de nitrogênio no solo com as concentrações de nitrato. É importante notar que questões físicas, como a profundidade do lençol freático, também abre margem para se realizar correlações.

Se tratando de correlações entre parâmetros, existem coeficientes de distribuição, chamados de K_d , onde estes são definidos como a razão entre a concentração de soluto relacionada aos sólidos e sua concentração em solução, ao qual são muito utilizados na previsão do transporte de soluto reativo. A necessidade de descrever o transporte de solutos cria uma demanda para se examinar a distribuição espacial de K_d em relação à sua correlação com a condutividade hidráulica, também chamada de K (SCHEURER, 2011).

Já analisando aquíferos de areia e cascalho em dois locais em Cape Cod, Massachusetts, nos EUA, existe uma correlação entre a condutividade hidráulica e porosidade, de acordo com Morin (2006), sendo assim, estudos comprovam uma correlação negativa entre esses dois parâmetros, levando em conta determinadas distribuições do tamanho de grão e também de arranjos de embalagens. Portanto, foi examinada a interdependência de diversas propriedades de aquíferos, utilizando medições de quatro registros provenientes de poços geofísicos.

Enfim, os relatos supracitados justificam e dão aparato real para a condução deste estudo dos quatro aquíferos em questão.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS E ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo consiste na análise proveniente dos dados técnicos trienais da Série Relatórios Qualidade das Águas Subterrâneas no estado de São Paulo (2013-2015) da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2016). Os aquíferos compreendidos neste estudo são: O Sistema Aquífero Bauru, o Sistema Aquífero Pré-Cambriano, o Aquífero Serra Geral e o Sistema Aquífero Guarani.

No Sistema Aquífero Bauru foram observadas amostras semestrais de água de 74 poços em 2013, 82 poços no ano de 2014 e 88 poços em 2015.

Já o Aquífero Pré-Cambriano possuía 54 poços em 2013, 59 em 2014 e 61 poços monitorados em 2015. O aquífero Serra Geral possuiu diversos poços monitorados, como 39 em 2013 e 41 poços em 2014 e 2015. Por fim, no aquífero Guarani foram monitorados 53 poços em 2013, 54 poços em 2014 e os mesmos 54 poços em 2015. Destaca-se que, apesar desses números de poços em cada período, nem sempre havia a mesma quantidade de dados dos mesmos parâmetros analisados. Ou seja, em função de algum problema de coleta ou de análise da CETESB, alguns parâmetros não possuem registro de análise mantendo continuidade em alguns desses poços.

Em cada ano (2013, 2014 e 2015) as análises foram realizadas em dois períodos distintos: final do período das águas (geralmente março e abril); final do período seco (geralmente agosto e setembro). Assim, para cada ano, as análises consideraram os períodos secos e chuvosos, sendo os parâmetros do primeiro semestre de cada ano identificado pelo ano seguido do número 1, ex: 2013-1; e sendo o segundo semestre de cada ano identificado pelo ano seguido do número 2, ex: 2013-2.

Neste estudo não foram considerados os dados coletados na rede de monitoramento piezométrico. Por outro lado, considerando que durante o período há lacuna de dados (dados não coletados) e pensando em manter uma certa consistência dos dados, foram analisados apenas os parâmetros que apresentaram no mínimo 30 dados.

Os parâmetros adotados no presente trabalho foram: Alcalinidade Bicarbonato (A. B.), Alumínio (Al), Arsênio (As) Cloreto, Condutividade Elétrica (C. E), Dureza Total (D.T.), Nitrogênio Nitrato (NO_3^-), pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Totais, Temperatura, Bário (Ba), Boro (B), Cálcio (Ca), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Crômio Total (Cr), Estrôncio (Sr), Cobalto (Co), Ferro (Fe), Lítio (Li), Magnésio (Mg), Manganês (Ma), Níquel (Ni), Potássio (K), Sódio (Na), Titânio (Ti), Urânio (U), Vanádio (Va) e Zinco (Zn).

4.2 ANÁLISE DE DADOS

Para cada parâmetro/período estudado, foi efetuada a análise estatística descritiva clássica, sendo que estes dados foram coletados do site da CETESB dos aquíferos analisados, ao qual estes dados foram todos filtrados. A análise estatística descritiva foi feita através do *software Excel*. Nesta etapa inicial foram calculadas as médias, valores máximos e mínimos, desvio padrão, coeficiente de variação, curtose e assimetria. Em seguida, foi montada a matriz de correlação de Pearson com o objetivo de avaliar as interações entre atributos e assim selecionar candidatos para a modelagem de regressões de interesse para as combinações duas a duas entre os parâmetros estudados. Tendo em vista o período com maior quantidade de dados disponíveis para todos os parâmetros, na etapa da matriz de correlação foram consideradas apenas os dados de 2015. A etapa de modelagem consistiu na análise do melhor modelo matemático de ajuste entre os pares de atributos estudados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão apresentados os resultados das análises descritivas, das correlações lineares e as linhas de tendências geradas, inicialmente a partir da matriz de correlação de Pearson. Como diversos parâmetros aparecem em mais de um aquífero, no estudo, tais relações foram citadas apenas uma vez.

5.1 AQUÍFERO BAURU

5.1.1 Análise descritiva Aquífero Bauru

No SAB foram considerados pelo menos 30 (trinta) pares de amostras em todos os parâmetros estudados. Na Tabela 01 é apresentado o resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAB entre 2013-2015.

Tabela 01 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAB entre 2013-2015

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Alcalinidade Bicarbonato (µg L ⁻¹)									
Al B 13_1 ⁽⁸⁷⁾	78,15	81	2,11	261	OC*	52,95	67,75	1,97	1,03
Al B 13_2 ⁽⁸⁷⁾	72,09	74	4	232	OC*	48,60	67,40	1,08	0,83
Al B 14_1 ⁽⁹⁹⁾	76,89	82	4,57	251	OC*	50,31	65,43	0,74	0,67
Al B 14_2 ⁽¹⁰¹⁾	75,45	79,7	4,2	223	OC*	46,52	61,66	-0,0416	0,34
Al B 15_1 ⁽¹⁰⁰⁾	77,44	77,5	3,31	234	OC*	48,02	62,01	1,41	0,89
Al B 15_2 ⁽⁹⁸⁾	73,61	73	2,62	251	OC*	48,95	66,50	2,20	1,06
Cloreto (µg L ⁻¹)									
Cl- 13_1 ⁽⁷⁹⁾	6,14	3	0,2	84,2	0	11,17	181,26	31,73	5,05
Cl- 13_2 ⁽⁷¹⁾	5,70	3,21	0,5	47,3	0	7,88	138,27	14,20	3,48
Cl- 14_1 ⁽⁶²⁾	7,80	4,55	0,26	108	0	14,66	187,92	36,95	5,63
Cl- 14_2 ⁽⁶⁰⁾	7,30	4,26	0,28	114	0	15,20	208,17	42,68	6,18
Cl- 15_1 ⁽⁵⁹⁾	8,41	5,03	0,49	105	0	14,56	173,12	34,27	5,38
Cl- 15_2 ⁽⁵²⁾	8,99	6,2	1,01	101	0	15,06	167,46	28,27	4,93
Condutividade Elétrica (µS cm L ⁻¹)									
C E 13_1 ⁽⁸⁹⁾	202,81	189	13	693	OC*	123,75	61,02	3,41	1,43
C E 13_2 ⁽⁸⁹⁾	199,42	182	16	748	OC*	120,14	60,24	5,20	1,65
C E 14_1 ⁽¹⁰⁴⁾	194,33	182	12	771	OC*	122,07	62,89	5,10	1,59
C E 14_2 ⁽¹⁰⁴⁾	192,43	179,75	14	790	OC*	120,20	62,46	5,76	1,67
C E 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	191,41	173	10,5	864	OC*	130,05	67,94	6,58	1,87
C E 15_2 ⁽⁸⁹⁾	180,77	172,7	7,3	776	OC*	126,54	69,99	4,83	1,63
Dureza Total (µg L ⁻¹)									
D T 13_1 ⁽⁸⁹⁾	73,44	67,2	1,18	266	OC*	60,44	82,30	1,57	1,21
D T 13_2 ⁽⁸⁶⁾	81,65	63,35	2,14	297	OC*	68,66	84,09	1,65	1,35
D T 14_1 ⁽⁹⁸⁾	78,89	63,1	3,5	307	OC*	65,61	83,18	2,14	1,45
D T 14_2 ⁽⁹⁷⁾	75,96	67,5	3,81	264	OC*	54,80	72,14	1,46	1,11
D T 15_1 ⁽¹⁰⁶⁾	71,42	59,7	1,48	294	OC*	60,47	84,67	2,50	1,46
D T 15_2 ⁽¹⁰⁶⁾	68,15	58,5	1,85	267	OC*	57,84	84,85	1,97	1,33
pH									
pH 13_1 ⁽⁸⁹⁾	6,83	6,7	4,52	9,93	OC*	1,11	16,31	0,73	0,59
pH 13_2 ⁽⁸⁹⁾	6,91	6,85	4,48	9,8	OC*	1,13	16,29	0,46	0,54
pH 14_1 ⁽¹⁰⁴⁾	6,93	6,88	4,67	9,9	OC*	1,11	16,04	-0,01	0,31
pH 14_2 ⁽¹⁰⁴⁾	7,04	7,04	4,76	9,8	OC*	1,08	15,33	0,16	0,33
pH 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	6,83	6,83	4,33	9,84	OC*	1,17	17,08	-0,06	0,26
pH 15_2 ⁽¹⁰⁹⁾	6,81	6,9	4,29	9,86	OC*	1,25	18,32	-0,17	0,05
Sólidos Dissolvidos Totais (µg L ⁻¹)									
SDT 13_1 ⁽⁷⁸⁾	173,42	161	44	578	0	86,49	49,87	6,75	2,08
SDT 13_2 ⁽⁷⁸⁾	156,52	148,5	26	414	0	64,95	41,50	3,57	1,45
SDT 14_1 ⁽⁹²⁾	166,51	153,5	29	660	0	85,75	47,88	11,06	2,48
SDT 14_2 ⁽⁹³⁾	155,85	145	29	612	0	76,11	48,84	13,92	2,75
SDT 15_1 ⁽⁹⁶⁾	182,06	161	43	788	0	93,72	51,48	18,48	3,42
SDT 15_2 ⁽⁸³⁾	184,34	166	56	608	0	83,30	46,27	7,66	2,33

Tabela 01 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAB entre 2013-2015 (continuação)

Medidas da Estatística Descritiva									
Parâmetro ^(a)	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Sólidos Totais ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
ST 13_1 ⁽⁸¹⁾	197,80	184	52	584	OC*	87,10	44,04	5,11	1,78
ST 13_2 ⁽⁷⁸⁾	170,52	160,5	32	461	OC*	66,99	39,29	4,95	1,69
ST 14_1 ⁽⁹³⁾	179,07	167	30	664	OC*	85,75	47,88	11,06	2,48
ST 14_2 ⁽⁹³⁾	169,29	160	37	616	OC*	77,18	45,59	11,90	2,45
ST 15_1 ⁽⁹⁷⁾	197,17	178	28	798	OC*	98,12	49,76	28	798
ST 15_2 ⁽⁸⁸⁾	191,23	175	68	630	OC*	86,42	45,19	8,53	2,46
Temperatura (C°)									
TE 13_1 ⁽⁸⁹⁾	25,48	25,4	21,75	29,5	OC*	1,33	5,23	5,11	1,78
TE 13_2 ⁽⁸⁹⁾	24,96	24,9	22,8	29,5	OC*	1,03	4,12	4,30	1,17
TE 14_1 ⁽¹⁰⁴⁾	25,54	25,55	23,09	28,8	OC*	1,03	4,05	0,64	0,28
TE 14_2 ⁽¹⁰⁴⁾	25,58	25,5	23,2	32,1	OC*	1,43	5,62	5,09	1,70
TE 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	25,42	25,3	23,31	29,18	OC*	1,04	4,10	1,32	0,66
TE 15_2 ⁽¹⁰⁹⁾	25,71	25,5	22,3	32,72	OC*	1,47	5,72	8,12	2,09
Bário ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Ba 13_1 ⁽⁸⁸⁾	273,98	189,5	4,58	4257	3	463,81	169,28	63,95	7,48
Ba 13_2 ⁽⁸⁸⁾	299,63	180,5	4,07	4835	4	527,83	176,16	64,10	7,49
Ba 14_1 ⁽⁹⁸⁾	303,36	188,5	1,15	6006	6	622,43	205,17	74,27	8,14
Ba 14_2 ⁽¹⁰⁴⁾	269,30	195	1	5060	4	509,24	189,10	77,60	8,28
Ba 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	261,95	170	1	5410	4	529,02	201,95	83,91	8,65
Ba 15_2 ⁽¹⁰⁹⁾	254,76	170	1	4800	6	477,17	187,31	77,61	8,21
Boro ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Va 13_1 ⁽⁵⁸⁾	6,35	3,59	1,02	40,2	0	7,89	124,22	6,19	2,47
Va 13_2 ⁽⁶⁴⁾	6,11	4,06	1,08	44,2	0	7,07	115,69	13,61	3,30
Va 14_1 ⁽⁸¹⁾	10,68	6,91	2,1	49,4	0	8,84	80,84	5,31	2,09
Va 14_2 ⁽⁶⁰⁾	7,73	4,03	2	54,8	0	9,57	123,95	10,56	3,03
Va 15_1 ⁽⁴³⁾	9,47	4,62	2,03	74,1	0	12,99	137,10	14,85	3,54
Va 15_2 ⁽⁴⁹⁾	9,86	4,91	2,08	74,3	0	12,90	130,76	13,07	3,27
Cálcio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Cr 13_1 ⁽⁸⁷⁾	21,38	19,3	0,63	81	OC*	17,55	82,11	2,32	1,40
Cr 13_2 ⁽⁸⁴⁾	22,22	18,15	0,81	94,3	OC*	18,76	84,44	3,66	1,70
Cr 14_1 ⁽⁹⁹⁾	20,39	16	0,51	88,5	OC*	18,01	88,33	3,02	1,58
Cr 14_2 ⁽¹⁰¹⁾	19,29	17,6	0,55	70	OC*	14,99	77,70	1,27	1,03
Cr 15_1 ⁽¹⁰³⁾	19,99	17,5	0,54	102	OC*	16,86	84,33	5,54	1,82
Cr 15_2 ⁽¹⁰³⁾	18,45	16,7	0,62	82,5	OC*	15,58	84,44	3,59	1,56
Chumbo ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Pb 13_1 ⁽⁷⁷⁾	1,46	0,19	0,02	21,6	4	3,71	254,02	15,17	3,77
Pb 13_2 ⁽⁷⁵⁾	0,98	0,12	0,02	16,1	1	2,46	250,12	20,04	4,08
Pb 14_1 ⁽⁸⁰⁾	2,49	0,24	0,05	43	7	6,33	253,80	22,19	4,26
Pb 14_2 ⁽⁵⁶⁾	1,73	0,22	0,05	13,9	2	3,07	177,48	4,98	2,30
Pb 15_1 ⁽⁶³⁾	1,59	0,42	0,05	16,5	1	2,84	178,55	12,31	3,17
Pb 15_2 ⁽⁶²⁾	0,85	0,20	0,05	7,7	0	1,57	184,39	8,37	2,90
Cobre ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Cu 13_1 ⁽⁸⁶⁾	1,35	0,54	0,05	14,6	0	2,18	161,44	16,94	3,65
Cu 13_2 ⁽⁸⁰⁾	0,88	0,4	0,05	9,12	0	1,43	162,28	16,37	3,68
Cu 14_1 ⁽⁸¹⁾	2,27	0,82	0,20	64,9	0	7,27	320,64	70,92	8,19
Cu 14_2 ⁽⁸³⁾	1,14	0,62	0,20	9,08	0	1,54	134,64	10,94	3,14
Cu 15_1 ⁽⁷⁶⁾	1,88	0,79	0,21	18,3	0	3,06	162,75	15,23	3,63
Cu 15_2 ⁽⁸³⁾	2,07	0,85	0,20	70,2	0	7,72	373,20	76,42	8,59

Tabela 01 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAB entre 2013-2015 (continuação)

Medidas da Estatística Descritiva									
Parâmetro ^(a)	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Crômio Total ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Ca 13_1 ⁽⁸⁹⁾	28,05	18,9	0,78	98,5	16	25,74	91,75	0,82	1,26
Ca 13_2 ⁽⁸⁹⁾	21,52	14,1	0,75	75,3	11	19,55	90,86	0,53	1,18
Ca 14_1 ⁽¹⁰⁴⁾	22,51	14,1	0,66	76,2	13	20,78	92,28	0,62	1,24
Ca 14_2 ⁽¹⁰⁴⁾	23,55	14,9	0,21	93,5	13	21,99	93,38	1,24	1,34
Ca 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	26,05	17,3	0,44	108	15	25,81	99,07	1,50	1,46
Ca 15_2 ⁽¹⁰⁹⁾	23,72	15,7	0,32	98,4	10	22,74	95,86	1,47	1,40
Estrôncio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Sr 13_1 ⁽⁸⁹⁾	308,74	191	8,5	2373	OC*	383,84	129,22	13,91	3,30
Sr 13_2 ⁽⁸⁷⁾	347,25	212	6,11	2796	OC*	431,24	124,19	13,96	3,25
Sr 14_1 ⁽⁹⁸⁾	338,95	196,5	3,32	2891	OC*	448,91	132,44	13,12	3,23
Sr 14_2 ⁽¹⁰³⁾	310,95	200	3	2560	OC*	390,25	125,50	13,54	3,23
Sr 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	300,17	165	4	2870	OC*	403,45	134,41	17,20	3,56
Sr 15_2 ⁽¹⁰⁹⁾	298,13	170	3	3030	OC*	415,51	139,37	19,73	3,83
Cobalto ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Co 13_1 ⁽⁷²⁾	0,62	0,04	0,01	22,3	SEM	2,65	23,47	65,24	7,92
Co 13_2 ⁽⁸²⁾	0,54	0,05	0,01	22,4	SEM	2,50	459,66	74,34	8,45
Co 14_1 ⁽¹⁰⁴⁾	0,80	0,14	0,01	38,9	SEM	3,84	479,50	96,41	9,66
Co 14_2 ⁽⁸⁷⁾	0,63	0,05	0,01	23,3	SEM	2,57	409,94	72,86	8,25
Co 15_1 ⁽⁹⁶⁾	0,61	0,06	0,01	26,8	SEM	2,78	456,55	85,13	9,01
Co 15_2 ⁽⁹⁸⁾	0,56	0,05	0,01	24,7	SEM	2,54	450,52	85,90	9,02
Ferro ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Fe 13_1 ⁽⁵⁹⁾	63,38	7,95	2	1124	2	168,09	265,22	285,43	4,95
Fe 13_2 ⁽⁶³⁾	31,49	8,99	2	1033	1	130,15	413,36	59,15	7,59
Fe 14_1 ⁽⁹²⁾	91,69	5,25	2,04	2425	7	303,89	331,42	40,37	5,87
Fe 14_2 ⁽⁵⁴⁾	119,44	9,73	2,02	1595	5	298,40	249,83	12,49	3,43
Fe 15_1 ⁽⁶²⁾	99,72	10,9	2	1619	6	277,85	278,64	17,24	3,98
Fe 15_2 ⁽⁵⁰⁾	60,35	8,91	2,03	1043	2	170,14	281,92	25,19	4,84
Lítio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Li 13_1 ⁽⁸⁹⁾	4,22	3,15	0,65	11,4	SEM	10,38	65,47	32,65	5,54
Li 13_2 ⁽⁸⁹⁾	3,71	2,93	0,23	10,7	SEM	2,61	70,43	5,84	2,02
Li 14_1 ⁽¹⁰⁴⁾	4,53	3,41	0,52	15,9	SEM	3,37	74,34	0,80	1,17
Li 14_2 ⁽¹⁰⁴⁾	3,85	3,15	0,25	12,3	SEM	2,77	71,97	0,38	0,99
Li 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	3,94	2,83	0,10	12,4	SEM	3,12	79,13	0,01	0,97
Li 15_2 ⁽¹⁰⁹⁾	3,63	2,67	0,22	12,8	SEM	2,78	76,59	0,94	1,17
Magnésio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Mg 13_1 ⁽⁸⁶⁾	6,45	5,45	0,2	30	OC*	5,57	86,44	3,75	1,74
Mg 13_2 ⁽⁸⁶⁾	6,93	5,72	0,23	37,1	OC*	6,28	90,60	5,84	2,02
Mg 14_1 ⁽¹⁰⁰⁾	6,53	5,44	0,16	43,6	OC*	6,25	95,68	12,24	2,77
Mg 14_2 ⁽¹⁰¹⁾	6,05	5,28	0,14	36,4	OC*	5,42	89,45	9,74	2,45
Mg 15_1 ⁽¹⁰⁶⁾	5,84	4,75	0,15	37,6	OC*	5,67	97,08	9,65	2,54
Mg 15_2 ⁽¹⁰⁶⁾	5,73	4,75	0,12	34,2	OC*	5,39	94,09	7,08	2,15
Manganês ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Mn 13_1 ⁽⁷⁹⁾	8,87	0,48	0,05	310	1	36,13	407,22	63,97	7,73
Mn 13_2 ⁽⁷²⁾	14,05	0,44	0,05	685	1	80,74	574,57	69,94	8,31
Mn 14_1 ⁽⁸⁷⁾	20,88	0,6	0,1	927	2	101,41	485,69	76,44	8,53
Mn 14_2 ⁽⁶⁵⁾	22,62	1,69	0,1	721	2	90,98	402,10	56,47	7,31
Mn 15_1 ⁽⁶⁶⁾	19,77	1,77	0,1	807	1	99,13	501,53	63,95	7,94
Mn 15_2 ⁽⁶⁶⁾	17,35	1,88	0,1	702	1	86,62	499,32	62,70	7,84

Tabela 01 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAB entre 2013-2015 (conclusão)

Medidas da Estatística Descritiva									
Parâmetro ^(a)	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Níquel ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Ni 13_1 ⁽⁸³⁾	1,49	0,76	0,13	9,81	1	10,38	397,74	77,23	8,65
Ni 13_2 ⁽⁸⁷⁾	2,67	1,1	0,12	84,5	1	9,07	338,98	79,46	8,75
Ni 14_1 ⁽¹⁰⁴⁾	3,92	1,64	0,16	132	1	12,94	392,84	95,53	9,59
Ni 14_2 ⁽¹⁰¹⁾	2,45	0,81	0,12	98,6	1	9,82	400,83	94,64	9,59
Ni 15_1 ⁽¹⁰¹⁾	2,53	0,80	0,12	104	4	10,35	408,35	95,13	6,62
Ni 15_2 ⁽¹⁰⁴⁾	2,51	0,89	0,13	95	1	9,34	371,32	95,83	9,61
Potássio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
K 13_1 ⁽⁸⁹⁾	4,26	3,94	0,11	22,3	OC*	3,23	75,73	13,57	2,92
K 13_2 ⁽⁸⁸⁾	4,44	3,79	0,12	23	OC*	3,51	79,15	14,10	3,08
K 14_1 ⁽¹⁰¹⁾	4,22	3,68	0,17	28,6	OC*	3,16	75,05	34,78	4,67
K 14_2 ⁽¹⁰⁴⁾	3,71	3,42	0,1	23	OC*	2,63	70,78	27,28	3,84
K 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	3,74	3,44	0,11	25,9	OC*	2,85	76,22	32,81	4,37
K 15_2 ⁽¹⁰⁷⁾	3,79	3,47	0,18	23,8	OC*	2,69	70,93	28,26	3,95
Sódio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Na 13_1 ⁽⁸⁹⁾	12,56	6,91	0,52	71,3	0	14,4	75,73	4,63	2,16
Na 13_2 ⁽⁸⁹⁾	13,01	7,39	0,14	74,9	0	14,83	114,06	5,08	2,20
Na 14_1 ⁽¹⁰⁴⁾	12,70	6,69	0,34	74,1	0	6,94	122,91	4,96	2,26
Na 14_2 ⁽¹⁰⁴⁾	11,38	6,21	0,3	65,6	0	13,49	118,51	4,78	2,18
Na 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	10,76	5,79	0,15	64,4	0	13,22	122,84	5,76	2,36
Na 15_2 ⁽¹⁰⁹⁾	10,67	1,25	0,16	66,4	0	13,08	122,63	5,36	2,28
Titânio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Ti 13_1 ⁽⁸⁹⁾	2,56	1,9	0,48	23,6	OC*	3,25	126,88	32,65	5,54
Ti 13_2 ⁽⁸⁹⁾	2,37	2,32	0,62	14,6	OC*	1,62	68,40	36,86	4,97
Ti 14_1 ⁽¹⁰⁴⁾	4,24	3,19	0,77	69,7	OC*	6,94	163,72	78,64	8,39
Ti 14_2 ⁽¹⁰⁴⁾	2,53	2,23	0,74	14,3	OC*	1,66	65,73	25,89	4,27
Ti 15_1 ⁽¹¹⁰⁾	2,75	2,52	0,55	18	OC*	1,94	70,48	35,87	4,99
Ti 15_2 ⁽¹⁰⁹⁾	2,92	2,91	0,69	5,66	OC*	1,23	42,26	-0,93	0,15
Urânio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
U 13_1 ⁽⁸⁶⁾	0,18	0,12	0,01	1,26	0	0,22	138,93	8,79	2,69
U 13_2 ⁽⁸⁹⁾	0,13	0,05	0,01	1,36	0	0,22	162,88	17,14	3,73
U 14_1 ⁽¹⁰¹⁾	0,17	0,07	0,01	1,92	0	0,28	167,77	17,61	3,70
U 14_2 ⁽¹⁰²⁾	0,15	0,06	0,01	1,35	0	0,21	145,55	25,89	4,27
U 15_1 ⁽¹⁰⁶⁾	0,14	0,05	0,01	1,24	0	0,22	156,69	11,37	3,09
U 15_2 ⁽⁸⁶⁾	0,15	0,08	0,01	1,26	0	0,22	147,44	12,04	3,18
Vanádio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
V 13_1 ⁽⁸⁷⁾	15,43	5,04	0,07	127	7	25,42	164,72	20,87	3,98
V 13_2 ⁽⁸⁹⁾	14,16	5,24	0,03	117	6	22,63	159,76	8,02	2,73
V 14_1 ⁽⁸²⁾	15,69	8,44	0,33	122	4	22,60	144,05	8,86	2,81
V 14_2 ⁽⁹⁸⁾	13,64	5,68	0,06	112	6	21,73	159,27	9,51	2,96
V 15_1 ⁽⁹⁶⁾	12,01	4,49	0,21	117	4	19,83	165,18	11,77	3,20
V 15_2 ⁽¹⁰⁰⁾	12,24	4,64	0,22	120	5	19,64	160,49	11,95	3,15
Zinco ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Zn 13_1 ⁽⁸⁹⁾	8,46	4,99	0,57	76,6	0	10,60	125,31	20,87	3,95
Zn 13_2 ⁽⁸⁹⁾	17,34	3,75	0,69	840	0	88,96	512,89	85,88	9,19
Zn 14_1 ⁽⁹⁵⁾	10,42	3,7	0,23	144	0	22,26	213,72	21,42	4,46
Zn 14_2 ⁽⁹⁸⁾	11,33	2,98	0,29	258	0	36,15	318,95	37,04	5,96
Zn 15_1 ⁽⁹⁸⁾	15,27	2,56	0,51	598	0	68,75	450,30	58,23	7,45
Zn 15_2 ⁽⁸⁸⁾	11,37	3,73	0,53	413	0	44,70	392,83	77,25	8,58

^(a) Parâmetros analisados, seguidos do respectivo ano e semestre, sendo o valor entre parênteses o número de observações no período; ^(b) *n.P. > Limite* = número de poços de monitoramento que apresentaram valores acima do Valor Máximo Permitido (VMP); OC* = órgãos competentes responsáveis deverão monitorar;

SEM = Quando o respectivo parâmetro está presente na norma RESOLUÇÃO CONAMA no 396/08 porém nesta resolução não apresenta um limite.

Os parâmetros manganês e níquel (Tabela 01) possuem pontos com valores quem ultrapassam o valor máximo permitido da resolução 357 do CONAMA (2005). Já os parâmetros Bário, Chumbo, Crômio Total, Ferro e Vanádio possuem quantidades que ultrapassam o VMP. O ponto em questão possui como código a amostra 1318202 e código BA5012Z, na região da cidade de Luiziânia. Segundo Lima (2020), alguns parâmetros do aquífero Bauru como Bário, Crômio Total e Vanádio são impróprias para o consumo humano (em algumas regiões), ao qual este mesmo ponto as concentrações dos parâmetros supracitados extrapolam o VMP.

Analisando a correlação linear do 1º Semestre do SAB (Tabela 02), podemos observar alguns casos de bastante relação, como os Sólidos Dissolvidos Totais e os Sólidos Totais com a Condutividade Elétrica.

A condutividade elétrica está diretamente ligada à sais dissolvidos em água (SHARMA; CHHIPA, 2016). Este parâmetro apresentou muita variação, como no primeiro semestre de 2013, onde em um ponto foi de 13 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e chegou até 693 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Stradioto *et al.* (2017) utilizaram a condutividade elétrica para estudar a interação das águas com minerais presentes nas formações rochosas do SAB.

As concentrações de Sólidos Dissolvidos Totais são grandes ao longo de todos os aquíferos estudados nesta pesquisa. Estes demonstram uma alta variabilidade dos dados, como chegar em um valor máximo de 660,0 mg L^{-1} no primeiro semestre de 2014. WHO (2011) define que em geral valores inferiores a 600,0 mg L^{-1} são considerados com bons níveis de palatabilidade da água. Por fim, o Ministério da Saúde (2011) estabelece valor limite para os Sólidos Dissolvidos Totais 1000,0 mg L^{-1} .

Analisando dados de Nitrogênio Nitrato, ou simplesmente Nitrato, no aquífero em sua maioria estes demonstram-se inferiores ao valor limite de 10,0 mg L^{-1} em todos os períodos avaliados, entretanto seus valores máximos demonstraram que existe contaminação por nitrato no aquífero, com um máximo de 43,4 mg L^{-1} observado no primeiro semestre de 2013, sendo que nos anos de 2014 e 2015 valores altos apareceram também, observando uma variabilidade muito alta dos

dados, totalizando 15 amostras acima do valor permitido nestes 3 anos. Os valores registrados de Nitrato que ultrapassam o VMP denunciam forte interferência antrópica na concentração deste poluente (VICENTE, 2018). Uma das principais causas da contaminação por Nitrato é a agricultura irrigada (ANDRADE, 2009).

5.1.2 Matriz de correlação e modelagem Aquífero Bauru

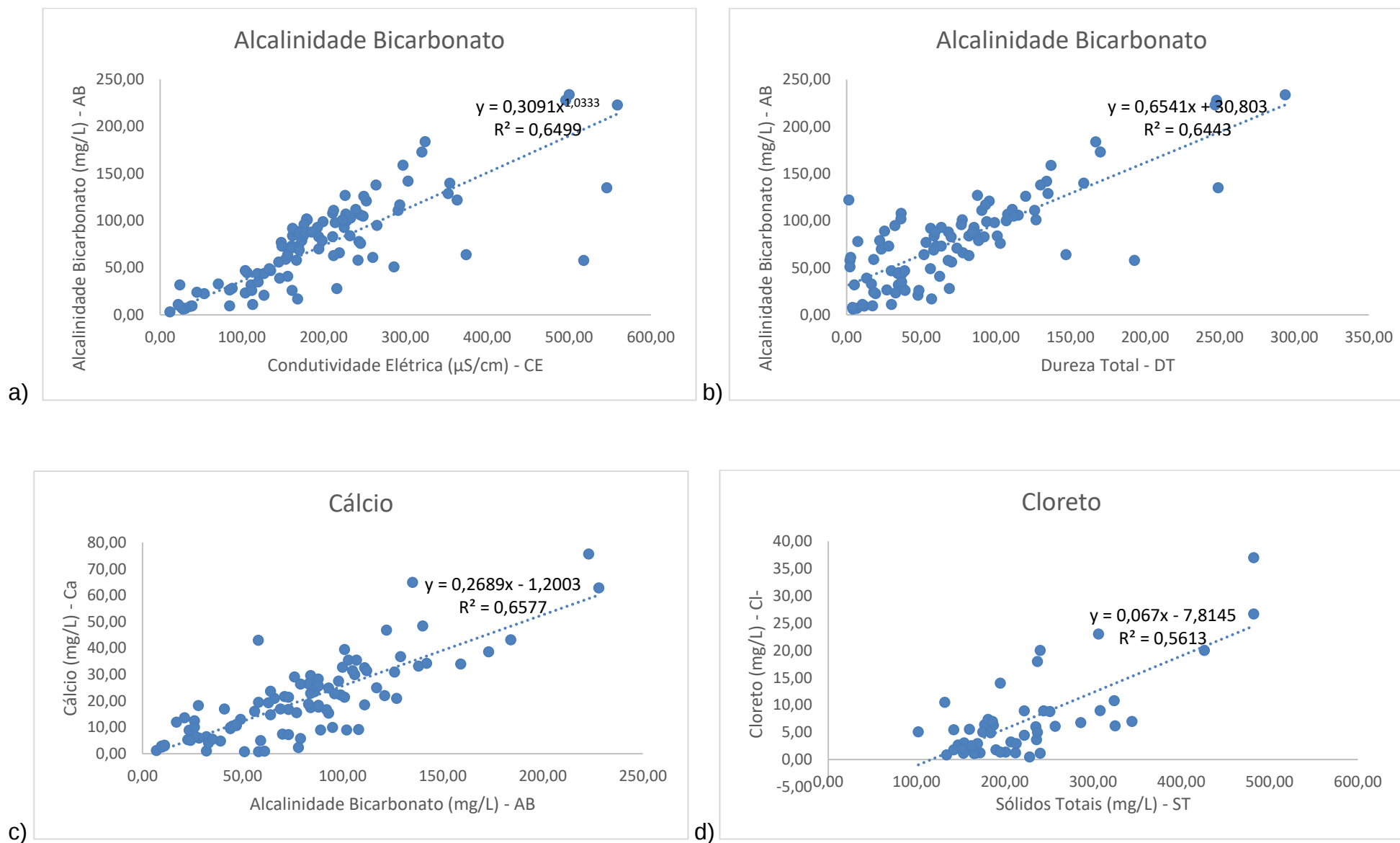
Nas Tabelas 02 e 03 são apresentadas as matrizes de correlação de Pearson entre os pares de parâmetros da qualidade da água no SAB (1º e 2º semestres de 2015, respectivamente). Relembrando que tendo em vista a maior disponibilidade de dados no ano de 2015, esta etapa de análise foi realizada apenas para 2015 (ano mais recente). Nos Quadros 01 e 02 são apresentadas as Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru, apenas aqueles que apresentam um $r > 0,700$ (coeficiente de correlação).

Tabela 02 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Bauru – 1º Semestre 2015

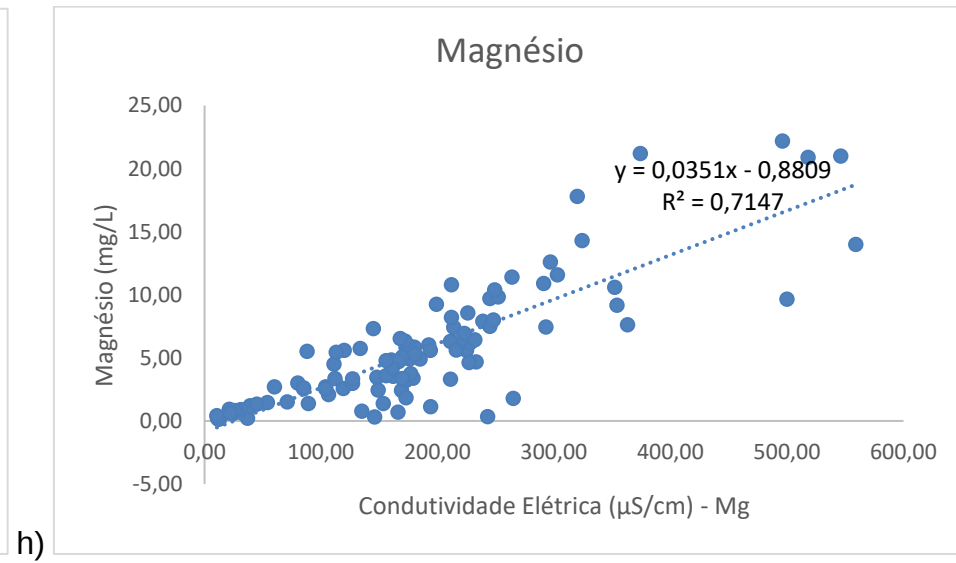
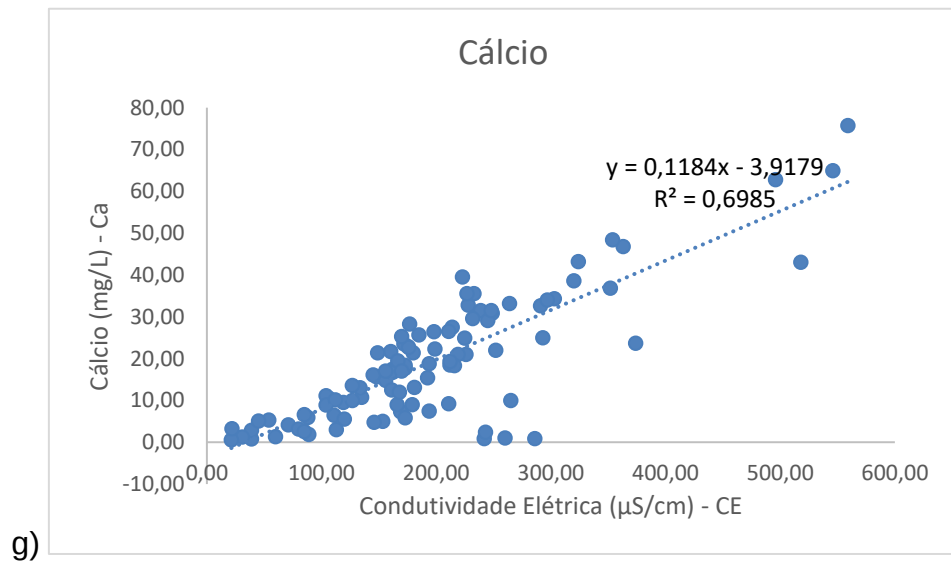
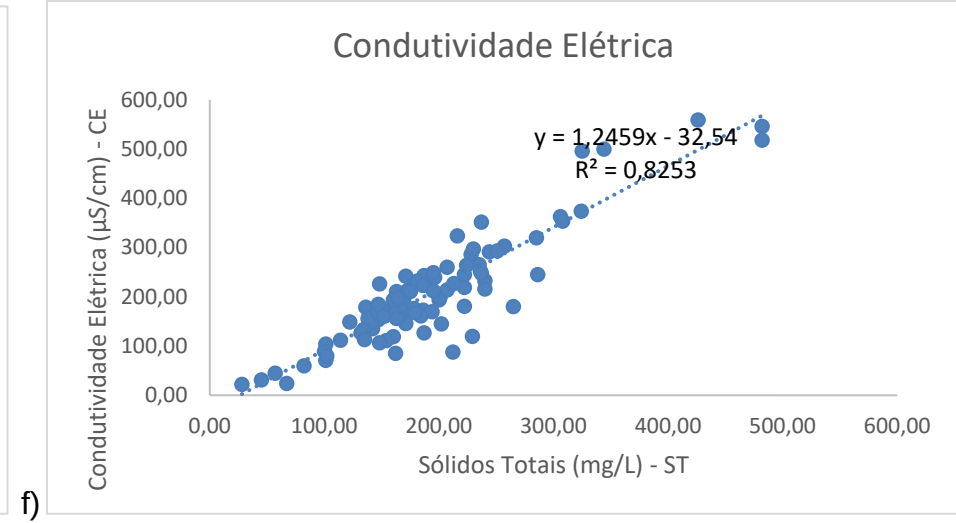
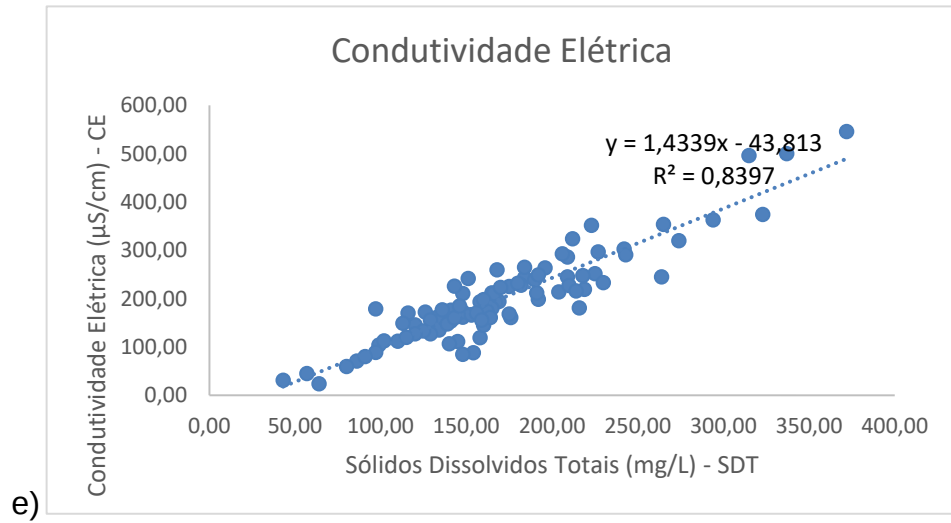
	Alc_B	Cloreto	CE	Dur_T	Nitrato	pH	SDT	ST	Temp	Alum	Arsê	Bário	Boro	Cálcio	Chumbo	Cobalto	Cobre	Crômio T	Estrôncio	Ferro	Lítio	Magnés	Mangan	Níquel	Potássio	Sódio	Titânio	Urânio	Vanádio
Cloreto (mg/L)	0,237																												
CE (µS/cm)	0,808	0,650																											
Dur_T (mg/L)	0,803	0,455	0,841																										
Nitrato (mg/L)	0,008	0,608	0,515	0,389																									
pH	0,442	-0,202	0,455	0,041	-0,115																								
SDT (mg/L)	0,674	0,579	0,916	0,755	0,530	0,176																							
ST (mg/L)	0,584	0,741	0,908	0,750	0,617	0,122	0,942																						
Temperatura (°C)	-0,058	0,076	0,188	0,181	0,395	-0,004	0,140	0,324																					
Alumínio (µg/L)	-0,153	0,026	-0,266	0,054	-0,095	-0,266	0,210	0,084	-0,244																				
Arsênio (µg/L)	0,204	0,403	0,103	0,110	-0,007	0,149	0,007	0,095	-0,100	-0,173																			
Bário (µg/L)	0,385	0,626	0,544	0,573	0,604	-0,163	0,359	0,493	0,127	-0,101	0,070																		
Boro (µg/L)	-0,157	-0,172	0,066	-0,345	-0,003	0,556	0,071	-0,002	-0,023	0,141	-0,023	-0,307																	
Cálcio (mg/L)	0,811	0,569	0,836	0,912	0,332	0,060	0,756	0,741	0,160	0,047	0,141	0,507	-0,340																
Chumbo (µg/L)	-0,068	-0,246	-0,155	0,025	-0,067	-0,203	-0,021	-0,011	0,001	0,404	-0,083	-0,145	0,093	0,019															
Cobalto (µg/L)	-0,436	-0,003	-0,350	-0,348	-0,091	-0,513	-0,233	-0,181	0,042	0,134	-0,119	-0,027	-0,161	-0,392	0,033														
Cobre (µg/L)	-0,084	0,173	-0,200	-0,255	-0,145	-0,292	-0,200	-0,227	-0,030	-0,058	0,057	-0,033	-0,094	-0,214	-0,162	0,303													
Crômio Total (µg/L)	0,150	-0,156	0,260	0,017	0,094	0,596	0,159	0,092	0,117	-0,213	0,110	-0,189	0,474	0,007	-0,201	-0,289	-0,227												
Estrôncio (µg/L)	0,613	0,140	0,546	0,546	0,133	0,297	0,385	0,350	0,038	-0,104	0,081	0,291	-0,098	0,524	-0,101	-0,280	-0,047	0,219											
Ferro (µg/L)	-0,125	0,150	-0,257	-0,105	0,028	-0,337	0,028	0,029	-0,172	0,739	-0,101	-0,164	-0,228	-0,134	0,292	0,355	-0,040	-0,130	-0,184										
Lítio (µg/L)	0,608	0,427	0,543	0,546	0,209	0,285	0,424	0,456	0,016	-0,102	0,183	0,367	-0,248	0,531	-0,258	-0,289	-0,182	0,101	0,519	-0,253									
Magnésio (mg/L)	0,661	0,570	0,845	0,861	0,656	0,205	0,784	0,789	0,244	-0,114	0,036	0,678	-0,245	0,790	-0,186	-0,284	-0,255	0,180	0,508	-0,177	0,579								
Manganês (µg/L)	-0,338	-0,059	-0,282	-0,225	-0,136	-0,515	0,018	-0,008	0,006	0,391	-0,118	-0,105	-0,007	-0,276	0,227	0,536	-0,012	-0,239	-0,178	0,574	-0,201	-0,224							
Níquel (µg/L)	-0,349	0,201	-0,105	-0,146	0,226	-0,518	-0,032	0,008	0,119	-0,030	-0,038	0,314	-0,028	-0,282	-0,053	0,649	0,409	-0,203	-0,277	0,052	-0,215	0,024	0,375						
Potássio (mg/L)	-0,010	0,474	0,224	0,297	0,468	-0,413	0,201	0,317	0,157	-0,052	-0,015	0,616	-0,479	0,290	-0,151	0,066	0,177	-0,158	-0,077	-0,214	0,134	0,408	-0,138	0,536					
Sódio (mg/L)	0,113	0,150	0,274	-0,142	0,093	0,678	0,016	0,086	-0,032	-0,264	-0,008	-0,182	0,665	-0,160	-0,170	-0,191	-0,080	0,535	0,205	-0,197	0,135	-0,058	-0,201	-0,243	-0,454				
Titânio (µg/L)	0,242	0,129	0,335	0,371	0,162	0,084	0,323	0,387	0,212	0,577	-0,011	0,219	-0,243	0,372	0,221	-0,172	-0,144	0,057	0,149	0,117	0,320	0,414	-0,091	-0,082	0,329	-0,164			
Urânio (µg/L)	0,437	0,054	0,331	0,247	-0,052	0,412	0,252	0,211	-0,144	0,085	0,086	-0,089	0,415	0,202	0,097	-0,164	-0,077	0,377	0,514	0,211	0,307	0,236	0,055	-0,257	-0,365	0,499	-0,055		
Vanádio (µg/L)	0,044	-0,258	0,073	-0,283	-0,160	0,713	-0,071	-0,103	-0,004	-0,294	0,093	-0,303	0,609	-0,298	-0,209	-0,224	-0,185	0,494	0,110	-0,099	-0,018	-0,181	-0,162	-0,329	-0,571	0,757	-0,231	0,357	
Zinco (µg/L)	0,147	-0,026	-0,038	0,277	-0,077	-0,256	0,001	-0,061	0,090	0,070	-0,023	0,098	-0,221	0,106	0,162	0,248	0,303	-0,069	0,303	0,097	0,159	0,040	0,209	0,335	0,156	0,033	-0,030	0,136	-0,139

**Coeficiente de correlação de destaque: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

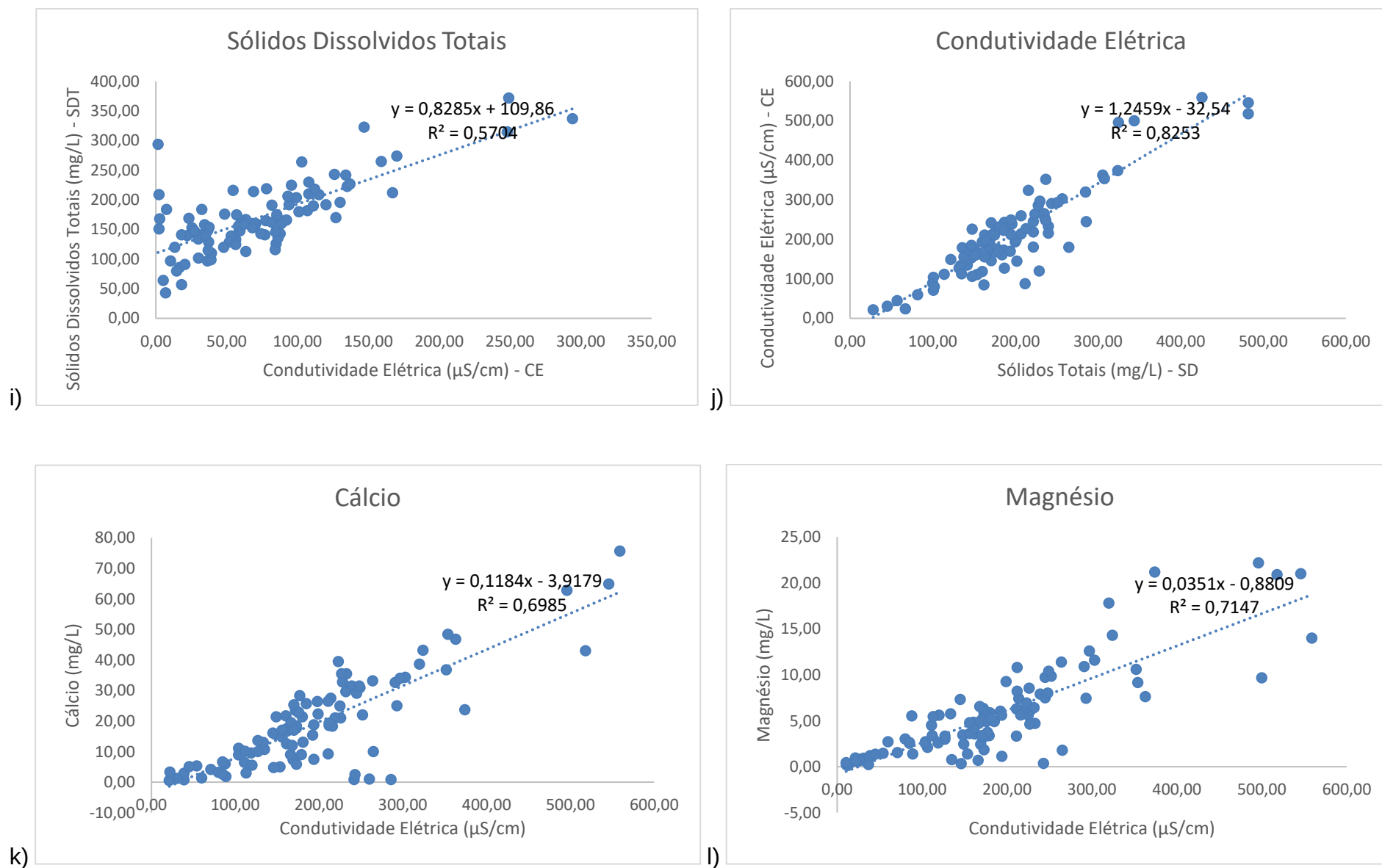
Quadro 01 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 1º Semestre de 2015



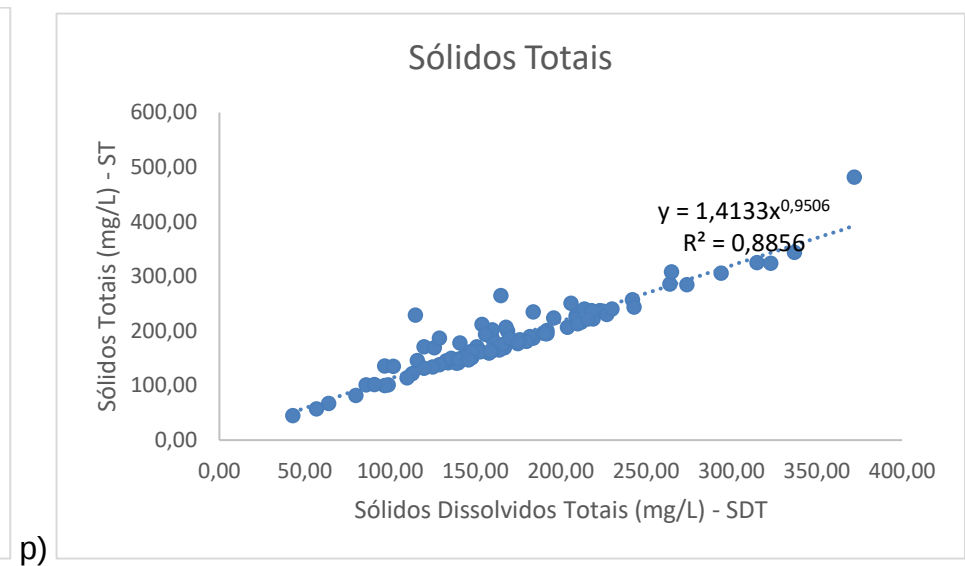
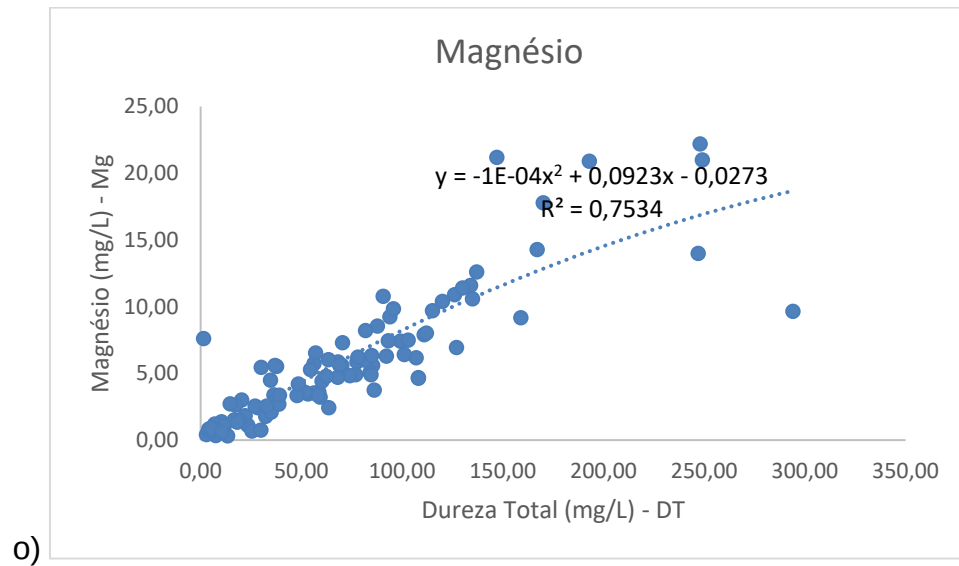
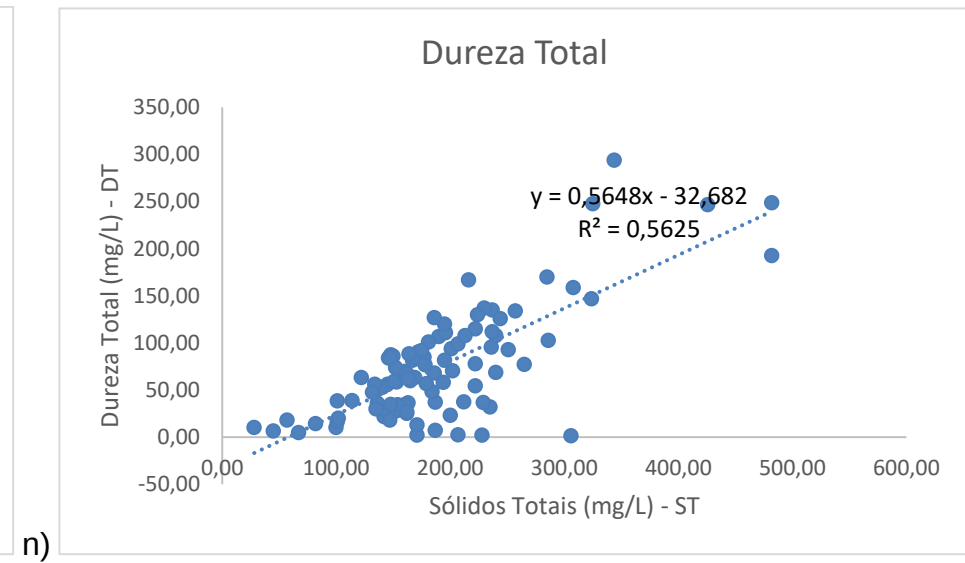
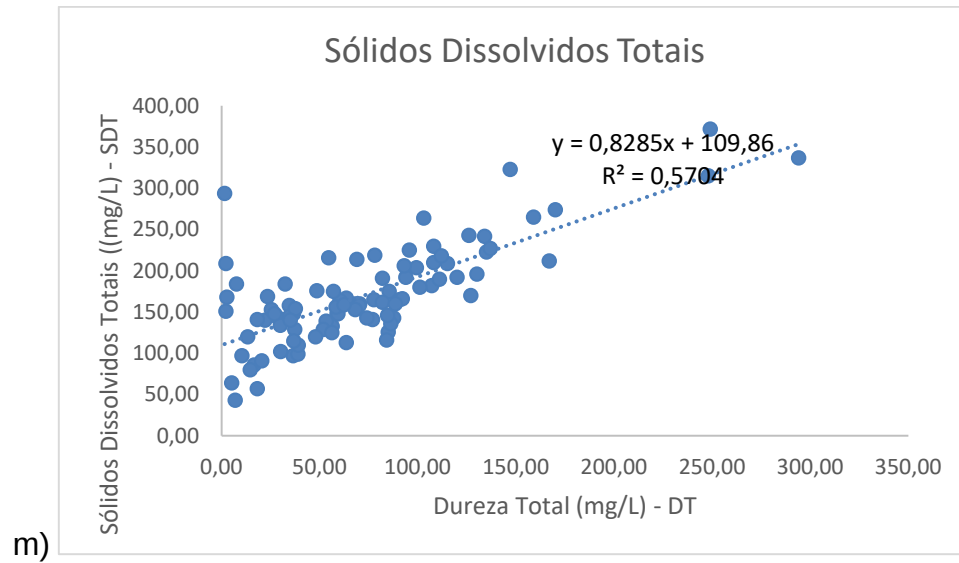
Quadro 01 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 1º Semestre de 2015 (continuação)



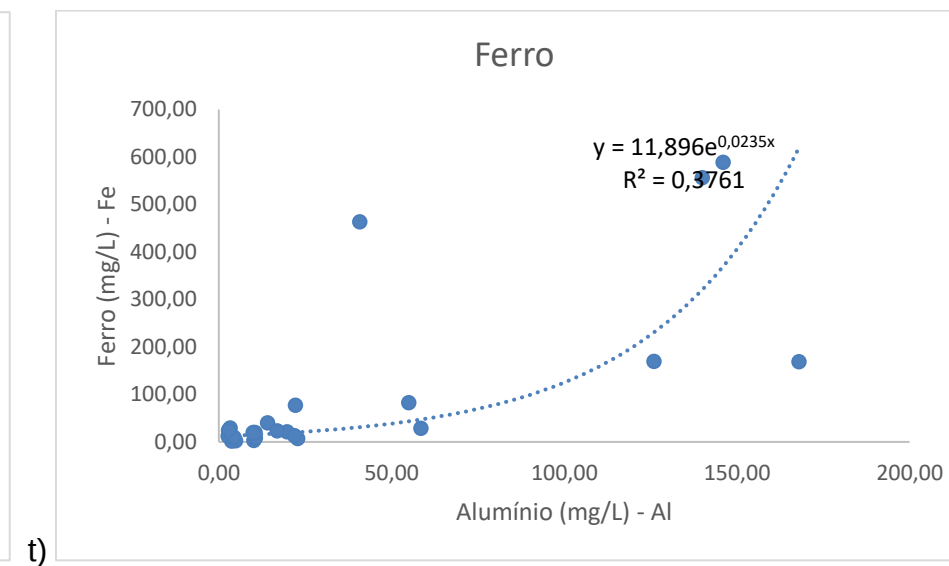
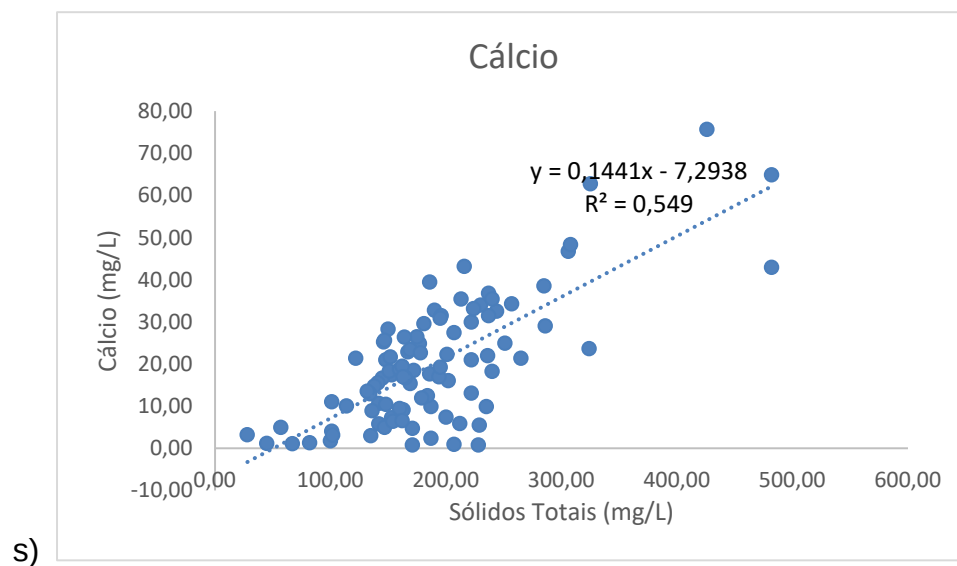
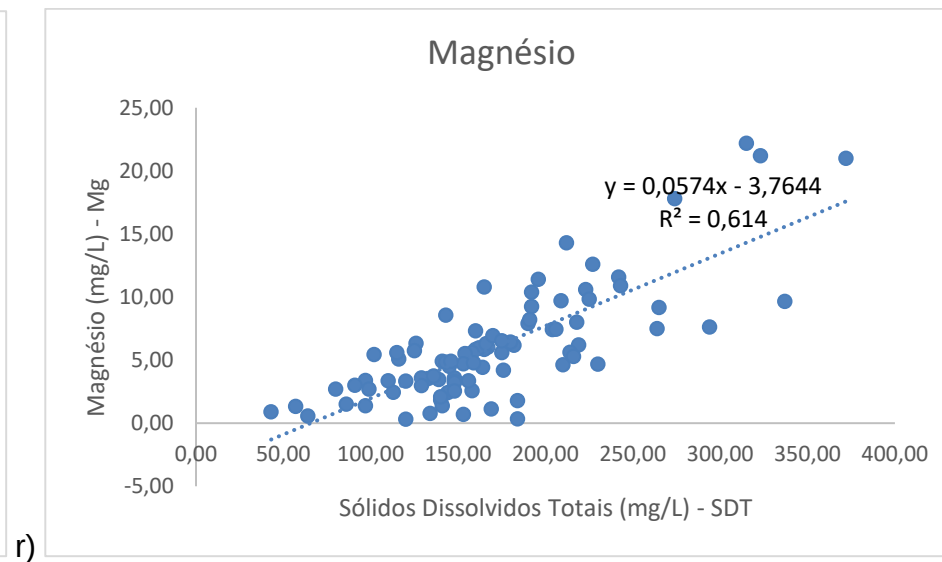
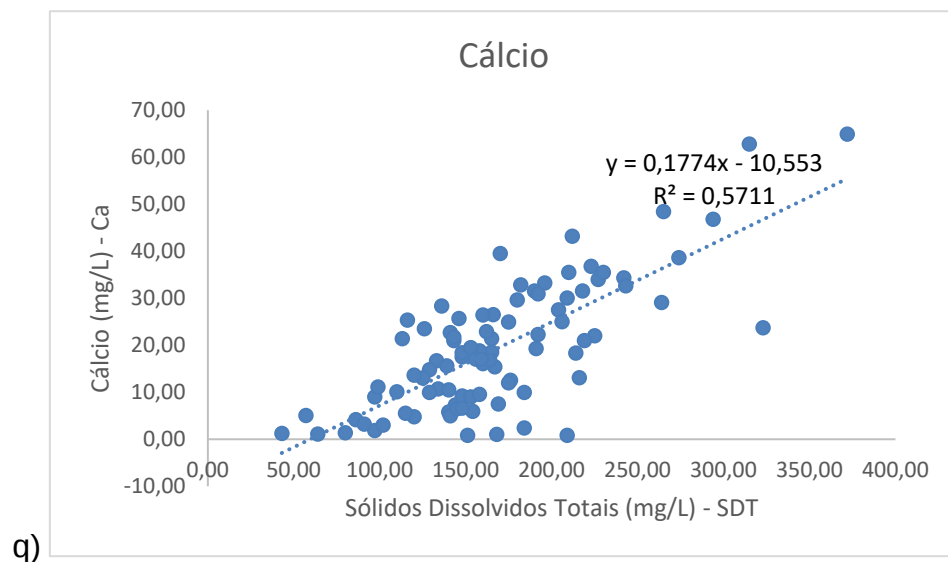
Quadro 01 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 1º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 01 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 1º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 01 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 1º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 01 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 1º Semestre de 2015 (conclusão)

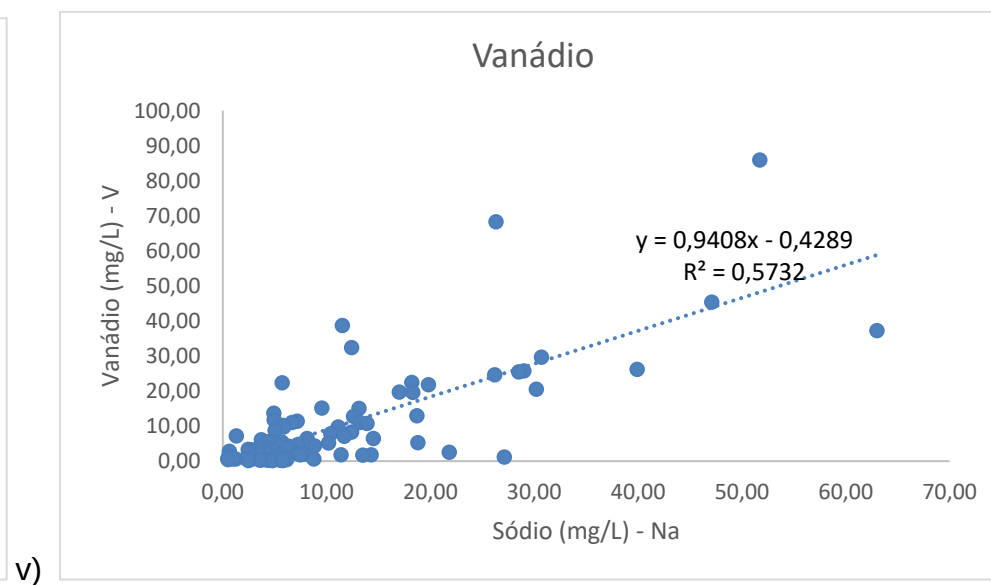
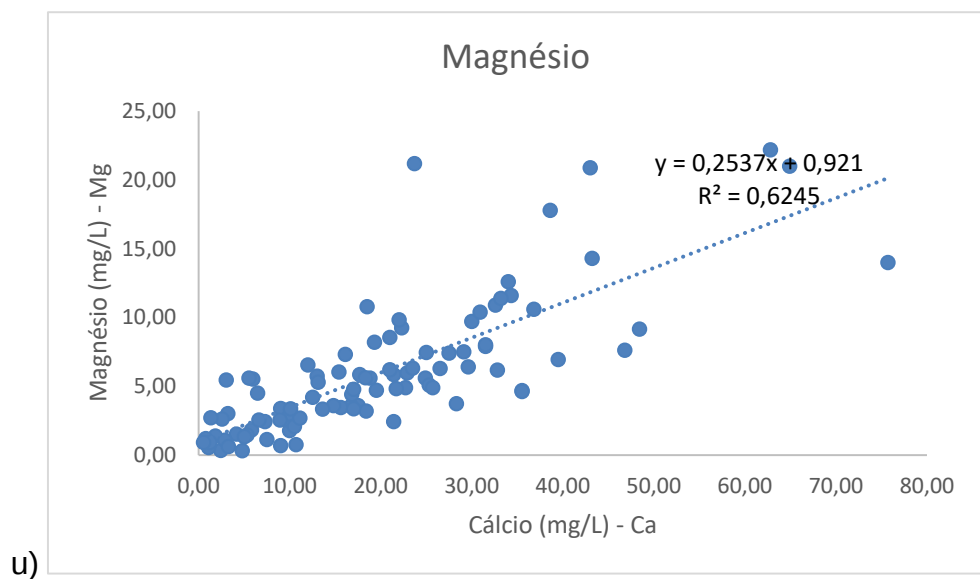
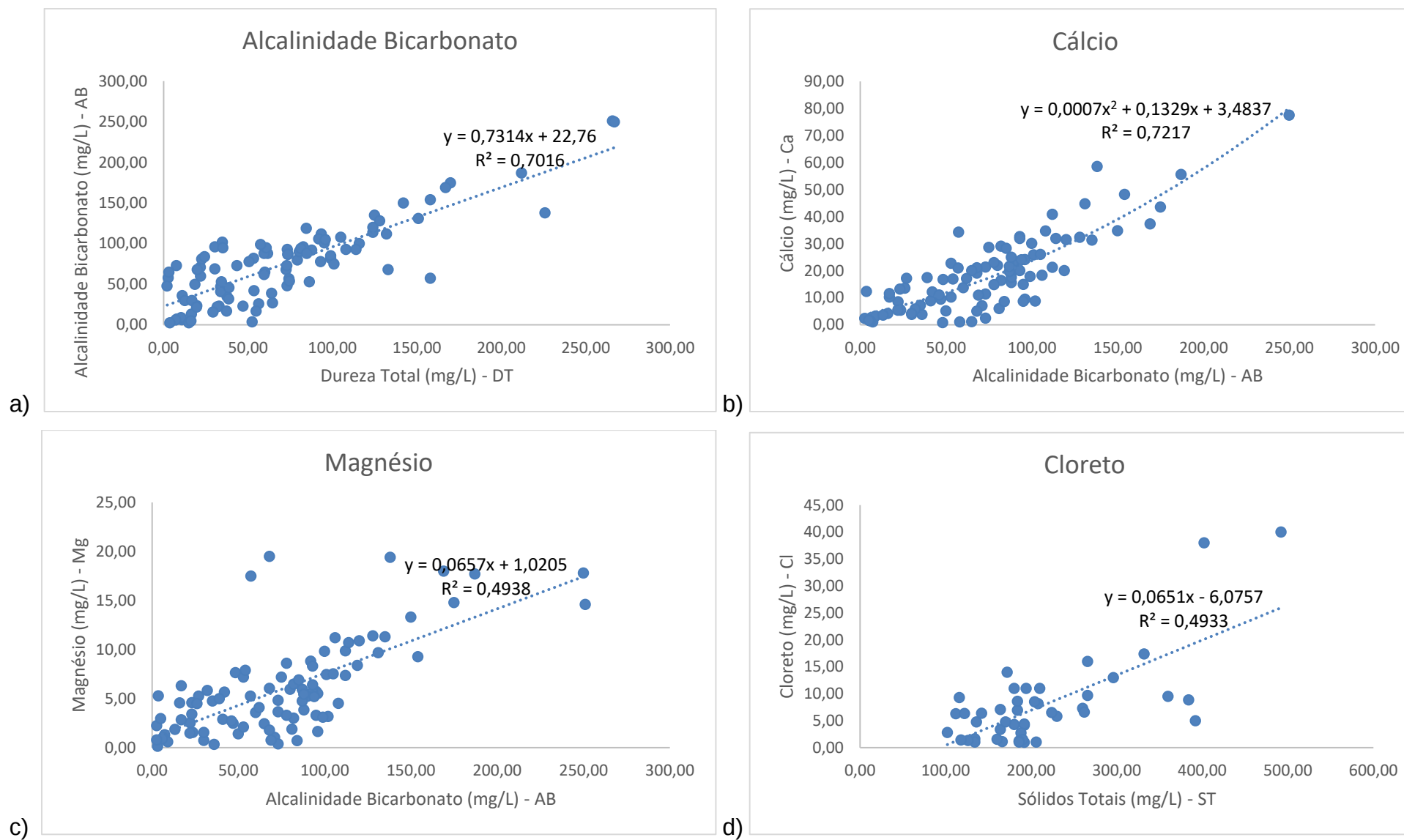


Tabela 03 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Bauru – 2º Semestre 2015

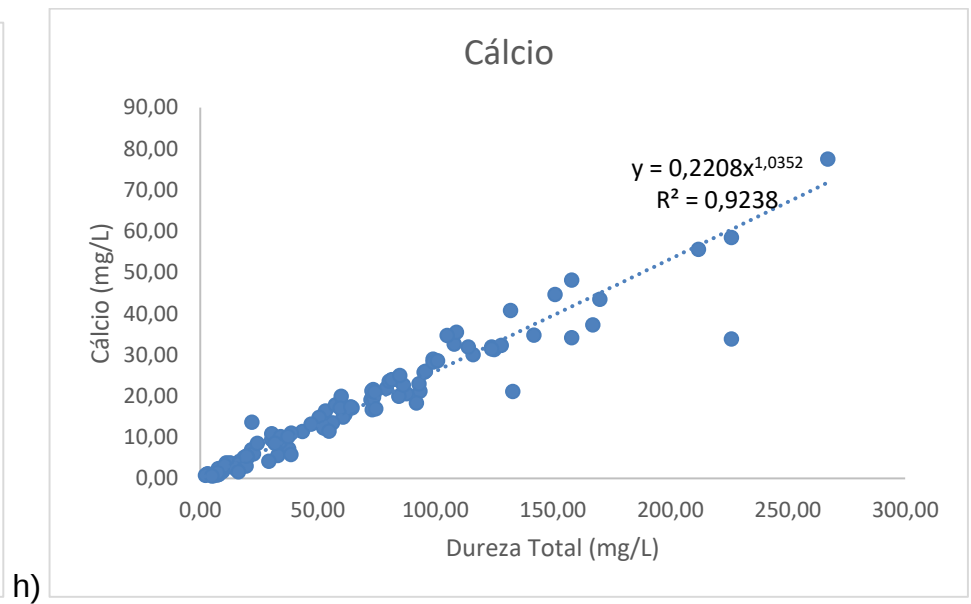
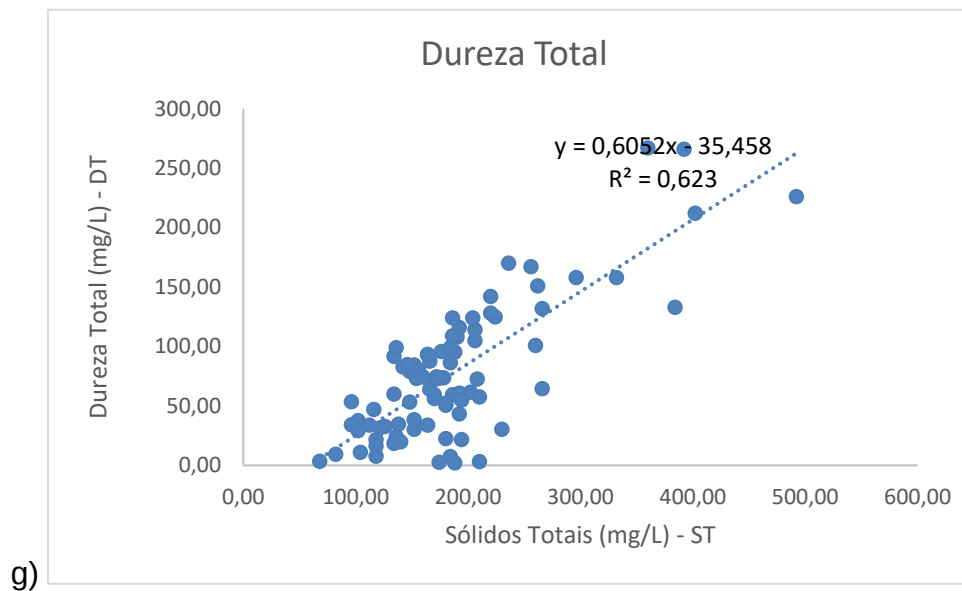
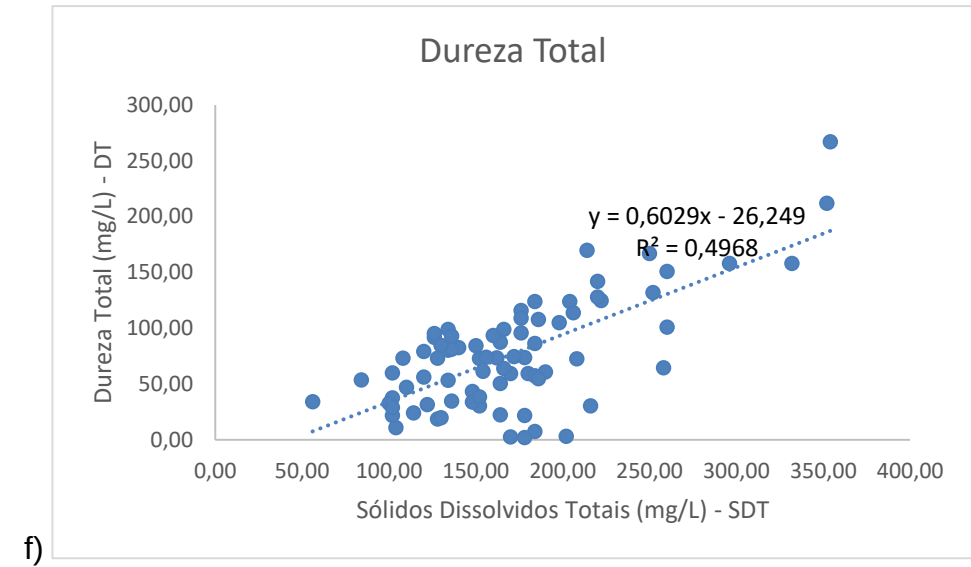
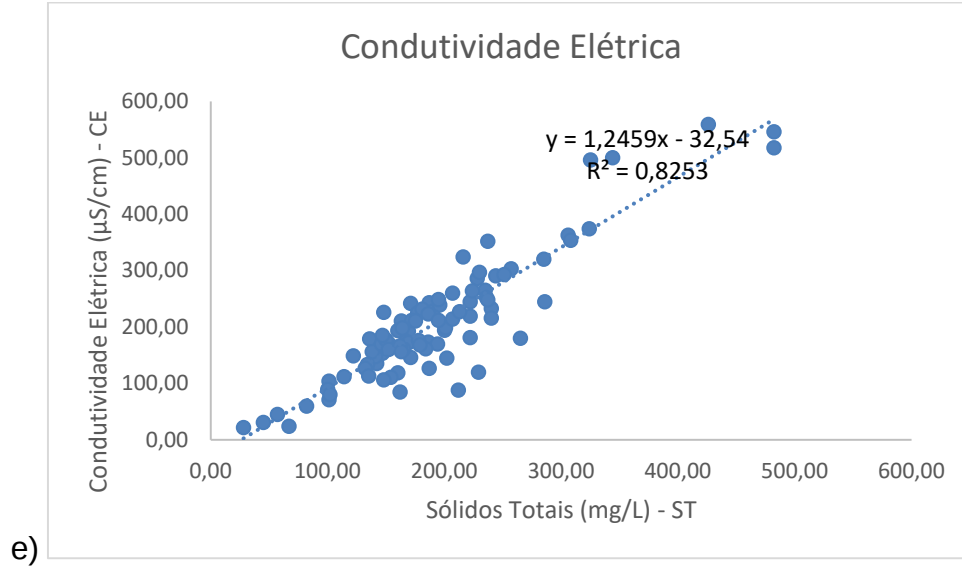
	Alc_B	Cloreto	CE	Dur_T	Nitrato	pH	SDT	ST	Temp	Alum	Arsên	Bário	Boro	Cálcio	Chumbo	Cobalto	Cobre	Crômio T	Estrôncio	Ferro	Lítio	Magné	Mangan	Níquel	Potássio	Sódio	Titânio	Urânio	Vanádio
Cloreto (mg/L)	0,264																												
CE (µS/cm)	0,624	0,584																											
Dur_T (mg/L)	0,838	0,497	0,686																										
Nitrato (mg/L)	-0,028	0,658	0,480	0,375																									
pH	0,498	-0,015	0,460	0,133	-0,119																								
SDT (mg/L)	0,599	0,648	0,527	0,703	0,480	0,043																							
ST (mg/L)	0,625	0,702	0,708	0,789	0,625	0,095	0,964																						
Temperatura (°C)	-0,021	-0,207	0,070	0,070	0,020	-0,031	-0,132	-0,127																					
Alumínio (µg/L)	-0,318	-0,048	-0,127	-0,043	0,185	-0,236	0,327	-0,015	-0,079																				
Arsênio (µg/L)	-0,104	0,267	0,022	-0,192	0,235	0,315	-0,037	-0,080	-0,072	0,152																			
Bário (µg/L)	0,394	0,581	0,384	0,624	0,632	-0,073	0,489	0,499	0,018	0,049	0,021																		
Boro (µg/L)	-0,136	0,058	-0,103	-0,378	-0,169	0,525	-0,079	-0,162	-0,169	-0,143	0,513	-0,346																	
Cálcio (mg/L)	0,833	0,513	0,618	0,962	0,295	0,160	0,691	0,714	0,054	-0,080	-0,173	0,567	-0,355																
Chumbo (µg/L)	-0,286	-0,059	-0,122	0,006	0,211	-0,337	-0,080	-0,093	0,157	0,432	-0,031	0,062	-0,221	-0,095															
Cobalto (µg/L)	-0,413	-0,026	-0,341	-0,340	0,114	-0,503	0,059	-0,079	0,080	0,177	-0,015	-0,010	-0,203	-0,360	0,093														
Cobre (µg/L)	-0,259	0,104	-0,277	-0,221	-0,001	-0,329	0,099	-0,183	-0,144	0,032	-0,201	-0,093	-0,131	-0,282	-0,013	0,341													
Crômio Total (µg/L)	0,209	-0,066	0,264	0,026	0,038	0,556	0,080	0,136	0,054	-0,158	0,293	-0,174	0,394	0,061	-0,181	-0,304	-0,306												
Estrôncio (µg/L)	0,617	0,093	0,342	0,572	0,074	0,347	0,317	0,320	-0,002	-0,157	-0,039	0,285	-0,145	0,513	-0,023	-0,276	-0,156	0,239											
Ferro (µg/L)	-0,198	-0,093	-0,026	-0,037	0,213	-0,164	-0,033	-0,013	0,122	0,213	0,156	0,177	-0,174	-0,077	0,546	0,071	-0,027	-0,010	-0,090										
Lítio (µg/L)	0,539	0,479	0,499	0,538	0,297	0,310	0,275	0,370	-0,023	-0,046	0,117	0,331	-0,280	0,492	-0,103	-0,252	-0,247	0,103	0,468	-0,107									
Magnésio (mg/L)	0,703	0,560	0,669	0,914	0,558	0,288	0,667	0,774	0,075	-0,017	-0,079	0,676	-0,322	0,816	-0,143	-0,270	-0,291	0,185	0,494	-0,032	0,539								
Manganês (µg/L)	-0,374	-0,059	-0,267	-0,223	0,241	-0,491	0,068	-0,062	0,102	0,359	0,336	-0,074	-0,276	-0,247	0,538	0,491	-0,011	-0,255	-0,225	0,161	-0,196	-0,236							
Níquel (µg/L)	-0,364	0,038	-0,158	-0,150	0,404	-0,491	0,055	0,097	0,040	0,174	-0,124	0,252	-0,215	-0,244	0,230	0,709	0,372	-0,213	-0,286	0,242	-0,234	0,009	0,317						
Potássio (mg/L)	-0,102	0,382	0,240	0,265	0,584	-0,312	0,180	0,240	0,106	0,183	-0,079	0,534	-0,424	0,228	0,158	0,096	0,044	-0,065	-0,111	0,266	0,128	0,384	-0,091	0,486					
Sódio (mg/L)	0,145	0,110	0,259	-0,124	0,030	0,664	0,097	0,067	-0,081	-0,129	0,385	-0,188	0,643	-0,151	-0,128	-0,206	-0,172	0,562	0,182	-0,090	0,103	-0,067	-0,185	-0,291	-0,419				
Titânio (µg/L)	0,354	-0,008	0,408	0,488	0,191	0,253	0,234	0,231	0,232	0,107	-0,102	0,283	-0,227	0,468	-0,093	-0,299	-0,298	0,223	0,261	0,035	0,422	0,552	-0,269	-0,096	0,404	-0,116			
Urânio (µg/L)	0,411	0,043	0,221	0,248	-0,049	0,468	0,166	0,161	-0,107	-0,138	0,273	-0,043	0,288	0,171	-0,117	-0,243	-0,145	0,398	0,580	-0,192	0,355	0,289	-0,255	-0,323	-0,240	0,529	0,151		
Vanádio (µg/L)	0,095	-0,158	0,094	-0,263	-0,226	0,729	0,006	-0,033	-0,057	-0,124	0,265	-0,317	0,696	-0,259	-0,239	-0,216	-0,238	0,560	0,088	-0,129	-0,018	-0,144	-0,190	-0,359	-0,540	0,356	-0,220	0,365	
Zinco (µg/L)	0,114	-0,011	0,076	0,263	0,043	-0,203	0,038	0,067	0,178	-0,044	-0,186	0,118	0,027	0,128	-0,417	0,139	0,258	-0,088	0,330	0,339	0,101	0,067	0,011	0,261	0,078	0,006	-0,122	0,079	-0,089

**Coeficiente de correlação de destaque: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

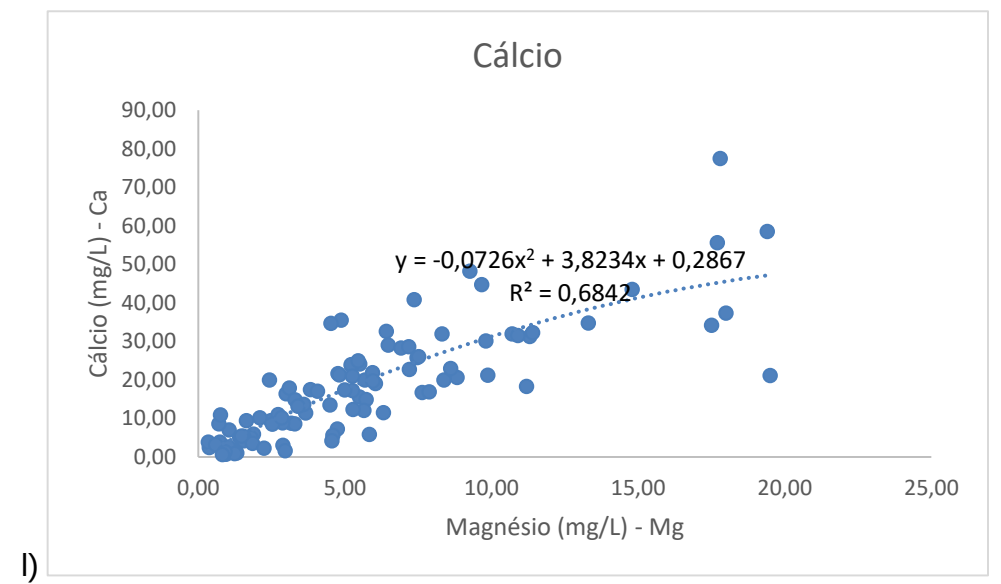
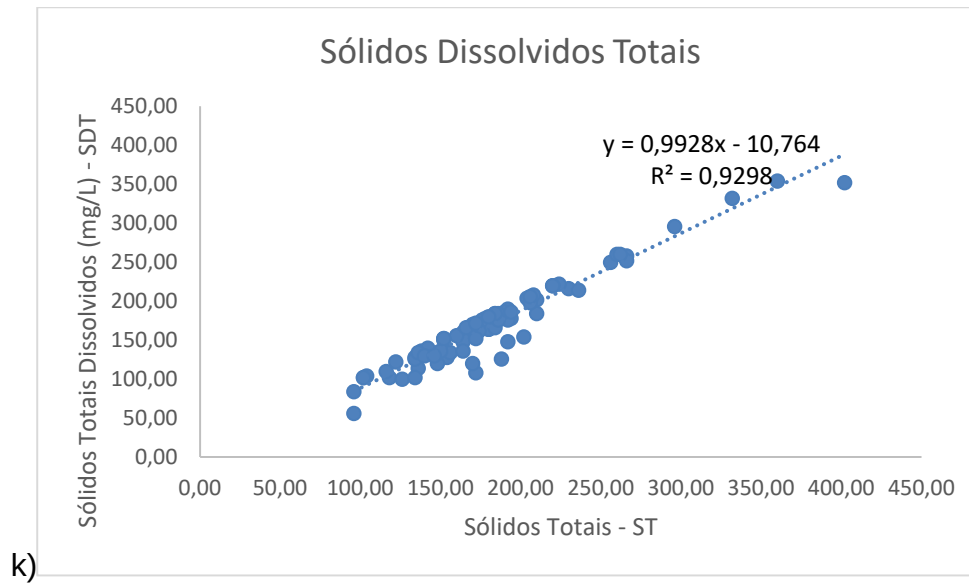
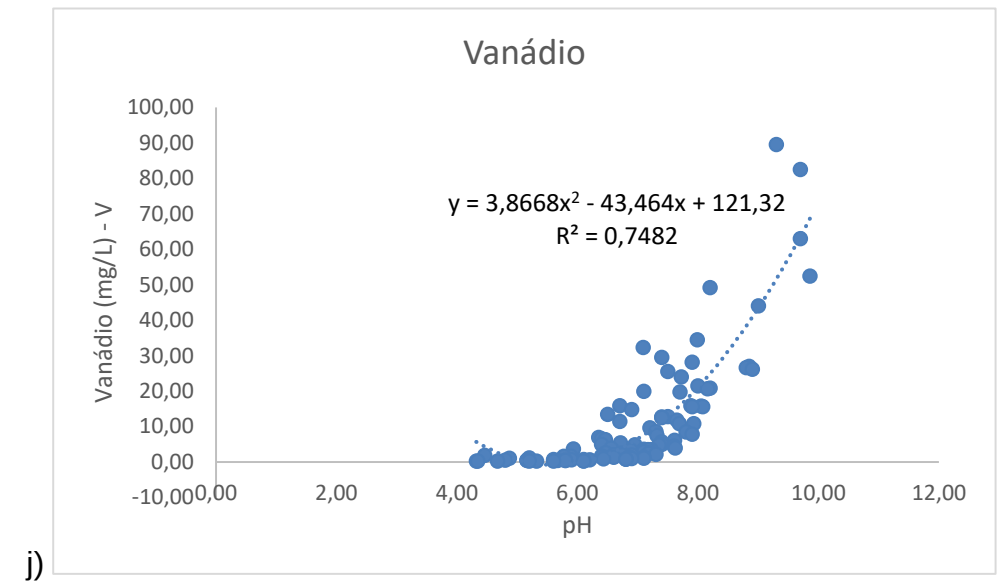
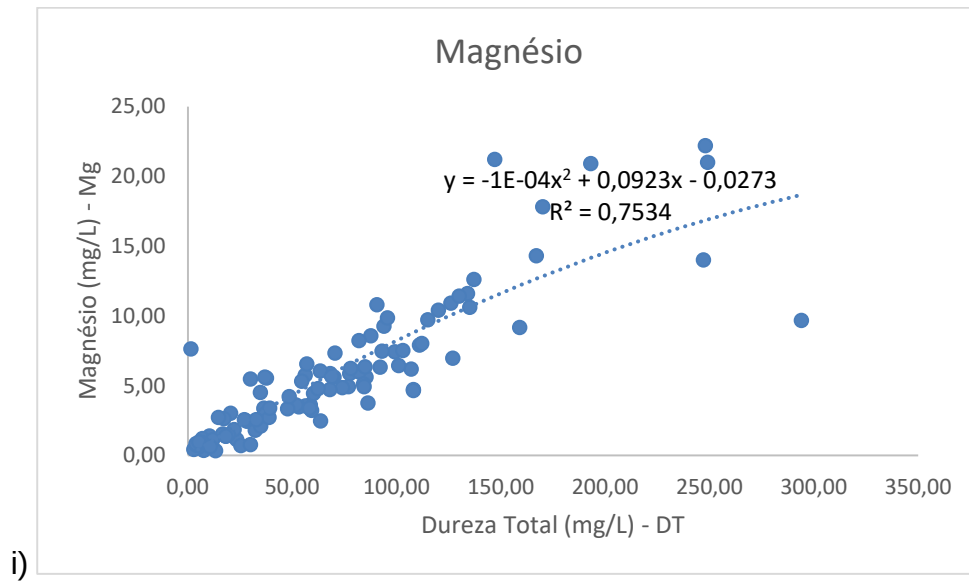
Quadro 02 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 2º Semestre de 2015



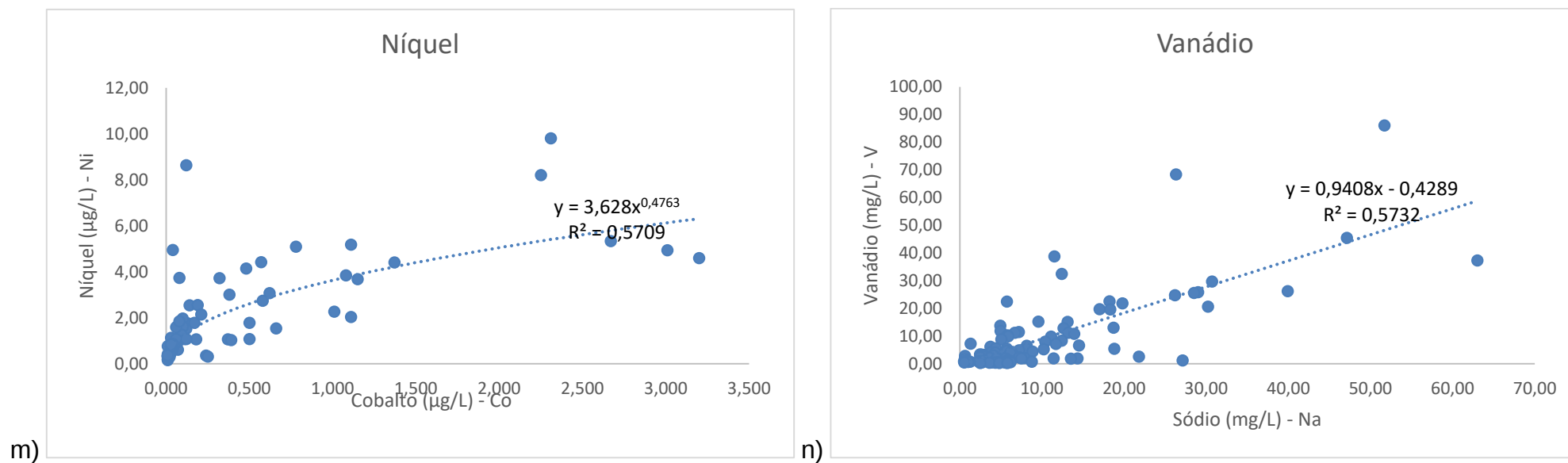
Quadro 02 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 2º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 02 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 2º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 02 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Bauru – 2º Semestre de 2015 (conclusão)



Outro caso que vale a pena ser citado é o Magnésio e a Condutividade Elétrica. Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais (Quadro 02) também, porém estes últimos serão desconsiderados na análise por apresentarem características extremamente semelhantes. Como dito por Sharma e Chhipa (2016), a condutividade elétrica está diretamente relacionado à sais dissolvidos em água.

A condutividade elétrica é um parâmetro que chama bastante atenção na matriz de correlação de Pearson e consequentemente nos gráficos de dispersão. Sendo assim, a condutividade elétrica depende das condições iônicas e da temperatura, e além de indicar a quantidade de sais existentes na coluna de água, esta representa uma medida indireta da concentração de poluentes (CETESB, 2015).

Já no 2º Semestre de 2015 (Tabela 03) observamos uma relação entre o Cálcio e a Dureza Total, bem como o Vanádio e o Cálcio.

Como cita Marques (2018), o magnésio é o principal responsável pela dureza total e o cálcio da água e segundo Moraes *et al.* (1974), fatores como inundação do solo causam aumento da Condutividade Elétrica e isso faz com que elementos sejam liberados, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e o magnésio. Sendo assim, a condutividade elétrica parece estar diretamente ligada ao magnésio.

A Dureza Total também é chamada de água dura, sendo que é aquela que contém um alto nível de minerais e tem quantidades variáveis de compostos, principalmente sais de magnésio e cálcio. Eles respondem por boa parte da dureza da água, e o grau de dureza é diretamente proporcional à concentração desses sais (ZAMORA, 2009).

Existem processos industriais aos quais para se obter o Vanádio Metálico é necessário dissolver o vanadato (derivado do Vanádio) utilizando o cálcio (SOUSA, 2004). Então, pode ser que a relação entre o Vanádio e o Cálcio em diversos casos é industrial.

5.2 AQUÍFERO PRÉ-CAMBRIANO

5.2.1 Análise descritiva Aquífero Pré-Cambriano

No AB foram considerados pelo menos 30 (trinta) pares em todos os parâmetros estudados. Na Tabela 04 é apresentado o resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade da água do SAC, entre 2013-2015.

Tabela 04 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade da água do SAC entre 2013-2015

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Alcalinidade Bicarbonato (µg L ⁻¹)									
Al B 13_1 ⁽⁵²⁾	75,30	76,05	5,29	204	OC*	44,05	58,50	0,43	0,63
Al B 13_2 ⁽⁵³⁾	70,03	72,6	3,91	206	OC*	44,67	63,79	0,71	0,74
Al B 14_1 ⁽⁵⁷⁾	69,96	71	0	200	OC*	42,55	60,82	0,81	0,63
Al B 14_2 ⁽⁵⁸⁾	71,23	72,6	0	204	OC*	46,47	61,02	0,72	0,60
Al B 15_1 ⁽⁵⁷⁾	70,49	72	2,71	196	OC*	41	58,16	0,51	0,56
Al B 15_2 ⁽⁴⁸⁾	65,55	69,75	2,1	208	OC*	45,72	65,74	1,06	0,81
Cloreto (µg L ⁻¹)									
Cl- 13_1 ⁽⁴⁹⁾	5,36	3,74	0,6	40	0	6,27	117,08	19,74	4,02
Cl- 13_2 ⁽⁴⁷⁾	5,44	3,62	0,6	37	0	6,40	117,56	12,83	3,25
Cl- 14_1 ⁽⁵⁰⁾	5,08	3,32	0,6	40	0	20,33	122,70	20,33	4,07
Cl- 14_2 ⁽⁵²⁾	5,22	3,48	0,7	39	0	5,99	114,84	19,71	3,89
Cl- 15_1 ⁽⁵⁴⁾	5,32	3,16	0,6	38	0	6,15	115,46	15,10	3,43
Cl- 15_2 ⁽⁵²⁾	5,11	3,25	0,7	37	0	5,83	114,21	17,41	3,68
Condutividade Elétrica (µS cm L ⁻¹)									
C E 13_1 ⁽⁵⁴⁾	181,92	171,95	19	217	OC*	104,16	57,25	2,18	1,08
C E 13_2 ⁽⁵³⁾	183,95	176	19	554	OC*	103,43	56,23	1,94	0,97
C E 14_1 ⁽⁵⁷⁾	177,12	169,2	18,6	553	OC*	103,27	58,31	1,95	0,95
C E 14_2 ⁽⁵⁹⁾	179,93	163	18	562	OC*	102,37	56,89	1,95	0,90
C E 15_1 ⁽⁵⁷⁾	183,31	181	18	387	OC*	92,95	50,70	-0,65	0,20
C E 15_2 ⁽⁵⁷⁾	174,36	170	18	387	OC*	93,59	53,68	-0,59	0,32
Dureza Total (µg L ⁻¹)									
D T 13_1 ⁽⁵³⁾	63,59	46,9	1,77	217	OC*	49,53	77,89	1,78	1,37
D T 13_2 ⁽⁵²⁾	64,24	52,15	5,12	214	OC*	49,07	76,39	1,57	1,27
D T 14_1 ⁽⁵⁶⁾	65,59	53,05	6,42	219	OC*	49,86	76,01	2,03	1,47
D T 14_2 ⁽⁵⁸⁾	65,76	56,1	6,83	210	OC*	46,51	70,72	6,83	1,21
D T 15_1 ⁽⁵⁶⁾	58,29	45,7	1,99	208	OC*	41,35	70,93	2,19	1,27
D T 15_2 ⁽⁵⁷⁾	60,26	51,4	1,8	202	OC*	44,90	74,52	1,25	1,19

Tabela 04 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAC entre 2013-2015 (continuação)

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
pH									
pH 13_1 ⁽⁵⁴⁾	6,95	7	5	9,03	OC*	0,72	10,39	1,10	-0,04
pH 13_2 ⁽⁵³⁾	6,85	6,86	5,16	9,38	OC*	0,82	11,92	1,56	0,60
pH 14_1 ⁽⁵⁷⁾	6,89	6,9	5,08	9,38	OC*	0,74	10,74	1,83	0,54
pH 14_2 ⁽⁵⁹⁾	6,85	6,8	5,11	9,24	OC*	0,74	10,78	1,12	0,49
pH 15_1 ⁽⁵⁷⁾	6,92	6,87	5,08	9,3	OC*	0,75	10,85	1,84	0,89
pH 15_2 ⁽⁵⁴⁾	6,88	6,9	5,07	8,8	OC*	0,71	10,36	0,53	0,1
Sólidos Dissolvidos Totais (µg L ⁻¹)									
SDT 13_1 ⁽³⁸⁾	153,10	155	62	306	0	48,77	31,85	1,74	0,80
SDT 13_2 ⁽³⁶⁾	163,30	150	74	322	0	49,05	30,03	2,37	1,23
SDT 14_1 ⁽³⁴⁾	153,85	142	77	314	0	51,79	33,66	1,15	0,97
SDT 14_2 ⁽³⁹⁾	156,87	158	55	316	0	56,17	35,81	0,56	0,57
SDT 15_1 ⁽³⁸⁾	161,31	158	50	310	0	60,27	37,36	-0,09	0,16
SDT 15_2 ⁽⁴³⁾	154,86	150	60	334	0	59,63	38,50	1,97	1,05
Sólidos Totais (µg L ⁻¹)									
ST 13_1 ⁽⁴⁴⁾	160,5	162	52	318	OC*	52,66	32,81	1,05	0,56
ST 13_2 ⁽⁴²⁾	173,81	159,5	84	348	OC*	55,70	32,04	1,01	0,88
ST 14_1 ⁽³⁷⁾	164,59	145	70	324	OC*	54,97	33,39	0,42	0,87
ST 14_2 ⁽⁴⁴⁾	173,14	159	65	560	OC*	80,98	46,77	11,54	2,75
ST 15_1 ⁽⁴⁵⁾	164,09	161	50	344	OC*	67,17	40,93	0,38	0,58
ST 15_2 ⁽⁴⁴⁾	167,11	161	62	334	OC*	58,96	35,28	1,00	0,84
Temperatura (C°)									
TP 13_1 ⁽⁵⁴⁾	22,13	22	17	25,5	OC*	1,74	7,86	0,18	-0,29
TP 13_2 ⁽⁵³⁾	21,98	21,69	16,7	26	OC*	1,72	7,83	1,46	-0,48
TP 14_1 ⁽⁵⁵⁾	22,33	22,5	18	25,4	OC*	1,67	7,48	-0,66	-0,35
TP 14_2 ⁽⁵⁹⁾	22,50	22,2	17,5	31,2	OC*	2,07	9,21	4,97	1,20
TP 15_1 ⁽⁵⁷⁾	22,65	22,5	17,9	28,5	OC*	2,24	7,78	2,24	0,11
TP 15_2 ⁽⁵⁷⁾	22,43	22,3	18	27,3	OC*	1,54	6,88	1,81	0,37
Bário (µg L ⁻¹)									
Ba 13_1 ⁽⁵²⁾	48,15	26,35	1,52	374	0	61,84	128,44	14,47	3,23
Ba 13_2 ⁽⁵⁰⁾	53,13	27,85	1,46	404	0	69,41	130,64	12,71	3,06
Ba 14_1 ⁽⁵⁵⁾	50,91	34,8	2,18	413	0	64,36	126,42	18,20	3,67
Ba 14_2 ⁽⁵⁷⁾	46,89	27	2	400	0	62,88	134,10	17,36	3,59
Ba 15_1 ⁽⁵⁷⁾	45,81	27	1	390	0	60,91	132,97	17,64	3,54
Ba 15_2 ⁽⁵⁵⁾	46,38	26	2	390	0	60,77	131,01	18,54	3,71
Cálcio (µg L ⁻¹)									
Ca 13_1 ⁽⁵³⁾	18,31	14,7	0,92	66,1	OC*	14,62	79,84	1,26	1,23
Ca 13_2 ⁽⁵¹⁾	18,07	15,2	0,59	64,3	OC*	14,21	78,67	1,11	1,14
Ca 14_1 ⁽⁵⁷⁾	17,51	12,7	0,42	66,1	OC*	14,56	83,15	1,59	1,31
Ca 14_2 ⁽⁵⁸⁾	18,22	16,2	0,78	63,7	OC*	13,78	75,64	1,06	1,07
Ca 15_1 ⁽⁵⁷⁾	17,03	14,9	0,27	62,8	OC*	13,09	76,83	1,64	1,17
Ca 15_2 ⁽⁵⁶⁾	16,97	14,4	0,88	61,4	OC*	13,24	78,15	1,20	1,14
Chumbo (µg L ⁻¹)									
Pb 13_1 ⁽⁴⁵⁾	0,59	0,12	0,02	8,79	0	1,46	254,97	23,27	4,52
Pb 13_2 ⁽⁴⁹⁾	3,61	0,12	0,02	145	2	20,73	574,46	47,87	6,89
Pb 14_1 ⁽⁴⁹⁾	1,01	0,26	0,05	8,04	0	1,89	188,53	8,43	3
Pb 14_2 ⁽³⁵⁾	1,42	0,18	0,05	24,7	1	4,32	303,28	27,33	5,06
Pb 15_1 ⁽³²⁾	3,45	0,38	0,06	78,5	2	13,9	402,59	29,98	5,42
Pb 15_2 ⁽³⁹⁾	0,45	0,25	0,05	2,15	0	0,50	110,64	3,33	1,81
Cobre (µg L ⁻¹)									
Cu 13_1 ⁽⁵¹⁾	3,92	0,51	0,05	108	0	15,22	388,30	46,07	6,66
Cu 13_2 ⁽⁴⁷⁾	24,20	0,59	0,05	655	0	106,14	438,62	29,45	5,31

Tabela 04 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAC entre 2013-2015 (continuação)

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Cu 14_1⁽⁵¹⁾	4,87	1,35	0,2	35,6	0	7,44	152,59	7,06	2,61
Cu 14_2⁽⁵⁰⁾	10,44	1,05	0,23	304	0	43,91	420,63	43,04	6,42
Cu 15_1⁽⁴⁰⁾	39,29	1,67	0,21	1325	0	209,10	532,16	39,51	6,27
Cu 15_2⁽⁴⁴⁾	2,65	0,91	0,15	12,3	0	3,40	128,05	2,01	1,72
Crômio Total ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Cr 13_1⁽⁴⁷⁾	0,58	0,28	0,05	5,3	0	0,85	144,55	20,82	4,01
Cr 13_2⁽⁵¹⁾	0,68	0,39	0,05	4,57	0	0,81	119,64	10,23	2,74
Cr 14_1⁽³³⁾	0,88	0,52	0,21	4,9	0	0,98	111,53	9,27	2,86
Cr 14_2⁽²⁶⁾	0,99	0,64	0,18	5,2	0	1,10	110,12	8,87	2,82
Cr 15_1⁽²⁴⁾	1,08	0,77	0,22	5,06	0	1,12	103,54	7,07	2,55
Cr 15_2⁽²⁴⁾	1,02	0,67	0,21	4,81	0	1,07	104,83	6,90	2,53
Estrôncio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Sr 13_1⁽⁵⁴⁾	109,81	102	1,82	900	OC*	175,93	109,81	6,14	2,36
Sr 13_2⁽⁵¹⁾	158,77	99,8	6,2	959	OC*	171,20	107,83	9,04	2,64
Sr 14_1⁽⁵⁷⁾	173,68	126	2,82	909	OC*	181,13	104,29	6,77	2,43
Sr 14_2⁽⁵⁹⁾	164,10	120	3	920	OC*	170,1	103,65	7,67	2,55
Sr 15_1⁽⁵⁷⁾	163,16	120	2	900	OC*	162,48	99,59	7,30	2,42
Sr 15_2⁽⁵⁷⁾	160,9	120	2	880	OC*	170,08	105,71	6,01	2,34
Cobalto ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Co 13_1⁽⁴⁹⁾	0,11	0,03	0,01	1,44	SEM	0,24	225,36	21,56	4,45
Co 13_2⁽⁴⁸⁾	0,22	0,05	0,01	4,04	SEM	0,62	288,70	31,58	5,41
Co 14_1⁽⁵²⁾	0,19	0,07	0,02	2,62	SEM	0,39	202,37	31,62	5,25
Co 14_2⁽⁵⁴⁾	0,37	0,04	0,01	13,7	SEM	1,86	502,40	52,13	7,17
Co 15_1⁽⁵⁰⁾	0,22	0,04	0,01	5,02	SEM	0,73	339,55	39,51	6,09
Co 15_2⁽⁵³⁾	0,1	0,03	0,01	1,48	SEM	0,21	215,64	35,04	5,54
Ferro ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Fe 13_1⁽⁴⁶⁾	611,54	26,8	2,32	12820	11	1989,01	325,24	32,99	5,47
Fe 13_2⁽⁴²⁾	481,80	57,57	2,67	3957	9	992,27	205,65	5,10	2,42
Fe 14_1⁽⁵⁰⁾	473,67	23,7	2,4	5653	12	473,67	247,82	2,4	5653
Fe 14_2⁽⁵¹⁾	1059,26	24,4	2,06	28073	11	4178,91	394,51	2,06	28073
Fe 15_1⁽⁴⁶⁾	801,66	29,9	2,45	12590	11	2240,85	279,52	2,45	12590
Fe 15_2⁽⁴⁹⁾	443,86	25,3	2,09	4217	15	1001,58	225,65	2,09	4217
Lítio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Li 13_1⁽⁵⁴⁾	9,11	5,19	0,57	35,8	SEM	8,71	95,57	0,90	1,25
Li 13_2⁽⁵³⁾	8,71	4,59	0,47	35,7	SEM	8,68	99,67	0,89	1,24
Li 14_1⁽⁵⁷⁾	15,08	7,97	0,66	181	SEM	25,10	166,44	34,89	5,38
Li 14_2⁽⁵⁹⁾	11,06	7,07	0,18	36,1	SEM	10,31	93,27	-0,86	0,73
Li 15_1⁽⁵⁷⁾	10,38	5,35	0,5	37,5	SEM	-0,32	95,28	-0,32	0,90
Li 15_2⁽⁵⁷⁾	9,58	4,99	0,55	36,7	SEM	9,18	95,82	0,33	1,11
Magnésio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Mg 13_1⁽⁵³⁾	4,65	3,7	0,1	19,2	OC*	4,10	88,23	2,49	1,57
Mg 13_2⁽⁵¹⁾	4,89	3,76	0,17	19,9	OC*	4,32	88,43	2,07	1,47
Mg 14_1⁽⁵⁶⁾	5,12	4,02	0,32	20,8	OC*	4,25	83,12	2,56	1,53
Mg 14_2⁽⁵⁸⁾	4,93	3,87	0,06	18,9	OC*	4,04	82,04	1,57	1,28
Mg 15_1⁽⁵⁵⁾	4,59	3,44	0,25	18,7	OC*	3,94	85,88	2,28	1,51
Mg 15_2⁽⁵⁶⁾	4,61	3,75	0,22	17,7	OC*	3,81	82,72	1,71	1,35
Manganês ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Mn 13_1⁽⁵²⁾	37,09	3,29	0,05	295	8	67,42	181,77	5,20	2,31
Mn 13_2⁽⁵²⁾	33,36	2,66	0,06	323	6	64,47	193,27	8,76	2,84
Mn 14_1⁽⁵⁵⁾	36,11	5,51	0,14	303	4	64,01	177,28	9,96	2,99
Mn 14_2⁽⁵⁴⁾	62,61	6,93	0,13	575	12	113,78	181,72	8,19	2,69

Tabela 04 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAC entre 2013-2015 (conclusão)

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Varição (%)	Curtose	Assimetria
Mn 15_1₍₄₉₎	40,05	6,66	0,19	252	7	61,63	153,87	3,41	1,98
Mn 15_2₍₅₁₎	33,56	2,98	0,11	235	7	51,53	153,57	4,11	1,97
Níquel ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Ni 13_1₍₄₉₎	0,83	0,54	0,11	8,11	0	1,25	151,12	25,29	4,63
Ni 13_2₍₅₂₎	1,10	0,95	0,12	3,53	0	0,73	66,20	1,04	0,93
Ni 14_1₍₅₄₎	2,42	1,14	0,13	50,6	0	6,78	279,74	50,70	7,02
Ni 14_2₍₅₇₎	1,12	0,66	0,11	6,14	0	1,26	112,29	5,76	2,35
Ni 15_1₍₅₂₎	1,15	0,54	0,11	11,2	0	1,87	162,89	17,01	3,79
Ni 15_2₍₅₄₎	0,92	0,67	0,13	3,49	0	2,70	84,71	2,70	1,61
Potássio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
K 13_1₍₅₄₎	2,33	2,3	0,37	8,11	OC*	1,35	57,88	5,02	1,43
K 13_2₍₅₃₎	2,22	2,17	0,34	8,2	OC*	1,33	60,19	6,46	1,70
K 14_1₍₅₇₎	2,40	2,31	0,43	7,88	OC*	1,41	58,65	5,33	1,75
K 14_2₍₅₉₎	2,28	2,07	0,39	7,48	OC*	1,34	58,95	4,08	1,51
K 15_1₍₅₇₎	2,30	2,1	0,4	8,92	OC*	1,52	66,10	6,71	2,12
K 15_2₍₅₇₎	2,22	2,02	0,37	7,61	OC*	1,30	58,71	5,18	1,73
Sódio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Na 13_1₍₅₄₎	16,44	12,55	2,3	98,5	0	17,85	108,53	11,71	3,15
Na 13_2₍₅₃₎	14,36	10,8	1,99	95,8	0	16,79	116,93	13,72	3,44
Na 14_1₍₅₇₎	14,01	11,4	2,48	90,7	0	13,90	99,21	16,25	3,42
Na 14_2₍₅₉₎	14,53	11,5	2,44	90,6	0	14,89	102,45	12,89	3,18
Na 15_1₍₅₇₎	14,35	11,3	2,02	90,6	0	15,95	111,14	11,75	3,17
Na 15_2₍₅₇₎	12,53	10,8	2,2	88,7	0	13,13	104,80	19,99	3,83
Titânio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Ti 13_1₍₅₄₎	1,71	1,52	0,2	8,85	OC*	1,33	77,69	16,84	3,61
Ti 13_2₍₅₃₎	2,09	2,02	0,42	6,01	OC*	1,14	54,74	2,48	1,27
Ti 14_1₍₅₇₎	2,72	2,59	0,23	7,39	OC*	1,59	58,64	0,38	0,76
Ti 14_2₍₅₉₎	2,43	2,46	0,43	5,74	OC*	1,18	48,51	0,17	0,41
Ti 15_1₍₅₇₎	2,00	1,94	0,25	8,62	OC*	1,28	63,91	12,42	2,67
Ti 15_2₍₅₆₎	2,20	2,01	0,29	4,63	OC*	1,13	51,43	-0,83	0,22
Urânio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
U 13_1₍₅₀₎	0,70	0,09	0,01	10,2	0	1,33	264,17	16,84	3,61
U 13_2₍₄₅₎	0,79	0,11	0,01	8,44	0	1,74	220,60	13,82	3,66
U 14_1₍₅₃₎	2,09	0,12	0,01	72,5	0	9,98	477,83	50,22	7,01
U 14_2₍₅₃₎	0,93	0,15	0,01	7,35	0	1,77	190,71	5,77	2,55
U 15_1₍₅₇₎	1,92	0,08	0,01	66,8	0	8,92	463,81	52,45	7,13
U 15_2₍₅₃₎	1,95	0,11	0,01	58,1	0	8,20	419,31	44,25	6,48
Vanádio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
V 13_1₍₄₅₎	1,17	0,51	0,02	13,3	0	2,13	181,75	24,45	4,54
V 13_2₍₄₆₎	1,05	0,46	0,03	12,6	0	1,99	190,08	23,02	4,70
V 14_1₍₄₃₎	1,40	0,6	0,2	14,3	0	2,37	169,13	21,40	4,29
V 14_2₍₃₆₎	2,13	0,94	0,21	18	0	3,29	154,90	15,56	3,62
V 15_1₍₃₄₎	1,52	0,74	0,2	11,7	0	2,21	145,11	13,73	3,41
V 15_2₍₃₉₎	1,43	0,65	0,174	12,3	0	2,12	148,54	18,21	3,87
Zinco ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Zn 13_1₍₅₄₎	25,25	8,23	1,01	219	0	45,92	181,83	9,70	3,08
Zn 13_2₍₅₃₎	20,68	4,8	0,47	306	0	52,40	253,38	21,02	4,48
Zn 14_1₍₅₅₎	45,64	6,25	0,28	555	0	100,96	221,20	14,48	3,65
Zn 14_2₍₅₈₎	28,38	5,49	0,48	228	0	49,85	175,66	5,04	2,32
Zn 15_1₍₅₂₎	37,94	7,92	0,5	581	0	101,99	268,81	19,07	4,28
Zn 15_2₍₅₀₎	29,31	6,75	0,5	565	0	84,20	287,28	35,03	5,65

^(a) Parâmetros analisados, seguidos do respectivo ano e semestre, sendo o valor entre parênteses o número de observações no período; ^(b) $n.P. > Limite$ = número de poços de monitoramento que apresentaram valores acima do Valor Máximo Permitido (VMP).

OC* = órgãos competentes responsáveis deverão monitorar

SEM = Respetivo parâmetro está presente na RESOLUÇÃO CONAMA no 396/08 porém não apresenta um limite.

Diversos parâmetros como Alcalinidade Carbonato, Berílio, Fluoreto, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl, Nitrogênio Nitrito, Estanho, Mercúrio e Prata também foram cortados por terem menos de 10 amostras. O Aquífero apresenta concentrações de Ferro que ultrapassam o VMP. As relações de Regressão linear entre Boro/Cobre e Chumbo/Boro foram cortadas porque foram encontrados menos de 30 parâmetros e para esta análise não é um calor expressivo.

O Ferro e o Manganês possuem valores que excedem o valor máximo permitido. Já o Aquífero Pré-Cambriano possui grandes concentrações de Ferro (91 amostras ao longo dos 3 anos).

Aqui foram encontradas concentrações de ferro superior ao permitido pela legislação, que é $0,30 \text{ mg.L}^{-1}$, de acordo com a portaria Nº 518 do MS. A presença de Ferro na água dá um tom avermelhado quando exposto ao ar e deixa um gosto amargo e metálico na água (CARVALHO, 2005).

Considera-se que os íons de ferro e manganês em águas possuem o objetivo do abastecimento causam depósitos, incrustações e abrem margem para o aparecimento de bactérias ferruginosas nocivas nas redes de abastecimento. A concentração do manganês é um importante parâmetro que influencia na velocidade de reação, em uma reação autocatalítica, ao qual o próprio elemento atua como catalizador de sua reação (MORUZZI; REALI, 2012).

5.2.2 Matriz de correlação Aquífero Pré-Cambriano

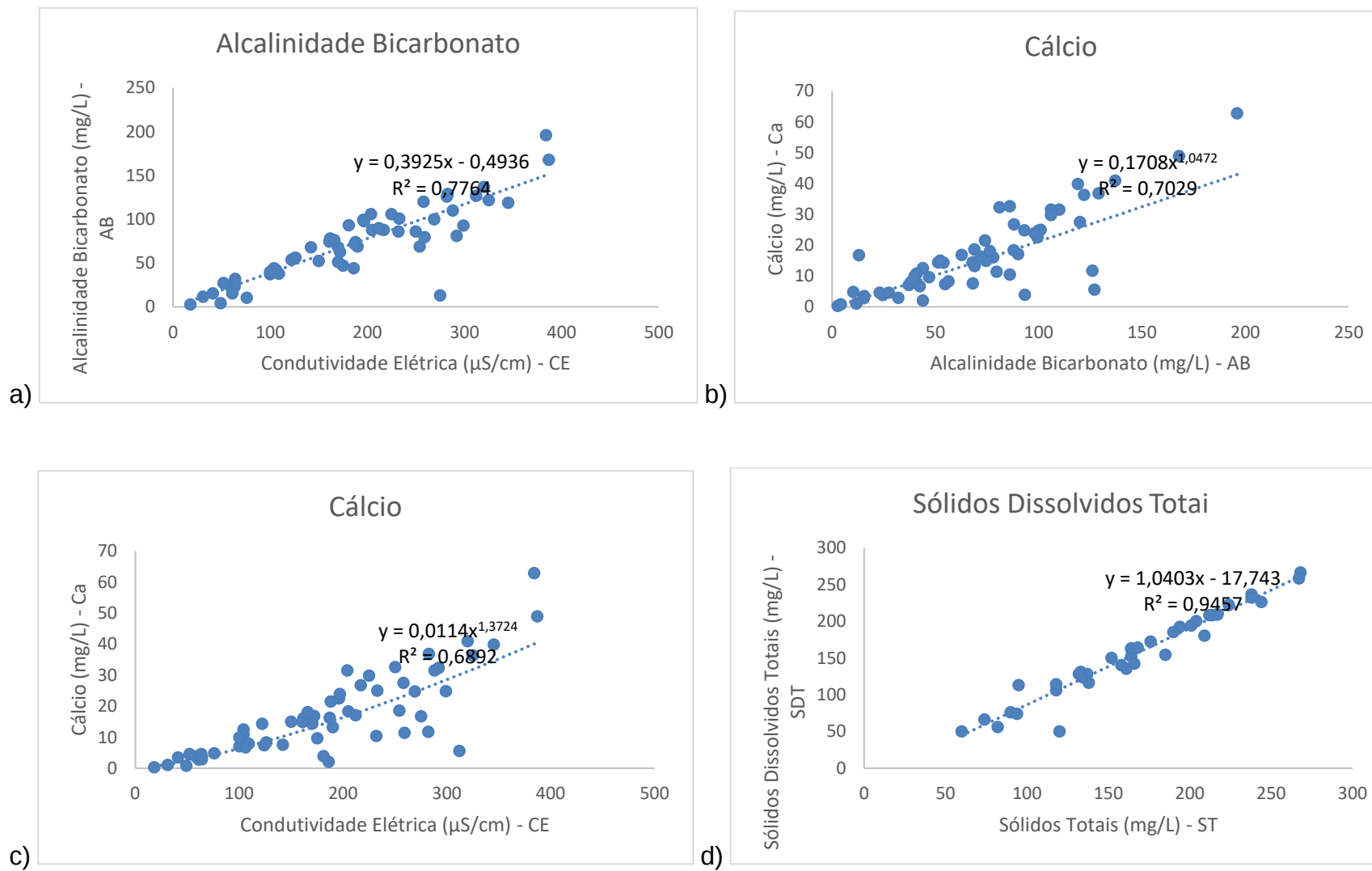
Nas Tabelas 05 e 06 são apresentadas as matrizes de correlação de Pearson entre os pares de parâmetros da qualidade da água no SAC (1º e 2º semestres de 2015, respectivamente). Reforçando que tendo em vista a maior disponibilidade de dados no ano de 2015, esta etapa de análise foi realizada apenas para 2015 (ano mais recente). Nos Quadros 03 e 04 são apresentadas as Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Pré-Cambriano, apenas aqueles que apresentam um $r > 0,700$.

Tabela 05 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Pré-Cambriano – 1º Semestre de 2015

	AlcalBic	Cloreto	Condut	Durez	Fluoret	Nitrato	pH	SDT	S T	Sulfat	Temp	Arsêni	Bário	Boro	Cálcio	Chumb	Cobalt	Cobre	Estrônc	Ferro	Lítio	Magnési	Mangan	Molibd	Níquel	Potás	Sódio	Titâni	Urâni	Vanádi
Cloreto (mg/L)	0,29																													
Condutividade Elétrica (µS/cm)	0,88	0,45																												
Dureza (mg/L)	0,68	0,17	0,68																											
Fluoreto (mg/L)	0,20	0,46	0,38	-0,10																										
Nitrogênio Nitrato (mg/L)	0,05	-0,13	0,04	-0,02	0,19																									
pH	0,41	0,09	0,48	0,24	0,41	-0,07																								
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	0,42	0,23	0,64	0,24	0,24	-0,21	0,53																							
Sólidos Totais (mg/L)	0,61	0,07	0,62	0,32	0,31	0,04	0,34	0,97																						
Sulfato (mg/L)	-0,07	0,23	0,09	-0,03	0,09	0,21	-0,03	-0,02	###																					
Temperatura (°C)	0,14	0,09	0,29	-0,02	0,21	0,15	0,35	0,33	###	0,13																				
Arsênio (µg/L)	0,14	0,18	0,10	0,04	0,05	0,02	0,21	0,26	###	0,30	0,08																			
Bário (µg/L)	0,09	-0,12	0,05	0,10	0,06	0,15	-0,02	0,07	###	-0,34	-0,11	-0,20																		
Boro (µg/L)	0,18	0,58	0,23	-0,16	0,56	-0,02	0,23	0,36	###	0,12	0,19	0,31	0,17																	
Cálcio (mg/L)	0,84	0,15	0,82	0,83	-0,05	-0,16	0,24	0,44	###	0,00	0,09	0,06	0,03	-0,12																
Chumbo (µg/L)	-0,04	0,11	0,03	-0,11	0,13	0,49	-0,14	-0,16	###	-0,01	-0,16	-0,03	0,30	0,46	-0,16															
Cobalto (µg/L)	-0,15	0,44	-0,08	-0,20	0,07	-0,14	-0,28	-0,11	###	0,22	-0,20	0,01	-0,10	0,56	-0,22	0,44														
Cobre (µg/L)	-0,04	0,38	0,03	-0,14	0,11	0,09	-0,09	-0,12	###	0,14	-0,16	0,10	0,14	0,82	-0,18	0,87	0,69													
Estrôncio (µg/L)	0,27	0,00	0,43	0,31	0,22	-0,19	0,42	0,36	###	-0,12	0,39	0,10	0,12	0,05	0,33	0,03	-0,22	-0,10												
Ferro (µg/L)	0,03	0,50	0,09	-0,08	-0,06	0,25	-0,17	-0,09	###	0,37	-0,08	0,27	-0,13	0,39	-0,10	0,41	0,54	0,56	-0,19											
Lítio (µg/L)	0,13	0,36	0,25	0,14	-0,04	0,12	0,20	0,10	###	0,41	0,31	0,54	-0,35	0,18	0,15	0,06	0,12	0,16	0,16	0,54										
Magnésio (mg/L)	0,61	0,31	0,66	0,56	-0,07	-0,08	0,28	0,35	###	-0,27	0,00	-0,12	0,08	-0,17	0,62	-0,05	-0,13	-0,11	0,07	0,02	-0,08									
Manganês (µg/L)	0,03	0,17	-0,01	-0,07	-0,02	0,49	-0,08	-0,21	###	0,35	-0,01	0,20	-0,13	0,09	-0,10	0,08	0,21	0,10	-0,17	0,72	0,42	0,04								
Molibdênio (µg/L)	0,00	-0,08	0,12	-0,02	0,37	0,11	0,37	0,17	###	0,37	0,17	0,17	0,11	0,21	0,01	0,04	-0,09	-0,04	0,10	-0,19	0,28	-0,19	0,04							
Níquel (µg/L)	0,12	0,28	0,16	-0,04	0,21	0,21	-0,02	-0,01	###	0,14	-0,15	-0,16	0,12	0,30	-0,06	0,70	0,19	0,53	-0,08	0,26	-0,12	0,06	-0,06	0,01						
Potássio (mg/L)	0,06	0,00	0,06	0,16	0,02	0,28	-0,07	-0,25	###	0,43	0,07	0,14	0,17	0,04	0,06	-0,07	0,03	-0,02	-0,16	0,27	0,26	0,01	0,34	0,27	0,01					
Sódio (mg/L)	0,33	0,45	0,38	-0,04	0,46	0,30	0,37	0,21	###	0,14	0,33	0,28	0,10	0,74	-0,01	0,38	0,31	0,61	0,28	0,32	0,39	-0,15	0,18	0,24	0,00	0,11				
Titânio (µg/L)	0,48	0,29	0,49	0,10	0,41	0,30	0,19	0,15	###	0,20	0,27	0,06	0,17	0,17	0,26	0,10	-0,20	-0,03	0,07	0,25	0,21	0,27	0,13	0,03	0,43	0,30	0,26			
Urânio (µg/L)	0,25	-0,05	0,26	0,29	0,00	-0,04	0,19	0,05	###	0,13	0,11	0,16	-0,02	-0,07	0,32	-0,08	-0,11	-0,02	0,25	-0,18	0,21	0,01	-0,13	0,30	-0,08	0,11	0,04	0,11		
Vanádio (µg/L)	0,22	0,22	0,29	0,31	0,49	-0,07	-0,11	0,11	###	0,21	-0,03	-0,15	0,11	-0,02	0,25	-0,11	-0,15	-0,13	0,07	-0,26	-0,23	0,39	-0,24	-0,04	0,14	0,31	-0,15	0,51	0,18	
Zinco (µg/L)	0,00	-0,09	-0,08	-0,08	0,32	0,33	0,10	-0,28	###	-0,03	0,04	0,22	0,06	0,02	-0,08	0,21	0,05	0,06	-0,07	0,31	0,32	-0,09	0,57	0,46	-0,08	0,38	0,15	0,06	0,18	-0,21

*Coeficiente de correlação de destaque: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

Quadro 03 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Pré-Cambriano – 1º Semestre de 2015



Quadro 03 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Pré-Cambriano – 1º Semestre de 2015 (conclusão)

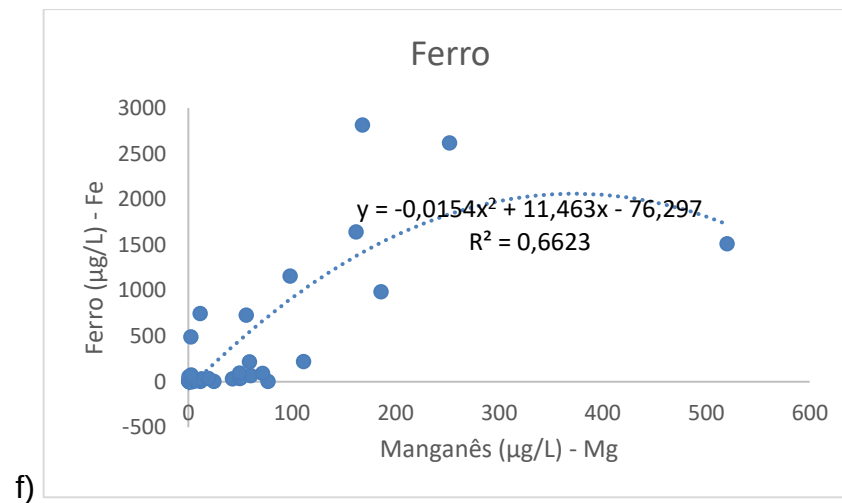
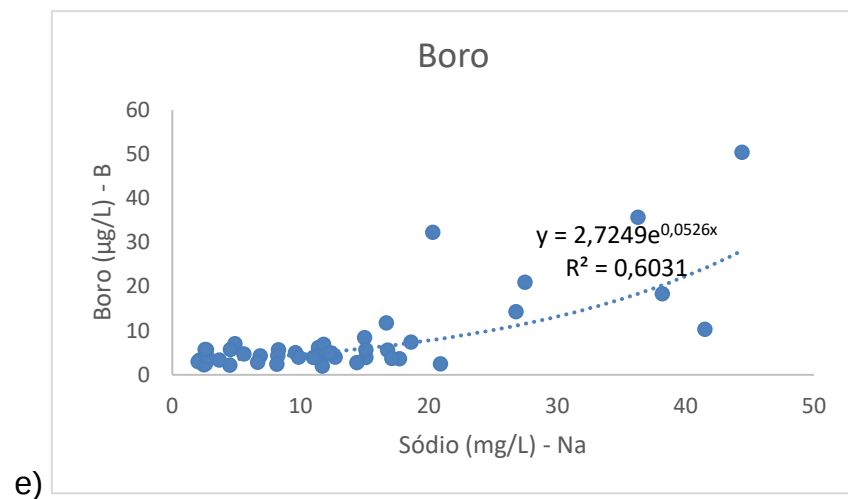
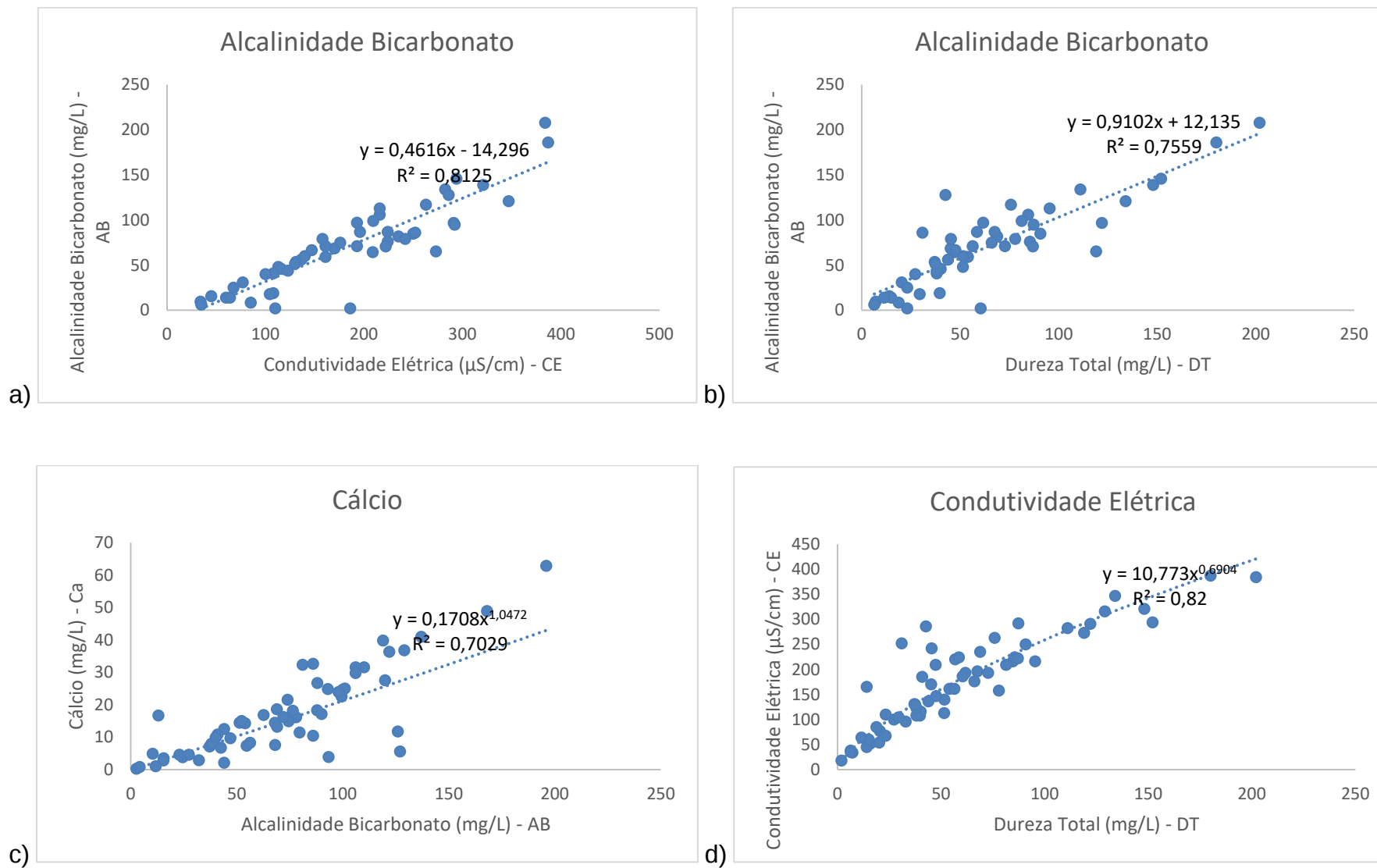


Tabela 06 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Pré-Cambriano – 2º Semestre de 2015

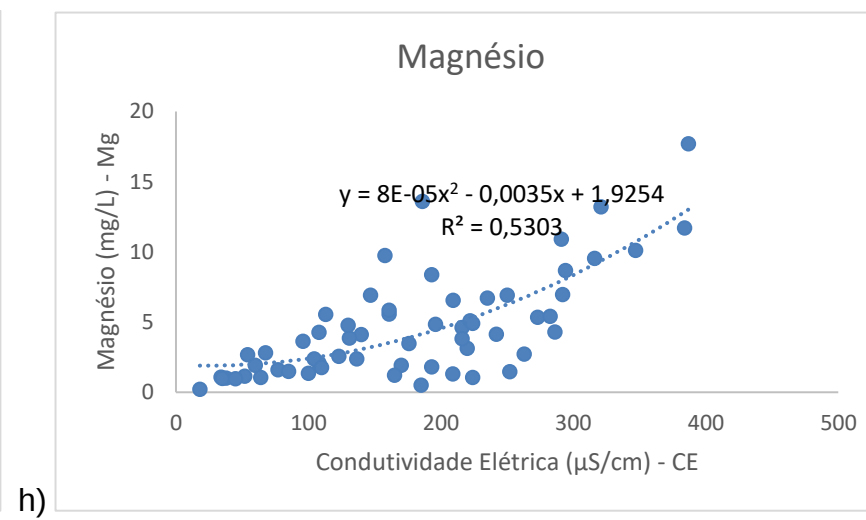
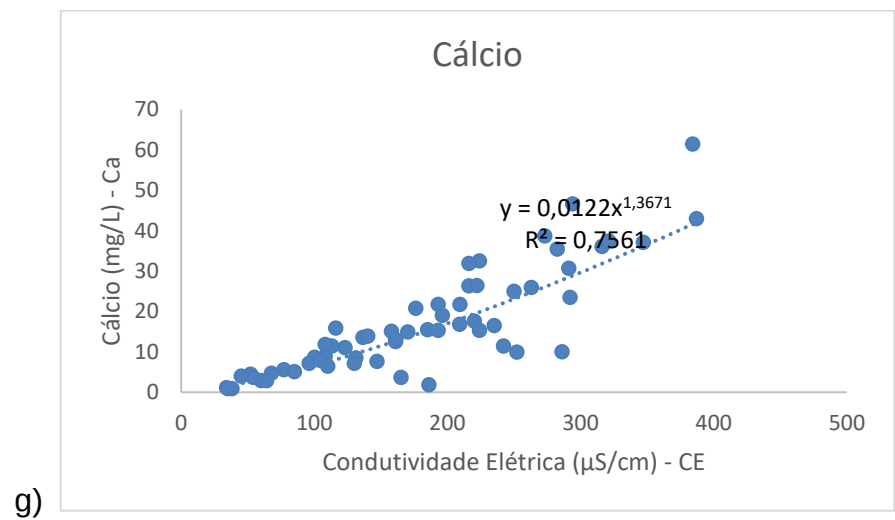
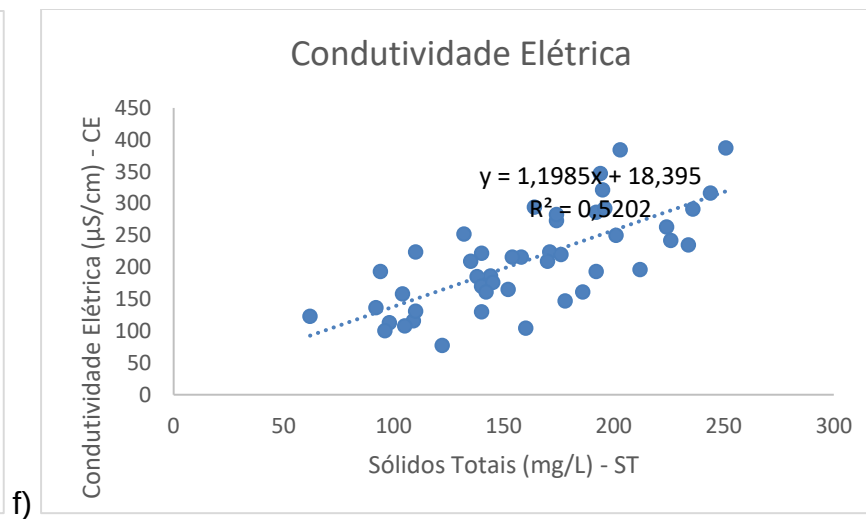
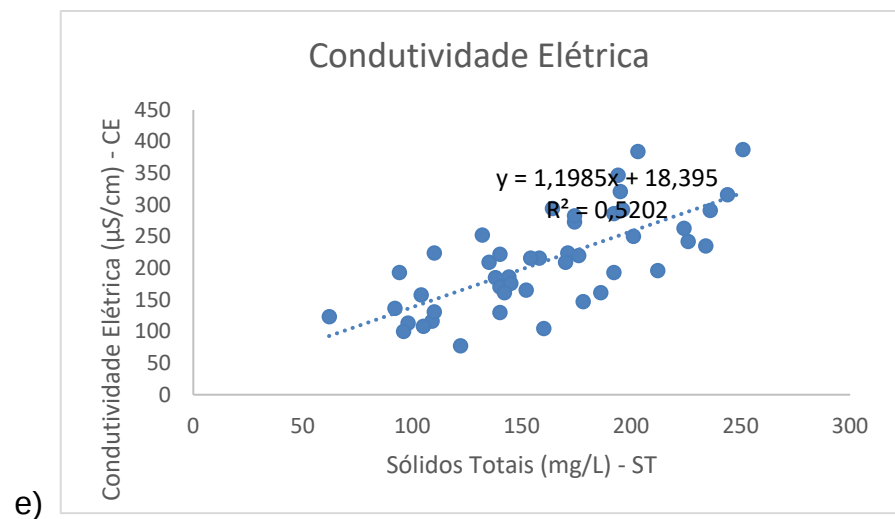
	Alcali Bi	Cloret	Conduiti	Dureza	Fluoret	Nitrato	pH	S D T	S T	Sulfat	Temp	Arsên	Bári	Boro	Cálcio	Chumb	Cobal	Cobre	Estrôn	Ferro	Lítio	Magné	Manga	Molibd	Níquel	Potás	Sódi	Titân	Urân	Vanád
Cloreto (mg/L)	0,21																													
Condutividade Elétrica (µS/cm)	0,90	0,46																												
Dureza (mg/L)	0,87	0,28	0,89																											
Fluoreto (mg/L)	0,08	0,36	0,23	-0,16																										
Nitrogênio Nitrato (mg/L)	0,04	0,10	0,10	-0,12	0,17																									
pH	0,38	0,00	0,47	0,45	-0,12	-0,13																								
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	0,14	0,41	0,32	0,29	0,07	0,17	0,00																							
Sólidos Totais (mg/L)	0,57	0,65	0,72	0,54	0,20	0,18	0,06	0,90																						
Sulfato (mg/L)	-0,06	0,08	0,13	-0,04	0,33	0,46	-0,32	0,17	0,17																					
Temperatura (°C)	0,24	0,03	0,30	0,19	0,33	0,18	0,41	-0,08	0,12	0,06																				
Arsênio (µg/L)	-0,08	0,25	0,12	-0,05	0,25	0,05	0,10	0,09	0,12	0,06	0,07																			
Bário (µg/L)	0,06	0,02	0,07	0,01	0,15	0,07	0,10	0,16	-0,05	-0,13	-0,06	-0,12																		
Boro (µg/L)	0,13	0,36	0,17	-0,14	0,56	0,06	0,09	0,09	0,22	0,14	0,08	0,40	0,34																	
Cálcio (mg/L)	0,87	0,21	0,86	0,96	-0,11	-0,13	0,47	0,29	0,50	0,05	0,22	-0,01	-0,03	-0,14																
Chumbo (µg/L)	-0,12	-0,13	-0,14	-0,20	0,22	0,12	-0,31	-0,07	-0,12	-0,21	-0,46	-0,14	-0,02	0,19	-0,24															
Cobalto (µg/L)	-0,05	-0,03	-0,04	-0,03	-0,03	0,09	-0,13	-0,16	-0,07	0,00	-0,09	-0,17	-0,19	-0,07	-0,05	0,34														
Cobre (µg/L)	-0,20	0,07	-0,15	-0,20	0,06	0,10	-0,25	-0,03	0,11	-0,02	-0,18	0,00	-0,12	0,34	-0,21	0,68	0,35													
Estrôncio (µg/L)	0,17	0,06	0,36	0,33	0,27	-0,12	0,35	0,06	0,05	0,21	0,38	-0,02	0,18	-0,04	0,38	-0,17	-0,17	-0,27												
Ferro (µg/L)	-0,01	0,33	0,06	-0,10	0,20	0,16	-0,12	-0,05	0,15	0,14	-0,05	0,35	-0,19	0,49	-0,17	0,16	0,17	0,37	-0,17											
Lítio (µg/L)	0,06	0,45	0,27	0,10	0,16	0,15	0,24	0,18	0,29	0,25	0,19	0,45	-0,32	0,18	0,14	-0,07	-0,02	0,19	0,12	0,44										
Magnésio (mg/L)	0,60	0,35	0,70	0,81	-0,25	-0,09	0,32	0,17	0,42	-0,24	0,09	-0,14	0,04	-0,15	0,61	-0,15	-0,01	-0,17	0,19	0,06	-0,03									
Manganês (µg/L)	0,09	0,29	0,10	-0,02	0,24	0,44	-0,20	-0,04	0,12	0,21	-0,07	0,07	-0,18	0,10	-0,08	0,33	0,30	0,09	-0,11	0,61	0,38	0,09								
Molibdênio (µg/L)	0,12	-0,13	0,09	0,00	0,30	0,13	0,38	-0,08	-0,04	0,10	0,22	0,08	0,05	0,23	0,07	0,14	-0,04	0,05	0,15	-0,19	0,24	-0,09	0,00							
Níquel (µg/L)	0,16	0,36	0,24	0,19	-0,15	0,00	-0,09	0,17	0,29	0,13	-0,20	-0,14	-0,01	0,28	0,17	0,29	0,37	0,52	-0,10	0,21	0,12	0,14	0,10	-0,06						
Potássio (mg/L)	-0,06	0,12	0,13	0,02	-0,04	0,17	0,12	-0,08	-0,11	0,27	0,06	-0,02	0,25	0,19	-0,02	-0,06	-0,01	0,04	-0,11	0,19	0,12	0,01	0,03	0,02	0,21					
Sódio (mg/L)	0,12	0,41	0,34	-0,05	0,75	0,19	0,16	0,10	0,24	0,33	0,33	0,43	0,09	0,74	-0,01	0,01	-0,07	0,07	0,25	0,34	0,50	-0,16	0,25	0,34	0,08	0,15				
Titânio (µg/L)	0,06	0,22	0,25	0,12	-0,03	0,37	0,11	0,36	0,26	-0,02	0,21	0,21	0,20	0,19	0,02	-0,04	-0,14	0,04	0,05	0,24	0,32	0,24	0,16	0,11	-0,02	0,40	0,30			
Urânio (µg/L)	0,13	-0,07	0,25	0,29	-0,02	-0,10	0,31	0,01	0,05	0,06	0,25	-0,05	-0,03	-0,10	0,35	-0,04	-0,05	-0,06	0,39	-0,16	0,11	0,06	-0,12	0,20	-0,09	-0,01	0,08	0,05		
Vanádio (µg/L)	0,07	-0,01	0,18	0,27	-0,15	0,09	0,20	0,11	0,14	0,04	0,14	-0,27	0,27	-0,19	0,22	-0,12	-0,17	-0,01	0,21	-0,23	-0,19	0,31	-0,30	-0,09	0,07	0,52	-0,20	0,35	0,27	
Zinco (µg/L)	0,10	-0,18	0,02	0,01	0,09	0,31	-0,06	0,08	0,18	0,12	-0,01	0,00	-0,11	-0,07	0,01	0,46	0,16	0,36	-0,02	0,24	0,24	-0,01	0,30	0,37	0,07	-0,11	0,09	0,22	0,20	-0,18

**Coeficiente de correlação de destaque: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

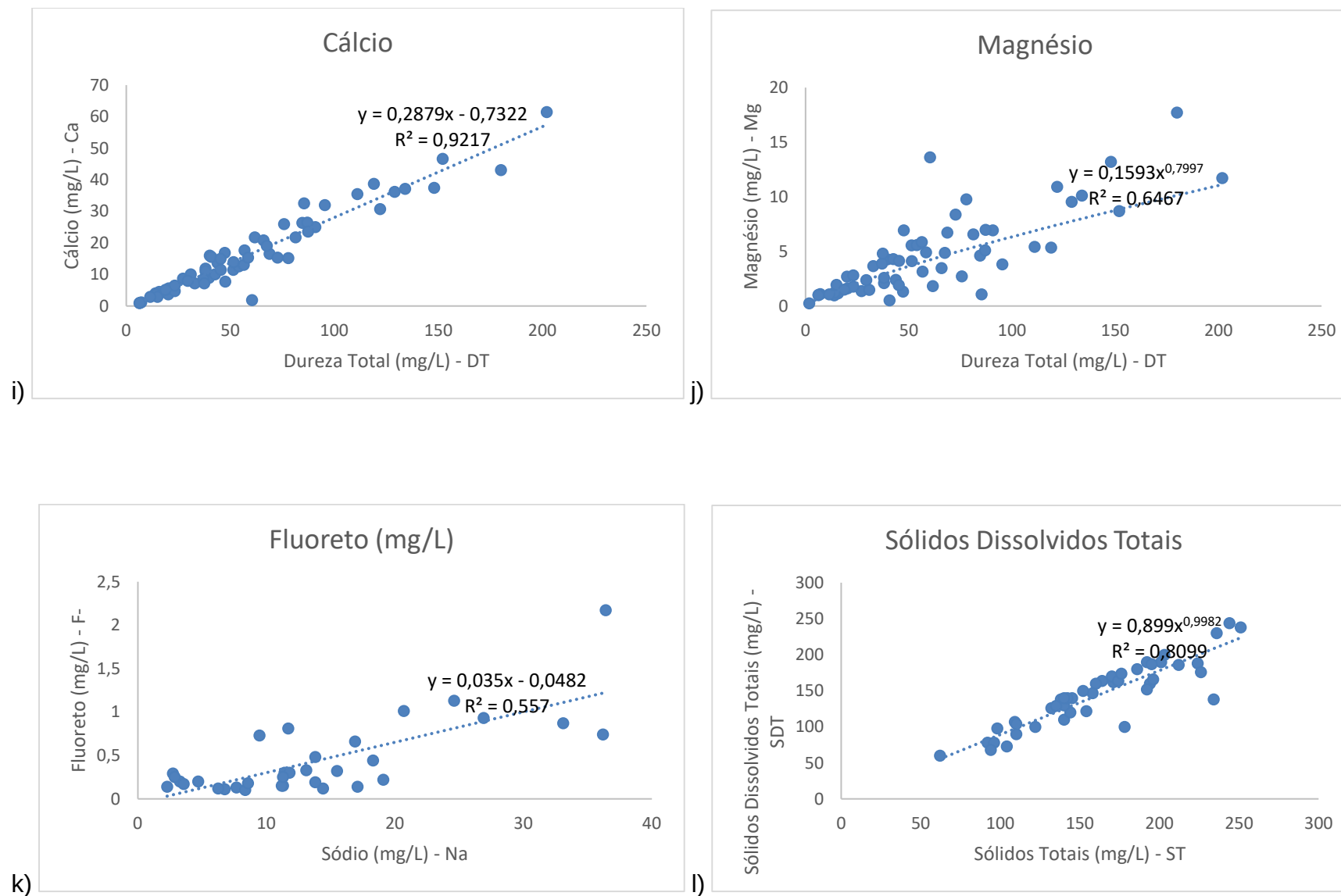
Quadro 04 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Pré-Cambriano – 2º Semestre de 2015



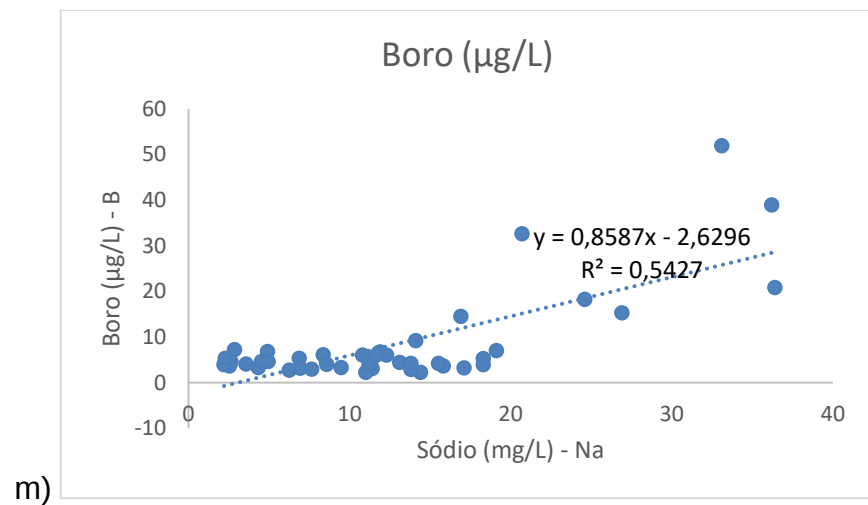
Quadro 04 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Pré-Cambriano – 2º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 04 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Pré-Cambriano – 2º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 04 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Pré-Cambriano – 2º Semestre de 2015 (conclusão)



Já prestando atenção na Correlação Linear, observa-se que no 1º Semestre de 2015 (Tabela 05) existem parâmetros que possuem uma boa Correlação, como a Condutividade Elétrica e a Alcalinidade Bicarbonato, o Chumbo e o Cobre.

Considerando o 2º Semestre de 2015 (Tabela 06), nota-se uma boa correlação linear entre a Condutividade Elétrica e a Alcalinidade Bicarbonato, a Dureza Total e a Alcalinidade Bicarbonato, bem como o Cálcio e a Alcalinidade Bicarbonato, a Condutividade Elétrica e a Dureza Total, o Cálcio e a Condutividade Elétrica o Cálcio e a Dureza Total e o Cálcio.

Como a condutividade elétrica está relacionada à liberação de sais, a Alcalinidade Bicarbonato pode elevar a solidificação do solo e diminuir a concentração de cálcio e magnésio (MAIA; LACERDA; 2012).

O chumbo encontrado no meio ambiente pode ser absorvido para o organismo tornando-se assim nocivo à saúde humana e o cobre e as fontes principais de contaminação estão nos processos industriais e atividades agrícolas. Já o chumbo, além do meio industrial, possui como fonte de poluição também encanamentos em chumbo (GRIGOLETTO *et al.*, 2012).

O cálcio interfere na Dureza da água porque dificulta na produção de sabão – espuma - por exemplo, e a alcalinidade consiste em uma substância capaz de neutralizar ácidos, ao qual águas de minas e sua alcalinidade se relaciona aos carbonatos e aos bicarbonatos de cálcio (GOMES, 2009).

5.3 AQUÍFERO SERRA GERAL

5.3.1 Análise descritiva Aquífero Serra Geral

No ASG foram considerados pelo menos 20 (vinte) pares em todos os parâmetros estudados. Valores abaixo desta média não foram avaliados. Neste aquífero, existem menos pontos de amostras em comparação aos outros aquíferos. Na Tabela 07 é apresentado o resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do ASG entre 2013-2015.

Tabela 07 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do ASG entre 2013-2015

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Alcalinidade Bicarbonato (µg L ⁻¹)									
Al B 13_1 ⁽³⁶⁾	69,58	68	2	149	OC*	30,12	43,29	1,35	0,42
Al B 13_2 ⁽³⁶⁾	65,72	62,5	2	134	OC*	31,22	47,50	0,36	0,32
Al B 14_1 ⁽³⁶⁾	74,81	68	2	236	OC*	40,91	54,69	6,04	1,74
Al B 14_2 ⁽³⁶⁾	71,67	67,5	2	142	OC*	30,78	42,95	0,74	0,31
Al B 15_1 ⁽³⁶⁾	65,01	65,5	2	142	OC*	27,66	42,55	1,25	0,25
Al B 15_2 ⁽³⁶⁾	66,14	63,5	2	133	OC*	29,40	44,46	0,68	0,36
Cloreto (µS cm L ⁻¹)									
Cl 13_1 ⁽³⁵⁾	3,82	2	0,42	43	0	7,21	188,84	27,42	5,00
Cl 13_2 ⁽³⁰⁾	4,35	2,95	0,34	43,38	0	7,71	177,25	24,50	4,75
Cl 14_1 ⁽²³⁾	5,51	4,54	0,39	41,86	0	8,28	150,26	18,80	4,15
Cl 14_2 ⁽²¹⁾	5,44	3,41	0,59	39,63	0	8,17	150,13	17,19	3,98
Cl 15_1 ⁽¹⁹⁾	6,11	4,33	0,86	44	0	9,50	155,36	16,09	3,88
Cl 15_2 ⁽¹⁶⁾	7,07	4,73	1,26	48	0	11,08	156,79	14,87	3,80
Condutividade Elétrica (µS cm L ⁻¹)									
C E 13_1 ⁽³⁷⁾	222,35	172,8	7	1060	OC*	185,79	83,56	10,90	2,80
C E 13_2 ⁽³⁷⁾	216,56	176,1	8	1050	OC*	183,60	84,78	11,24	2,85
C E 14_1 ⁽³⁷⁾	234,33	180	8	1050	OC*	188,11	80,27	9,08	2,54
C E 14_2 ⁽³⁷⁾	227,01	176,3	8	1050	OC*	185,96	81,92	9,93	2,66
C E 15_1 ⁽³⁷⁾	228,39	177,5	27,81	1050	OC*	185,08	81,04	10,06	2,69
C E 15_2 ⁽³⁷⁾	227,02	178	7	1026	OC*	183,15	80,67	9,26	2,54
Dureza Total (µg L ⁻¹)									
D T 13_1 ⁽³¹⁾	47,35	36	1,15	132	OC*	36,98	78,10	-0,47	0,65
D T 13_2 ⁽³⁰⁾	50,40	46,9	0,19	131	OC*	33,87	67,22	-0,33	0,51
D T 14_1 ⁽³²⁾	45,90	47,85	1,24	106	OC*	31,22	68,02	-1,10	-0,02
D T 14_2 ⁽³⁰⁾	46,64	46,7	3	122	OC*	30,66	65,74	-0,44	0,23
D T 15_1 ⁽³⁰⁾	46,98	46,2	2,88	119	OC*	31,44	66,92	2,88	119
D T 15_2 ⁽³⁵⁾	39,87	42,6	1,68	112	OC*	31,07	77,93	-0,99	0,23
pH									
pH 13_1 ⁽³⁷⁾	7,66	7,3	4,7	10,1	OC*	1,44	18,82	-0,90	0,31
pH 13_2 ⁽³⁷⁾	7,57	7	5	10	OC*	1,46	19,31	-1,09	0,51
pH 14_1 ⁽³⁷⁾	7,69	7,1	4,9	10,1	OC*	1,43	18,63	-0,99	0,43
pH 14_2 ⁽³⁷⁾	7,68	7,12	5	10	OC*	1,47	19,08	-1,05	0,40
pH 15_1 ⁽³⁷⁾	7,89	7	5	10,1	OC*	1,50	18,98	-1,30	0,38
pH 15_2 ⁽³⁷⁾	7,93	7,27	4,7	10,05	OC*	1,47	18,55	-0,95	0,19

Tabela 07 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do ASG entre 2013-2015 (continuação)

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Sólidos Dissolvidos Totais (µg L ⁻¹)									
SDT 13_1 ⁽³⁷⁾	169,32	142	50	658	0	102,41	60,48	14,12	3,15
SDT 13_2 ⁽³⁶⁾	169,94	143	50	665	0	104,43	61,45	13,04	3,11
SDT 14_1 ⁽³⁷⁾	175,54	141	50	690	0	113,44	64,62	11,1	2,84
SDT 14_2 ⁽³⁷⁾	165,46	134	50	686	0	111,54	67,41	12,82	3,02
SDT 15_1 ⁽³⁷⁾	187,13	155	50	757	0	126,03	67,35	10,98	2,78
SDT 15_2 ⁽³⁷⁾	186,62	164	50	680	0	107,77	57,75	11,69	2,8
Sólidos Totais (µg L ⁻¹)									
ST 13_1 ⁽³⁶⁾	188,75	155,5	62	672	OC*	110,75	58,67	9,69	2,61
ST 13_2 ⁽³⁵⁾	182,68	153	50	662	OC*	105,88	57,96	11,97	2,92
ST 14_1 ⁽³⁴⁾	200,70	162	61	693	OC*	124,70	62,13	6,82	2,32
ST 14_2 ⁽³⁵⁾	184,34	150	66	690	OC*	111,37	60,42	11,99	2,98
ST 15_1 ⁽³⁵⁾	205,94	165	54	765	OC*	128,31	62,30	9,99	2,7
ST 15_2 ⁽³⁴⁾	206,85	180	102	684	OC*	103,77	50,16	13,31	3,14
Temperatura (C°)									
TP 13_1 ⁽³⁷⁾	25,81	26	22,8	29	OC*	1,47	5,71	-0,52	0,13
TP 13_2 ⁽³⁷⁾	25,48	25,5	22,7	28,5	OC*	1,50	5,91	-0,59	-0,23
TP 14_1 ⁽³⁶⁾	25,99	25,7	23	32,7	OC*	2,12	8,17	2,62	1,39
TP 14_2 ⁽³⁷⁾	25,87	25,5	22,7	33,4	OC*	2,09	8,10	3,93	1,52
TP 15_1 ⁽³⁷⁾	25,54	25,3	22,8	31,1	OC*	1,68	6,58	1,97	0,87
TP 15_2 ⁽³⁷⁾	25,29	25,7	21,8	28,9	OC*	1,77	7,01	-0,28	-0,13
Bário (µg L ⁻¹)									
Ba 13_1 ⁽²⁸⁾	38,71	11,75	1	347	0	69,13	178,57	15,16	3,59
Ba 13_2 ⁽²⁵⁾	47,94	23,7	1,09	377	0	78,96	164,72	13,06	3,36
Ba 14_1 ⁽²⁸⁾	38,72	18,2	0,91	350	0	71,59	184,90	13,79	3,49
Ba 14_2 ⁽²⁹⁾	37,03	14	1	330	0	64,91	175,27	15,36	3,63
Ba 15_1 ⁽²⁸⁾	39,39	23	1	290	0	59,19	150,25	11,99	3,15
Ba 15_2 ⁽²⁹⁾	34,83	14	1	320	0	62,82	180,37	15,74	3,67
Cálcio (µg L ⁻¹)									
Ca 13_1 ⁽³³⁾	12,73	11,6	0,63	35	OC*	10,04	78,82	-0,66	0,54
Ca 13_2 ⁽³³⁾	12,48	11,9	0,52	32,5	OC*	9,16	73,37	-0,55	0,46
Ca 14_1 ⁽³⁴⁾	11,26	11,65	0,49	24,4	OC*	8,08	71,69	-1,37	-0,01
Ca 14_2 ⁽³⁴⁾	11,15	11,55	0,6	30,2	OC*	8,49	76,13	-0,93	0,28
Ca 15_1 ⁽³⁷⁾	10,30	10,6	0,04	30,1	OC*	8,81	85,55	-0,99	0,43
Ca 15_2 ⁽³⁶⁾	10,41	10,95	0,55	27,8	OC*	8,18	78,59	-1,09	0,25
Chumbo (µg L ⁻¹)									
Pb 13_1 ⁽²⁸⁾	0,12	0,09	0,02	0,7	0	0,13	108,88	17,81	3,88
Pb 13_2 ⁽²⁹⁾	0,57	0,06	0,02	13,4	0	2,47	434,40	28,79	5,36
Pb 14_1 ⁽²⁴⁾	0,28	0,09	0,05	2,55	0	0,54	189,15	14,51	3,64
Pb 14_2 ⁽¹²⁾	0,17	0,14	0,06	0,55	0	0,15	86,62	3,48	1,90
Pb 15_1 ⁽¹⁵⁾	0,34	0,15	0,06	2,34	0	0,57	166,30	12,85	3,50
Pb 15_2 ⁽¹⁵⁾	0,27	0,19	0,06	0,8	0	0,21	77,27	2,06	1,57
Cobre (µg L ⁻¹)									
Cu 13_1 ⁽³²⁾	0,88	0,60	0,05	3,84	0	0,88	99,80	4,02	1,92
Cu 13_2 ⁽³²⁾	3,73	0,44	0,05	83,9	0	14,91	399,41	29,38	5,35
Cu 14_1 ⁽²⁷⁾	1,55	0,87	0,2	7,58	0	1,98	127,54	3,44	2,11
Cu 14_2 ⁽²⁶⁾	1,28	0,56	0,21	9,02	0	1,96	152,87	9,99	3,04
Cu 15_1 ⁽²⁵⁾	1,83	0,81	0,26	15	0	3,13	171,32	13,57	3,49
Cu 15_2 ⁽²⁸⁾	2,16	0,83	0,24	17,8	0	3,79	175,69	10,92	3,14
Crômio Total (µg L ⁻¹)									
Cr 13_1 ⁽³⁴⁾	5,7	2,22	0,09	40,4	0	9,17	160,88	6,91	2,61
Cr 13_2 ⁽³⁷⁾	4,55	1,46	0,07	37,9	0	7,89	173,24	8,82	2,84

Tabela 07 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do ASG entre 2013-2015 (continuação)

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Variação (%)	Coeficiente	
			Min.	Max.				Curtose	Assimetria
Cr 14_1₍₃₄₎	5,37	1,95	0,23	39,3	0	8,17	152,20	8,34	2,64
Cr 14_2₍₃₁₎	5,57	2,02	0,23	38,5	0	7,45	151,43	7,45	2,60
Cr 15_1₍₃₃₎	7,00	2,44	0,24	52	1	8,90	155,09	8,90	2,79
Cr 15_2₍₃₀₎	6,49	2,40	0,35	43	0	6,96	148,73	6,96	2,54
Estrôncio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Sr 13_1₍₃₆₎	106,65	73,85	2,6	831	OC*	147,97	138,74	16,53	3,59
Sr 13_2₍₃₅₎	103,22	72,2	1,67	531	OC*	115,39	111,79	4,99	1,97
Sr 14_1₍₃₆₎	105,20	85,2	3,31	420	OC*	97,75	92,92	1,59	1,18
Sr 14_2₍₃₆₎	92,62	68	3	400	OC*	97,73	105,51	1,94	1,33
Sr 15_1₍₃₆₎	92,1	81	4	460	OC*	99,24	107,75	4,37	1,76
Sr 15_2₍₃₆₎	98	74,5	3	410	OC*	94,96	96,90	2,67	1,48
Cobalto ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Co 13_1₍₁₇₎	0,03	0,02	0,01	0,09	SEM	0,02	80,41	2,08	1,52
Co 13_2₍₂₄₎	0,05	0,03	0,01	0,52	SEM	0,10	189,16	21,55	4,55
Co 14_1₍₃₂₎	0,11	0,09	0,02	0,28	SEM	0,06	55,10	1,92	1,00
Co 14_2₍₁₈₎	0,03	0,02	0,01	0,11	SEM	0,02	78,38	7,86	2,47
Co 15_1₍₂₁₎	0,03	0,02	0,01	0,11	SEM	0,02	74,95	4,31	1,90
Co 15_2₍₂₄₎	0,03	0,02	0,01	0,22	SEM	0,04	128,70	16,92	3,91
Ferro ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Fe 13_1₍₁₆₎	26,98	5,97	2,49	243	0	59,90	221,96	13,17	3,54
Fe 13_2₍₂₆₎	22,18	6,13	2,04	309	0	60,02	270,57	23,13	4,71
Fe 14_1₍₃₂₎	13,82	3,85	2,13	278	0	48,48	350,69	31,21	5,56
Fe 14_2₍₁₄₎	88,62	4,21	2,01	1111	1	294,44	332,23	13,95	3,73
Fe 15_1₍₂₀₎	51,52	4,72	2,09	598	1	143,50	278,54	12,22	3,46
Fe 15_2₍₁₅₎	4,09	3,29	2,24	7,74	0	1,89	46,16	-0,27	1,02
Lítio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Li 13_1₍₃₇₎	1,51	1,17	0,3	7,76	SEM	1,27	84,67	16,01	3,48
Li 13_2₍₃₇₎	1,22	0,85	0,22	7,57	SEM	1,30	106,31	15,75	3,50
Li 14_1₍₃₇₎	1,82	1,18	0,43	10,2	SEM	2,01	110,64	11,01	3,22
Li 14_2₍₃₇₎	1,57	0,79	0,21	11,2	SEM	2,19	138,80	12,40	3,40
Li 15_1₍₃₃₎	1,76	0,86	0,1	13,6	SEM	2,78	158,27	11,93	3,36
Li 15_2₍₃₇₎	1,44	0,77	0,23	10,6	SEM	2,07	144,25	12,88	3,50
Magnésio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Mg 13_1₍₂₉₎	3,95	3,84	0,11	11,8	OC*	3,14	79,48	-0,19	0,70
Mg 13_2₍₂₈₎	4,27	4,16	0,45	12,1	OC*	2,99	70,13	0,1	0,73
Mg 14_1₍₂₉₎	4,31	4,53	0,11	11	OC*	2,96	68,65	-0,47	0,31
Mg 14_2₍₂₈₎	4,01	4,13	0,11	11,3	OC*	2,73	68,08	0,29	0,55
Mg 15_1₍₂₈₎	4,05	4,17	0,11	10,6	OC*	2,73	67,38	-0,37	0,36
Mg 15_2₍₂₉₎	3,85	4,08	0,03	10,2	OC*	2,62	67,99	-0,38	0,26
Manganês ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Mn 13_1₍₂₅₎	0,62	0,24	0,05	3,2	0	0,81	130,51	3,49	1,94
Mn 13_2₍₂₅₎	1,42	0,23	0,05	10,1	0	3,11	219,14	4,48	2,45
Mn 14_1₍₂₇₎	2,03	0,29	0,11	42,7	0	8,14	401,57	26,85	5,18
Mn 14_2₍₁₅₎	2,00	0,64	0,14	22,4	0	5,65	282,33	14,88	3,85
Mn 15_1₍₁₈₎	1,36	0,33	0,11	9,41	0	2,93	214,87	5,85	2,67
Mn 15_2₍₁₄₎	0,35	0,21	0,12	0,95	0	0,26	75,22	0,26	1,14
Níquel ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Ni 13_1₍₂₅₎	0,28	0,24	0,12	0,75	0	0,16	5,49	2,05	1,41
Ni 13_2₍₂₈₎	0,59	0,54	0,12	1,47	0	0,37	63,20	-0,16	0,70
Ni 14_1₍₂₉₎	1,23	0,72	0,16	4,09	0	1,17	94,90	0,39	1,32

Tabela 07 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do ASG entre 2013-2015 (conclusão)

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Varição (%)	Curtose	Assimetria
<i>Ni 14_2</i> ₍₂₅₎	0,40	0,41	0,13	0,96	0	0,20	50,09	1,04	0,80
<i>Ni 15_1</i> ₍₂₄₎	0,50	0,42	0,1	1,48	0	0,34	67,69	1,71	1,28
<i>Ni 15_2</i> ₍₂₆₎	0,44	0,43	0,11	1,1	0	0,23	52,68	1,57	1,12
Potássio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
<i>K 13_1</i> ₍₃₆₎	1,25	0,86	0,12	5,7	OC*	1,26	100,67	3,1	1,62
<i>K 13_2</i> ₍₃₅₎	1,32	0,9	0,1	6,24	OC*	1,32	99,99	4,47	1,85
<i>K 14_1</i> ₍₃₅₎	1,42	0,92	1,46	3,49	OC*	1,46	102,86	3,49	1,84
<i>K 14_2</i> ₍₃₆₎	1,21	0,81	0,12	5,6	OC*	1,16	95,74	4,51	1,81
<i>K 15_1</i> ₍₃₆₎	1,22	0,92	0,11	5,04	OC*	1,09	89,23	2,84	1,44
<i>K 15_2</i> ₍₃₇₎	1,18	0,84	0,11	5,5	OC*	1,16	98,21	4,00	1,74
Sódio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
<i>Na 13_1</i> ₍₃₇₎	36,47	14,2	0,36	224	0	47,14	129,27	5,88	2,17
<i>Na 13_2</i> ₍₃₇₎	36,16	11,5	0,29	233	0	48,35	133,7	6,66	2,31
<i>Na 14_1</i> ₍₃₇₎	37,07	16,1	0,42	239	0	50,25	135,55	6,47	2,32
<i>Na 14_2</i> ₍₃₇₎	34,70	12,8	0,35	195	0	42,97	123,83	4,1	1,87
<i>Na 15_1</i> ₍₃₇₎	34,81	10,2	0,51	225	0	47,39	136,12	6,05	2,19
<i>Na 15_2</i> ₍₃₇₎	33,73	9,49	0,44	199	0	44,19	131,01	4,14	1,90
Titânio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
<i>Ti 13_1</i> ₍₃₇₎	1,87	1,66	0,36	3,46	OC*	0,77	41,05	-0,36	0,29
<i>Ti 13_2</i> ₍₃₇₎	2,39	2,22	0,54	7,76	OC*	1,28	53,51	7,71	2,09
<i>Ti 14_1</i> ₍₃₆₎	3,05	3,23	0,78	5,87	OC*	1,18	38,70	-0,17	0,07
<i>Ti 14_2</i> ₍₃₇₎	2,13	2,05	0,66	4,77	OC*	0,90	42,32	0,97	0,76
<i>Ti 15_1</i> ₍₃₇₎	2,49	2,43	0,31	4,56	OC*	0,93	37,56	0,37	-0,04
<i>Ti 15_2</i> ₍₃₇₎	2,94	2,85	0,43	5,06	OC*	1,11	37,90	-0,52	-0,06
Urânio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
<i>U 13_1</i> ₍₃₄₎	0,20	0,06	0,01	2,05	0	0,37	182,33	18,73	3,95
<i>U 13_2</i> ₍₃₄₎	0,19	0,06	0,01	1,94	0	0,35	185,50	19,08	3,99
<i>U 14_1</i> ₍₃₅₎	0,21	0,09	0,01	1,92	0	0,35	168,92	17,25	3,74
<i>U 14_2</i> ₍₃₆₎	0,18	0,07	0,01	1,88	0	0,33	181,62	20,78	4,17
<i>U 15_1</i> ₍₃₂₎	0,21	0,07	0,01	2,21	0	0,4	191,21	20,73	4,23
<i>U 15_2</i> ₍₃₂₎	0,21	0,08	0,01	1,93	0	0,36	173,32	16,09	3,64
Vanádio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
<i>V 13_1</i> ₍₃₇₎	31,74	16,6	0,03	139	6	37,9	119,41	1,78	1,7
<i>V 13_2</i> ₍₃₆₎	30,69	18,65	0,29	136	7	33,87	110,37	2,14	1,69
<i>V 14_1</i> ₍₃₄₎	34,5	21,7	1,25	149	9	37,52	108,76	2,18	1,68
<i>V 14_2</i> ₍₃₅₎	32,06	16,1	0,42	139	9	35,11	109,49	1,78	1,59
<i>V 15_1</i> ₍₃₅₎	30,46	16,4	0,65	137	9	32,76	107,57	2,28	1,65
<i>V 15_2</i> ₍₃₆₎	30,48	15,6	0,43	131	9	33,18	108,83	1,48	1,52
Zinco ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
<i>Zn 13_1</i> ₍₃₇₎	7,93	2,97	0,87	74,4	0	14,4	181,55	14,1	3,64
<i>Zn 13_2</i> ₍₃₇₎	11,11	2,25	0,54	133	0	27,91	251,13	11,80	3,47
<i>Zn 14_1</i> ₍₃₂₎	6,63	2,31	0,23	40,4	0	10,72	161,68	5,03	2,41
<i>Zn 14_2</i> ₍₃₁₎	18,44	1,7	0,25	236	0	51,9	281,37	12,99	3,66
<i>Zn 15_1</i> ₍₂₇₎	15,17	3,02	0,62	151	0	35,84	236,22	10,33	3,31
<i>Zn 15_2</i> ₍₃₀₎	9,21	1,9	0,59	99,4	0	22,08	239,56	12,46	3,6

^(a) Parâmetros analisados, seguidos do respectivo ano e semestre, sendo o valor entre parênteses o número de observações no período; ^(b) n.P. > Limite = número de poços de monitoramento que apresentaram valores acima do Valor Máximo Permitido (VMP); OC* = órgãos competentes responsáveis deverão monitorar

SEM = Quando o respectivo parâmetro está presente na norma RESOLUÇÃO CONAMA no 396/08 porém nesta resolução não apresenta um limite.

Alguns parâmetros como Alcalinidade Hidróxido, Carbono Orgânico Dissolvido, Cloreto, Nitrogênio Nitrato, Alumínio e Antimônio, Arsênio, Berílio, Boro, Chumbo, Cobalto, Ferro, Molibdênio e Níquel foram cortados porque existem poucas amostras (cerca de 20). Ao longo do tempo, a quantidade de alguns pontos de coleta diminuiu. Entretanto, para a geração da correlação linear e a linha de tendência deste aquífero, alguns parâmetros foram considerados para estudo exclusivamente nesse aquífero como o Alumínio, Arsênio e Boro por possuírem relevância de dados.

O Aquífero apresenta um ponto ultrapassando o VMP de Selênio. O limite do selênio, de acordo com a resolução 357 do CONAMA (2005), é de 0,01 mg/l e o selênio pode ser benéfico ou maléfico para a saúde humana, dependendo da concentração em questão. Sua condutividade aumenta em presença de luz e este converte a luz diretamente para eletricidade (JUNIOR, 2008).

A alteração de temperatura nos aquíferos pode ser explicada através da infiltração das precipitações na zona de afloramento do aquífero, pelas condições de confinamento, pelas direções e sentidos do fluxo subterrâneo, bem como o tempo de residência das águas (SILVA, 1983).

5.3.2 Matriz de correlação Aquífero Serra Geral

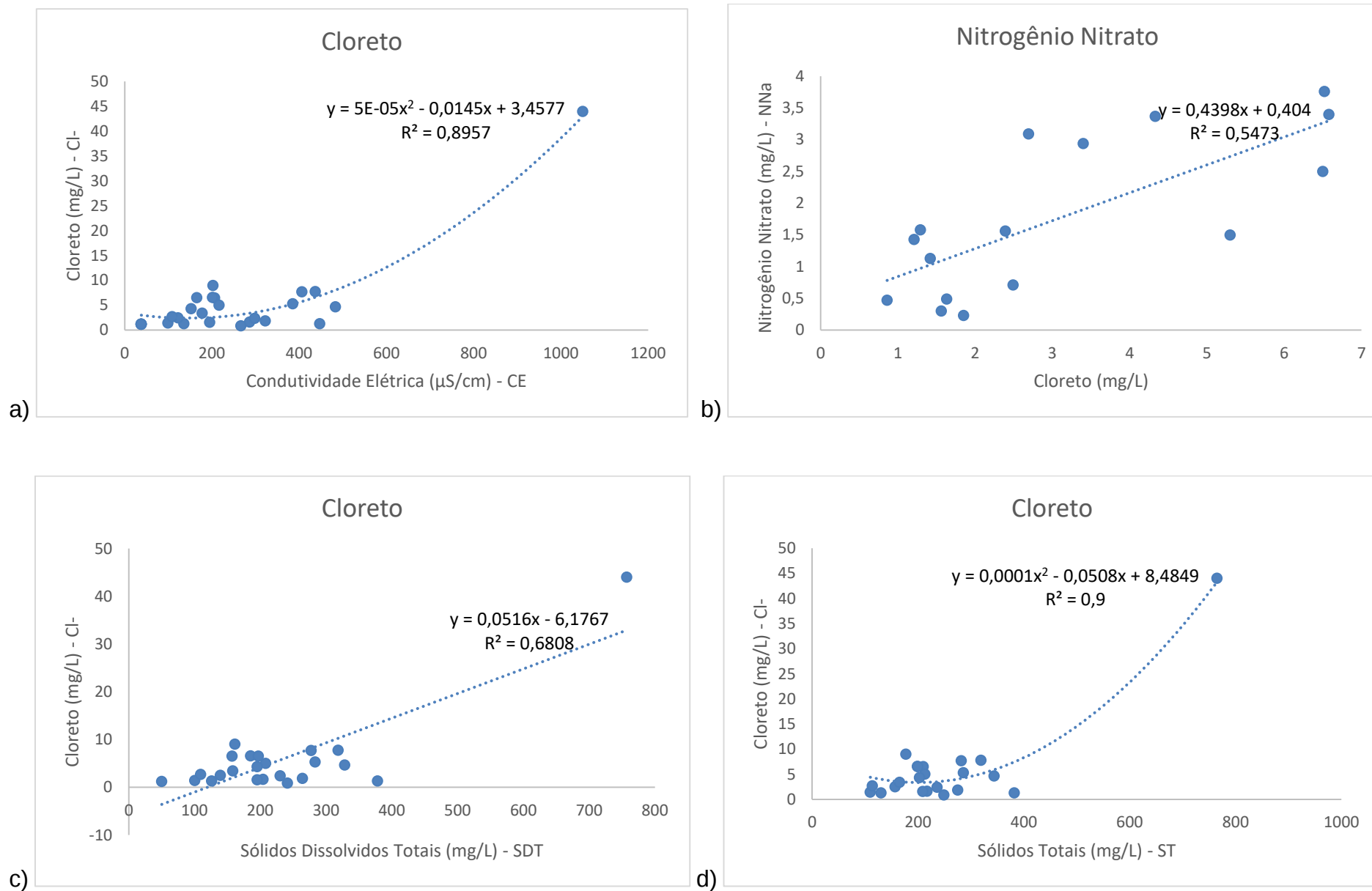
Nas Tabelas 08 e 09 são apresentadas as matrizes de correlação de Pearson entre os pares de parâmetros da qualidade da água no ASG (1º e 2º semestres de 2015, respectivamente). Relembremos que tendo em vista a maior disponibilidade de dados no ano de 2015, esta etapa de análise foi realizada apenas para 2015 (ano mais recente). Nos Quadros 05 e 06 são apresentadas as Linhas de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral, apenas aqueles que apresentam um $r > 0,700$

Tabela 08 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015

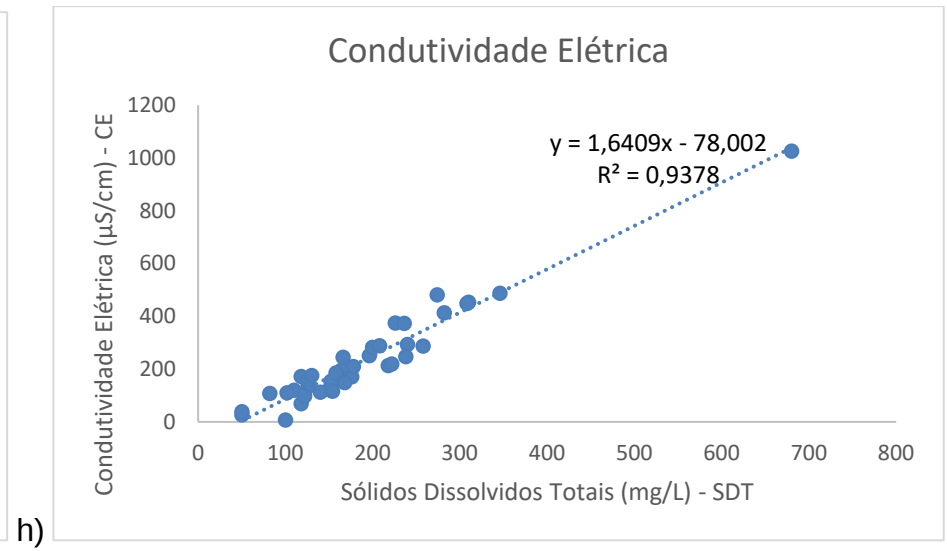
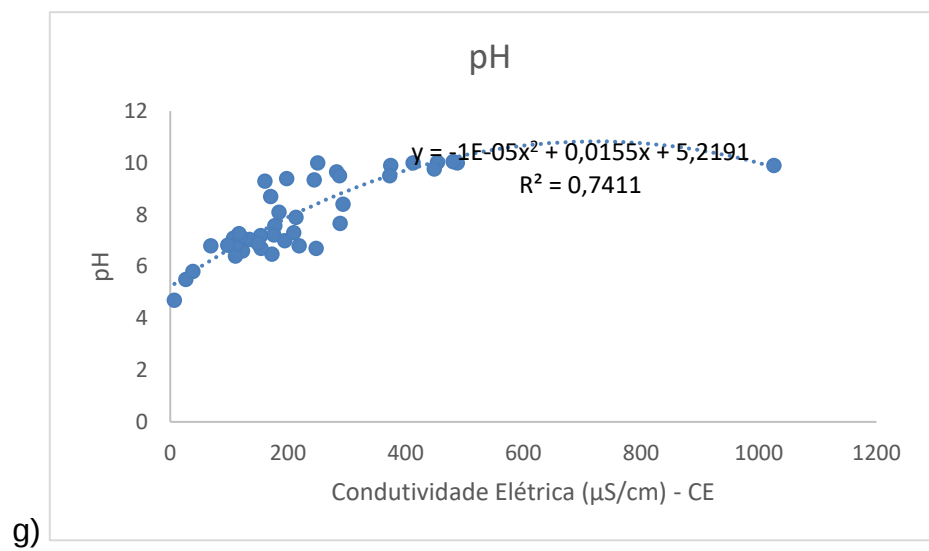
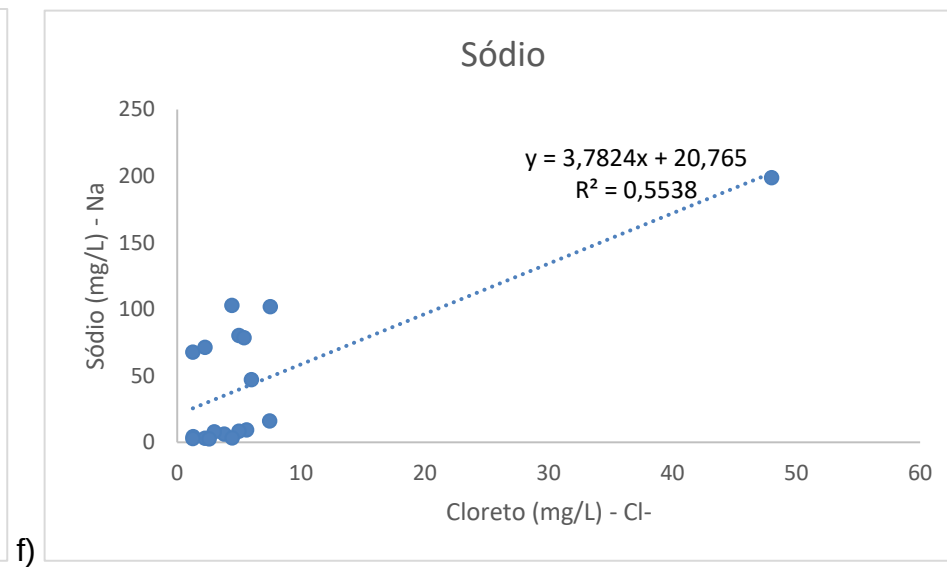
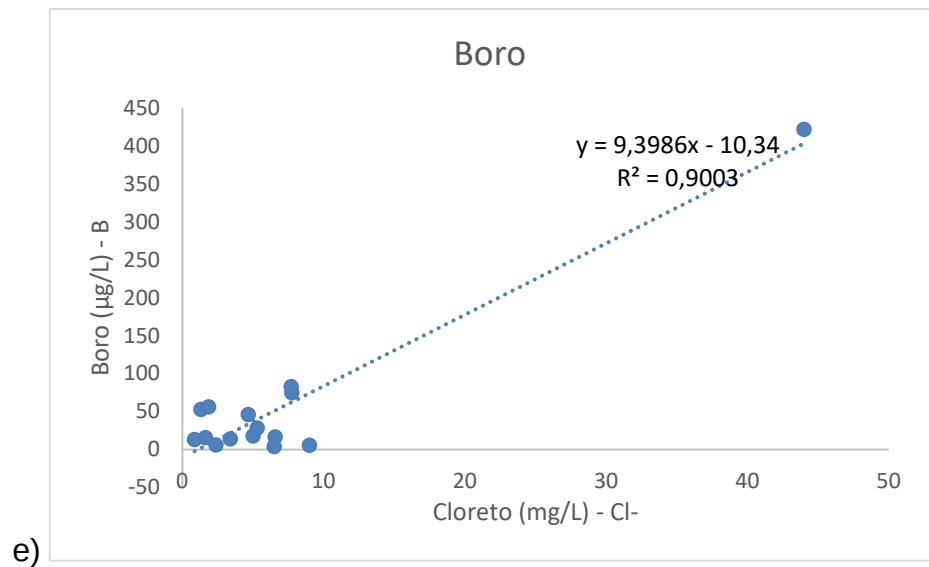
	AB	Cl ⁻	CE	DT	NN	pH	SDT	ST	TE	Al	As	Ba	B	Ca	Pb	Co	Cu	Cr	Sr	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Ni	Ni	Se	Na	Ti	U	V
Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)																															
Cloreto (mg/L)	-0,23																														
Condutividade Elétrica	0,14	0,82																													
Dureza Total (mg/L)	0,37	0,37	-0,11																												
Nitrogênio Nitrato (mg)	-0,05	0,74	-0,01	0,52																											
pH	0,18	0,23	0,70	-0,58	-0,30																										
Sólidos Dissolvidos Tot	0,16	0,83	0,97	0,00	0,06	0,62																									
Sólidos Totais (mg/L)	0,13	0,84	0,97	-0,01	0,09	0,60	0,99																								
Temperatura (°C)	0,22	0,08	0,37	-0,32	-0,16	0,47	0,38	0,35																							
Alumínio (µg/L)	-0,02	-0,10	-0,01	-0,35	0,60	0,23	-0,05	-0,08	0,35																						
Arsênio (µg/L)	0,11	0,50	0,54	0,18	0,10	0,30	0,53	0,54	0,18	-0,27																					
Bário (µg/L)	-0,11	-0,20	-0,24	0,02	0,40	-0,32	-0,21	-0,26	-0,04	-0,40	-0,09																				
Boro (µg/L)	-0,28	0,95	0,89	-0,35	-0,47	0,33	0,90	0,87	0,17	-0,13	0,47	-0,23																			
Cálcio (mg/L)	0,48	-0,15	-0,35	0,97	0,41	-0,59	-0,28	-0,33	-0,29	-0,28	-0,06	0,19	-0,28																		
Chumbo (µg/L)	-0,19	0,23	-0,16	-0,18	-0,40	-0,14	-0,14	-0,18	0,15	0,56	-0,17	-0,21	0,30	-0,10																	
Cobalto (µg/L)	0,16	-0,10	-0,20	-0,20	0,11	-0,24	-0,16	0,28	0,07	-0,52	0,10	-0,11	-0,37	-0,24	0,61																
Cobre (µg/L)	-0,20	-0,07	-0,23	-0,09	-0,46	-0,26	-0,22	-0,28	-0,03	-0,16	-0,19	-0,13	0,03	0,05	0,94	0,17															
Crômio Total (µg/L)	0,07	-0,14	0,06	-0,10	-0,18	0,38	-0,02	-0,01	0,22	0,46	0,30	-0,11	-0,10	-0,23	-0,28	0,17	-0,25														
Estrôncio (µg/L)	0,29	-0,15	-0,31	0,63	0,60	-0,51	-0,25	-0,29	-0,31	-0,31	0,20	0,46	-0,21	0,67	-0,19	-0,10	-0,01	-0,05													
Ferro (µg/L)	-0,07	-0,14	-0,21	-0,36	-0,36	-0,17	-0,23	-0,17	0,18	0,78	-0,18	-0,21	-0,04	-0,14	0,98	0,56	0,80	-0,14	-0,22												
Lítio (µg/L)	0,14	0,11	0,16	-0,21	-0,07	0,13	0,13	0,09	0,29	-0,13	0,10	0,13	0,08	-0,04	-0,21	-0,08	-0,09	-0,01	0,03	-0,21											
Magnésio (mg/L)	0,32	0,83	0,23	0,90	0,75	-0,50	0,27	0,30	-0,23	-0,56	0,20	0,08	-0,19	0,76	-0,33	-0,09	-0,23	-0,10	0,53	-0,49	-0,19										
Manganês (µg/L)	-0,11	-0,15	-0,24	-0,31	-0,15	-0,26	-0,25	-0,16	0,16	-0,32	-0,21	-0,17	0,70	-0,14	0,98	0,75	0,62	-0,19	-0,21	0,93	-0,18	-0,39									
Molibdênio (µg/L)	-0,31	0,90	0,87	-0,35	0,08	0,30	0,87	0,84	0,04	-0,12	0,50	-0,20	0,92	-0,27	-0,11	-0,31	-0,09	-0,20	-0,19	-0,15	0,05	0,20	-0,08								
Níquel (µg/L)	0,08	0,55	0,01	0,15	-0,22	-0,09	-0,05	0,08	-0,01	-0,99	0,15	-0,05	-0,02	0,13	0,64	0,24	0,48	-0,06	-0,03	0,68	-0,29	0,14	0,54	-0,12							
Potássio (mg/L)	-0,12	-0,18	-0,40	0,43	0,48	-0,62	-0,34	-0,38	-0,26	-0,32	-0,09	0,85	-0,19	0,53	-0,14	-0,46	-0,03	-0,18	0,67	-0,20	-0,03	0,35	-0,17	-0,18	-0,06						
Selênio (µg/L)	-0,13	-0,02	-0,06	-0,46	-0,06	0,24	-0,11	-0,11	0,21	-0,21	-0,11	-0,05	-0,10	-0,27	0,14	0,21	-0,02	-0,12	-0,25	0,91	0,43	-0,51	0,75	-0,12	0,02	-0,17					
Sódio (mg/L)	0,04	0,71	0,96	-0,61	-0,28	0,81	0,91	0,91	0,43	0,03	0,46	-0,30	0,82	-0,59	-0,11	0,00	-0,21	0,13	-0,48	-0,13	0,16	-0,50	-0,17	0,79	-0,14	-0,54	0,05				
Titânio (µg/L)	0,38	0,08	0,01	0,74	0,20	-0,14	0,01	-0,06	-0,18	-0,06	0,15	-0,02	-0,10	0,65	-0,21	-0,52	-0,08	-0,08	0,44	-0,39	-0,22	0,73	-0,45	-0,05	0,13	0,28	-0,42	-0,18			
Urânio (µg/L)	0,20	0,02	0,38	-0,30	-0,31	0,44	0,31	0,35	0,19	0,14	0,14	-0,30	-0,02	-0,31	-0,11	0,15	-0,15	0,29	-0,25	-0,12	-0,03	-0,08	-0,22	-0,07	-0,24	-0,33	-0,04	0,43	-0,06		
Vanádio (µg/L)	-0,05	0,35	0,69	-0,36	-0,20	0,81	0,61	0,64	0,32	0,10	0,39	-0,41	0,34	-0,60	-0,24	0,18	-0,31	0,48	-0,46	-0,18	0,01	-0,11	-0,21	0,25	0,04	-0,55	0,04	0,76	-0,17	0,64	
Zinco (µg/L)	-0,14	-0,15	-0,16	-0,10	-0,32	-0,14	-0,14	-0,19	0,01	0,03	-0,21	-0,11	-0,06	0,03	0,78	0,07	0,89	-0,24	0,03	0,64	-0,09	-0,16	0,48	-0,10	0,38	0,02	0,06	-0,15	0,04	-0,15	-0,22

**Coeficiente de correlação de destaque: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

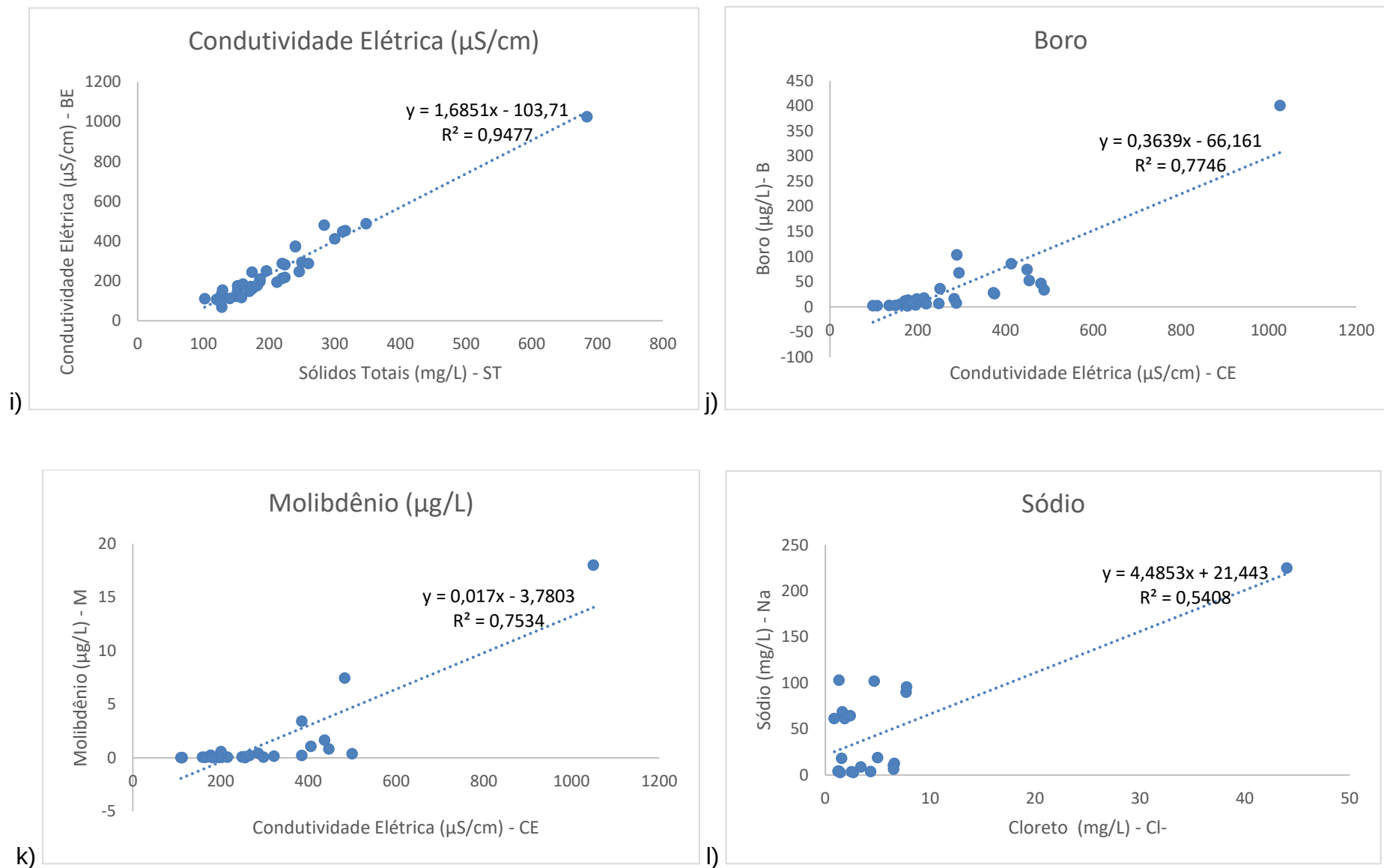
Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015



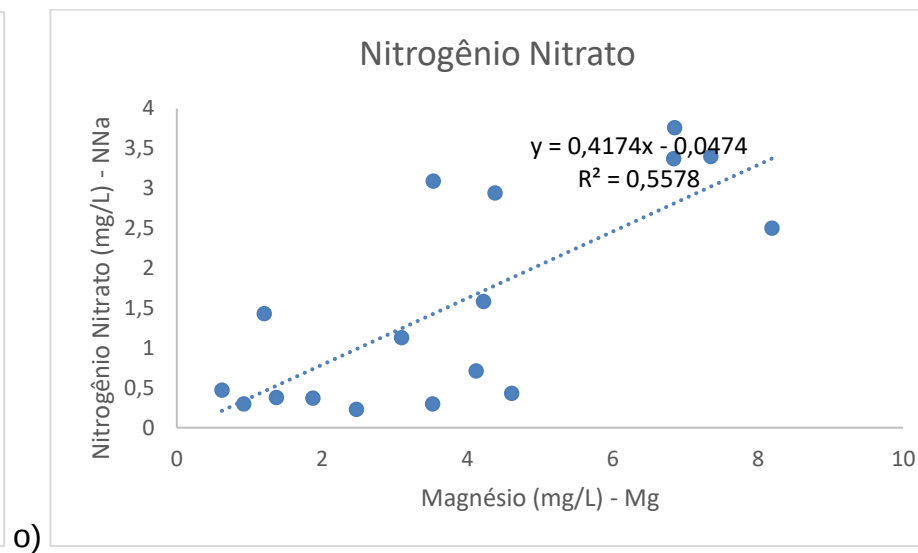
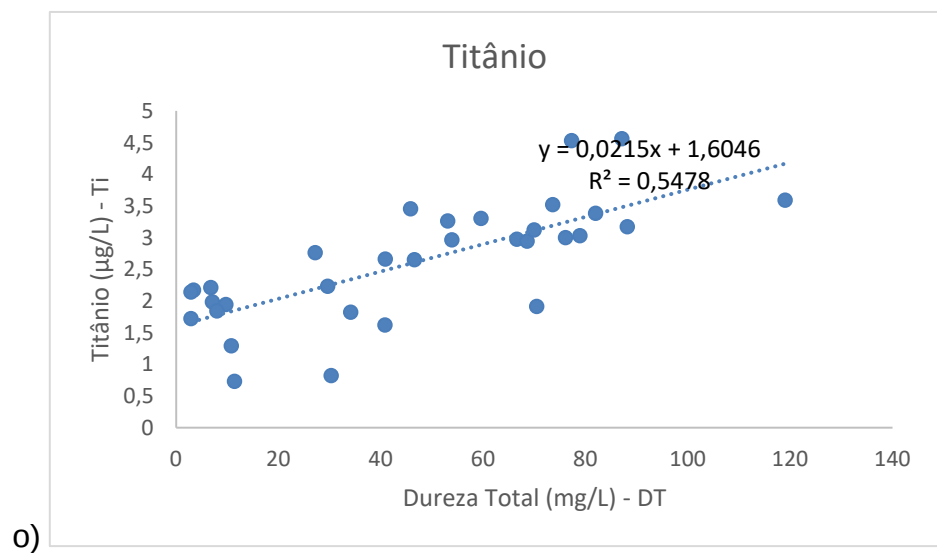
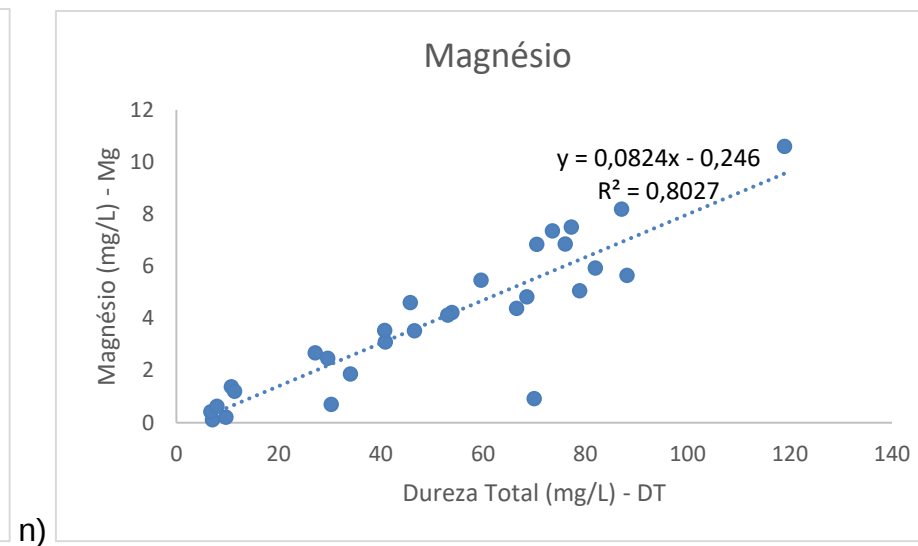
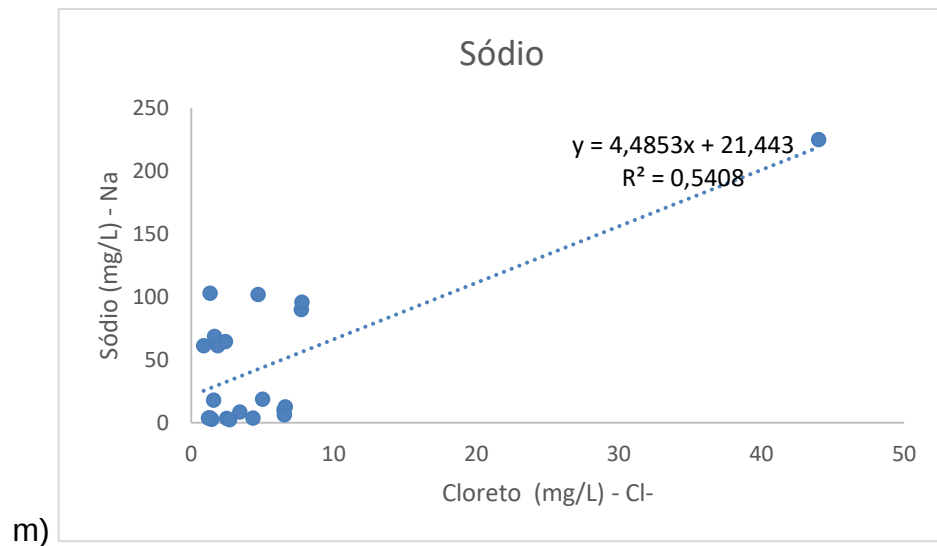
Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015 (continuação)



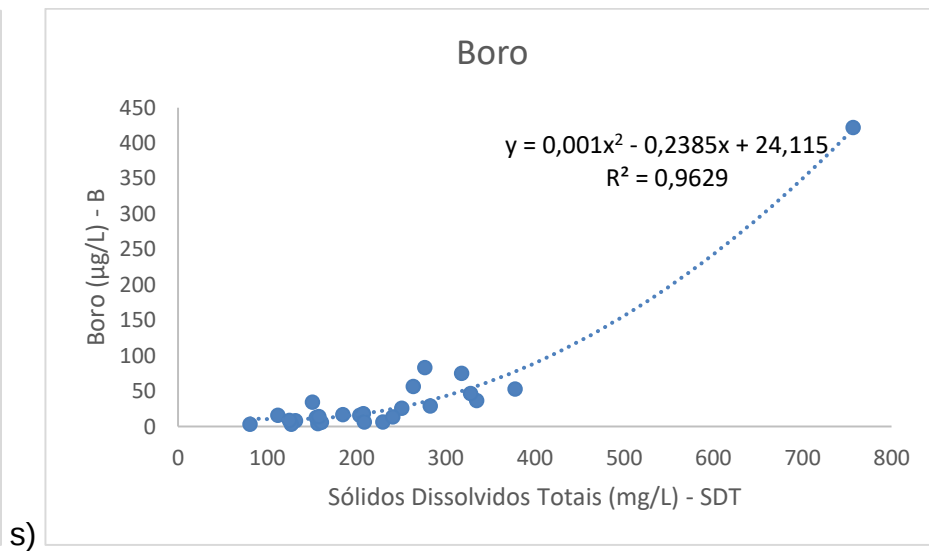
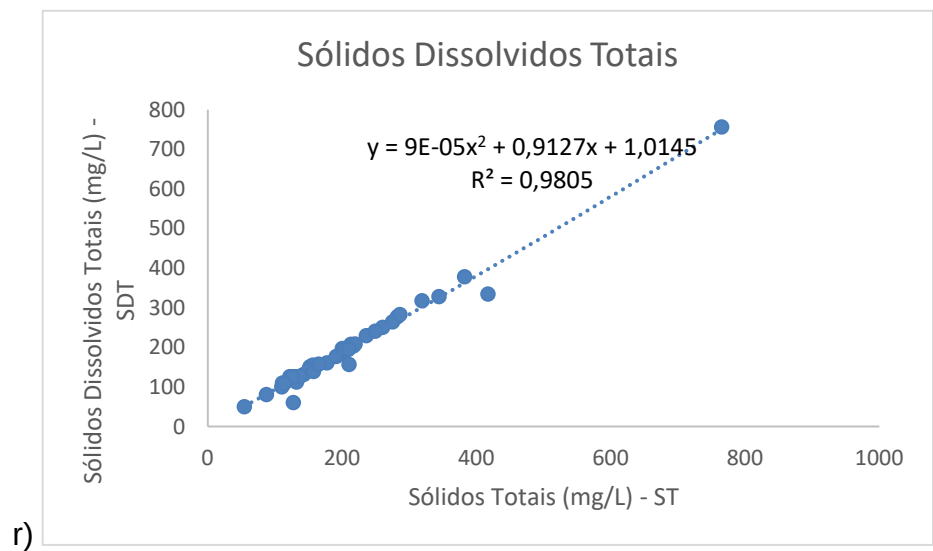
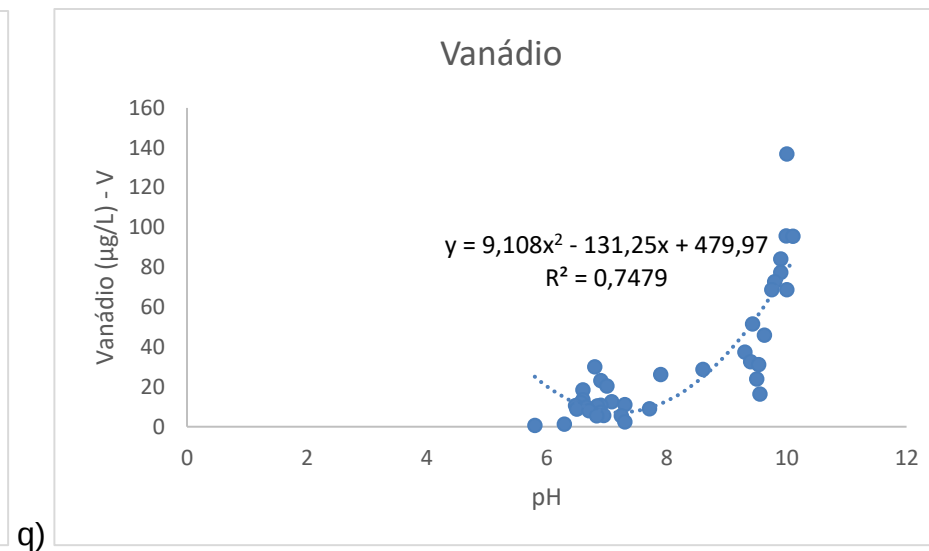
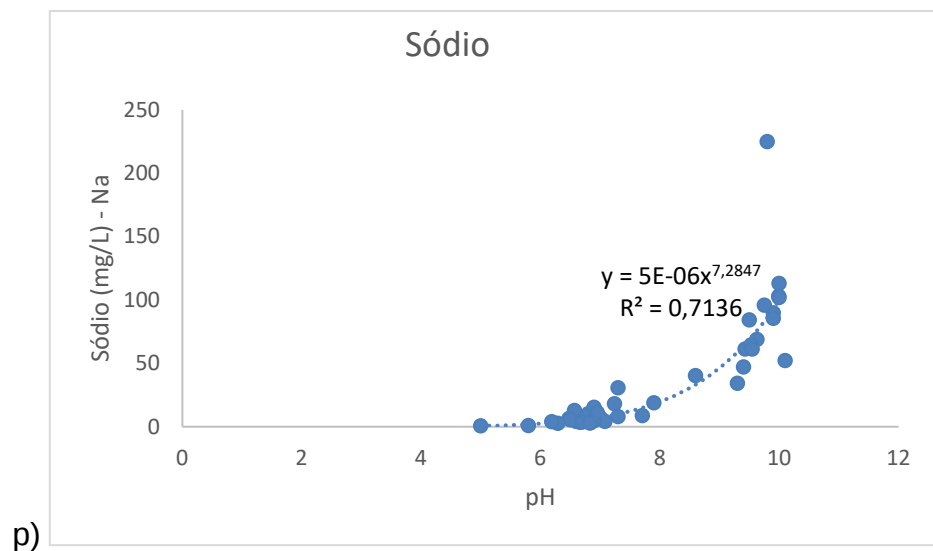
Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015 (continuação)



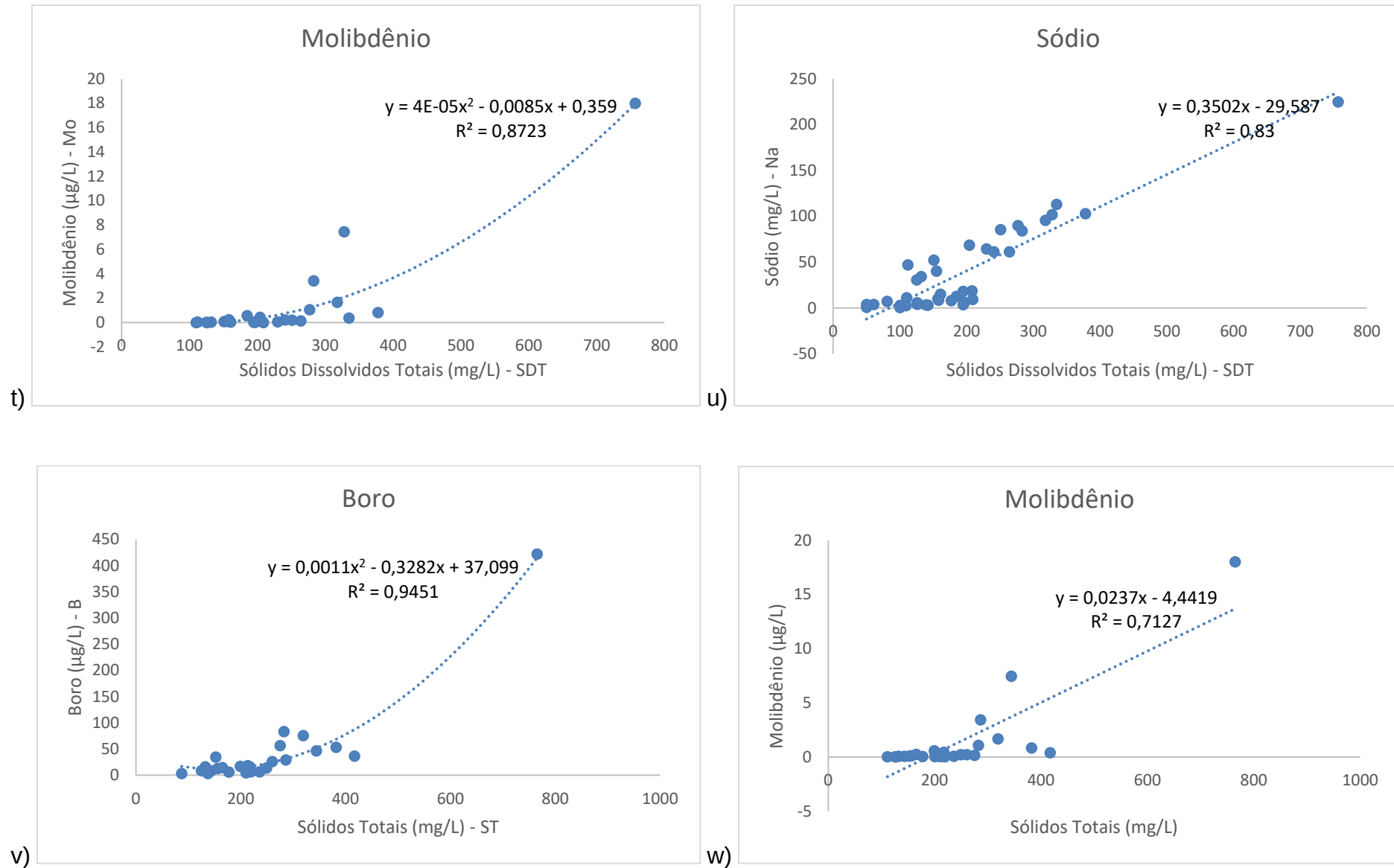
Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015 (continuação)

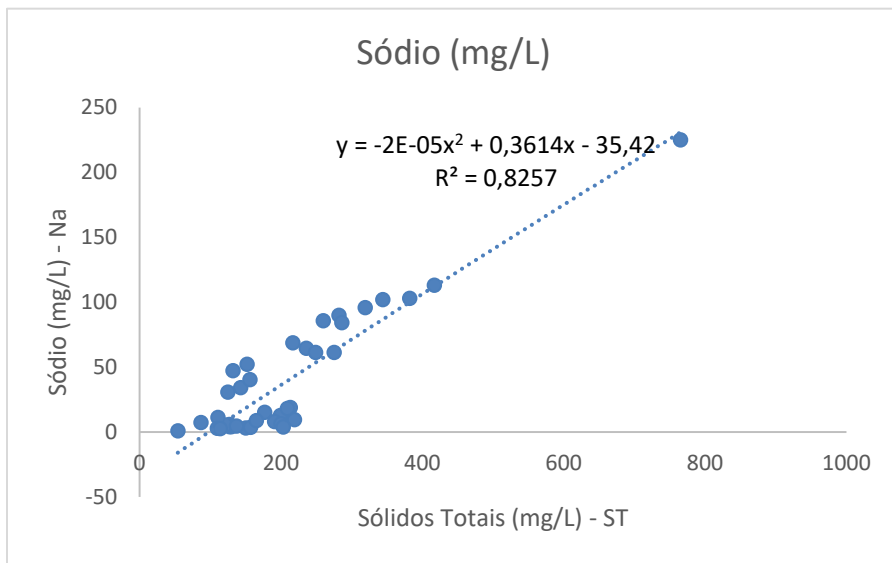


Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015 (continuação)

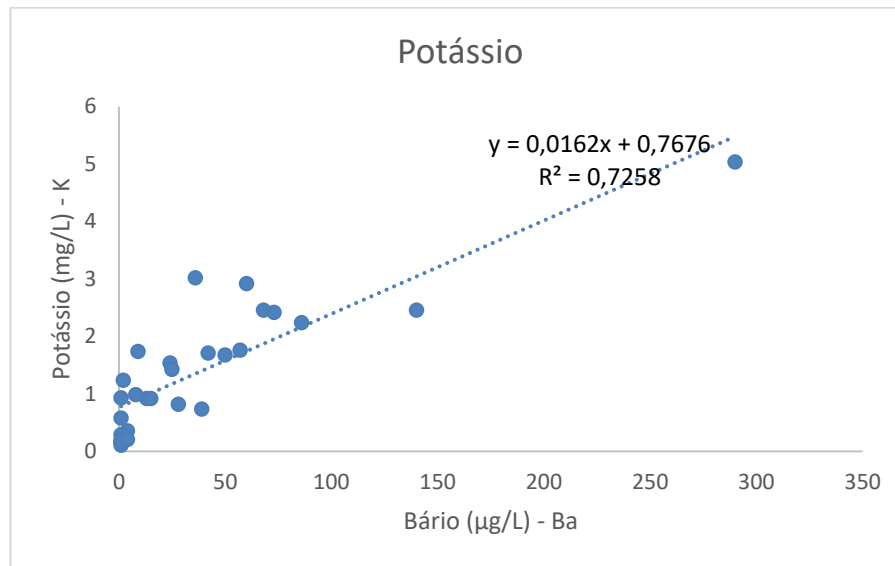


Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015 (continuação)

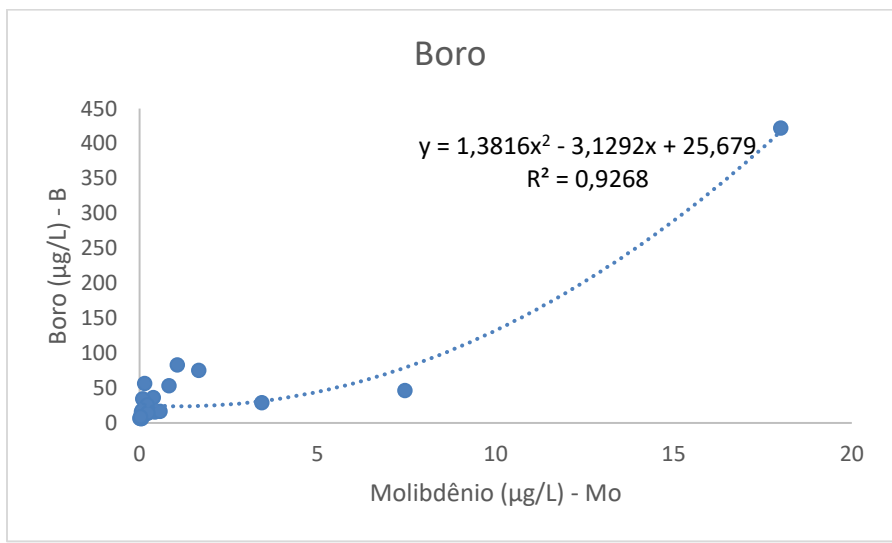
x)



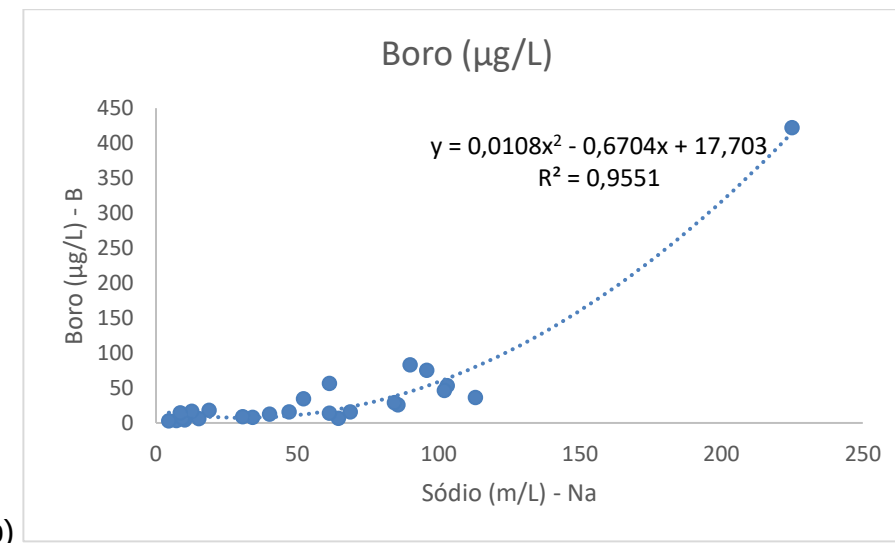
y)



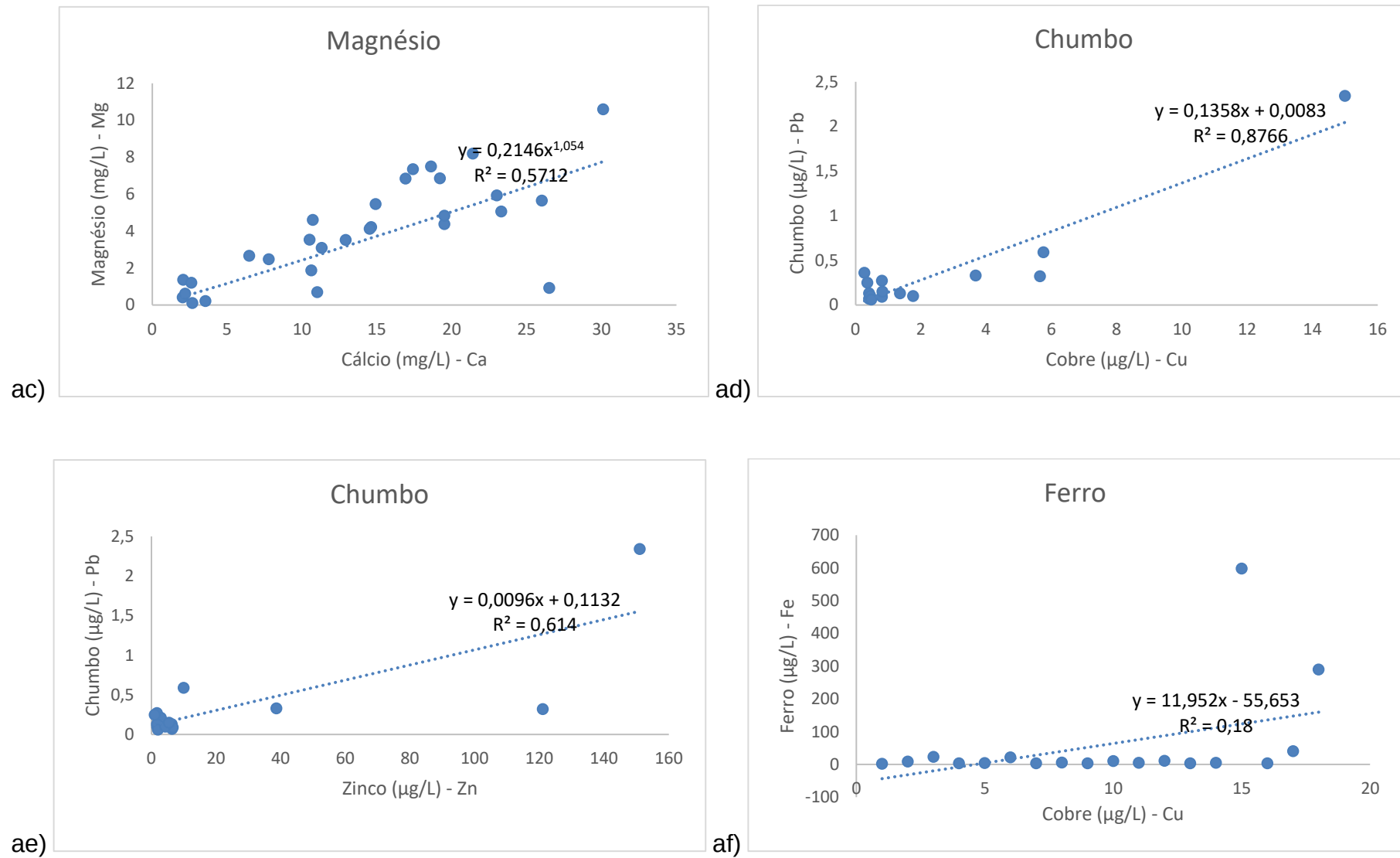
z)



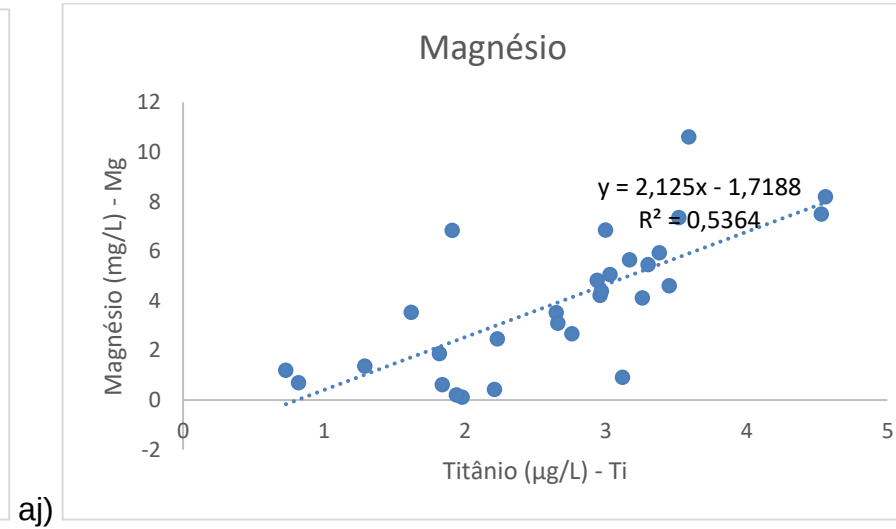
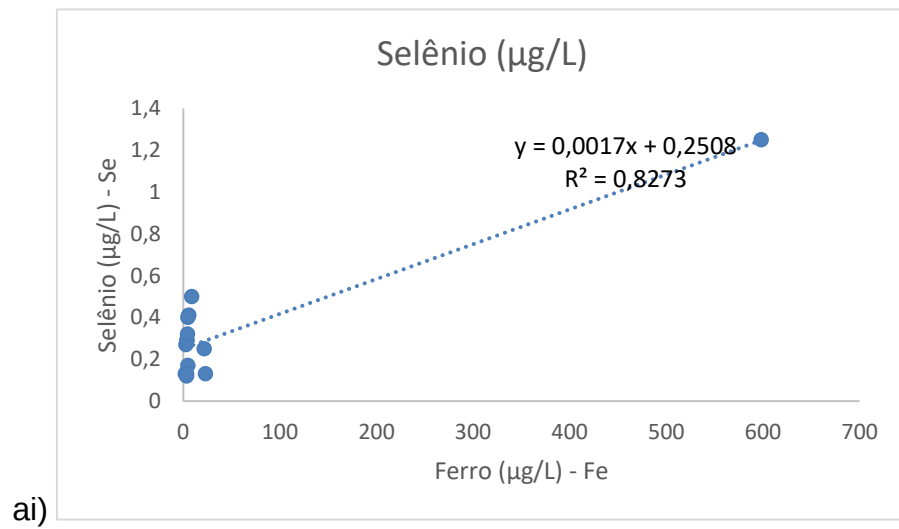
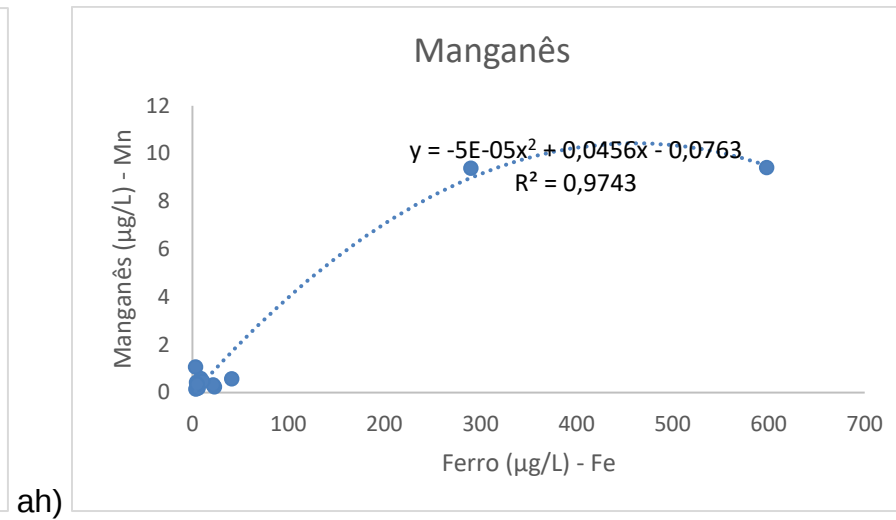
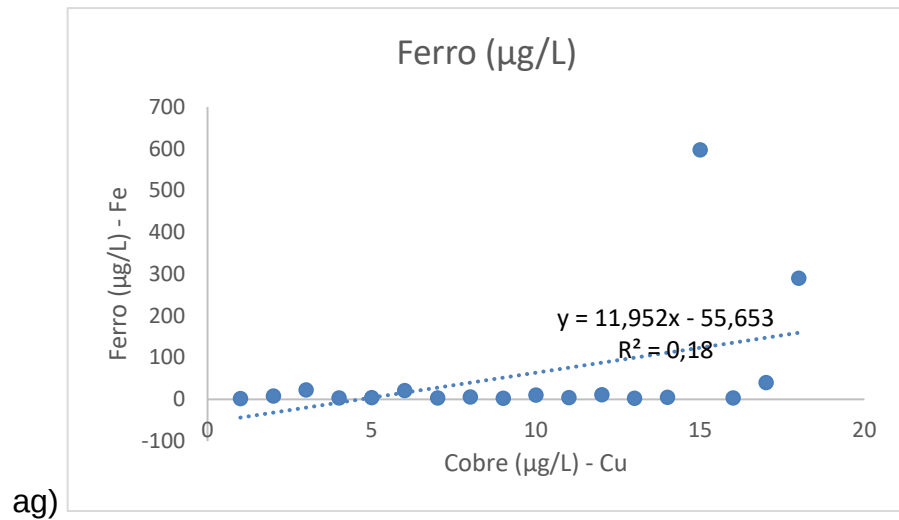
ab)



Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 05 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015 (conclusão)

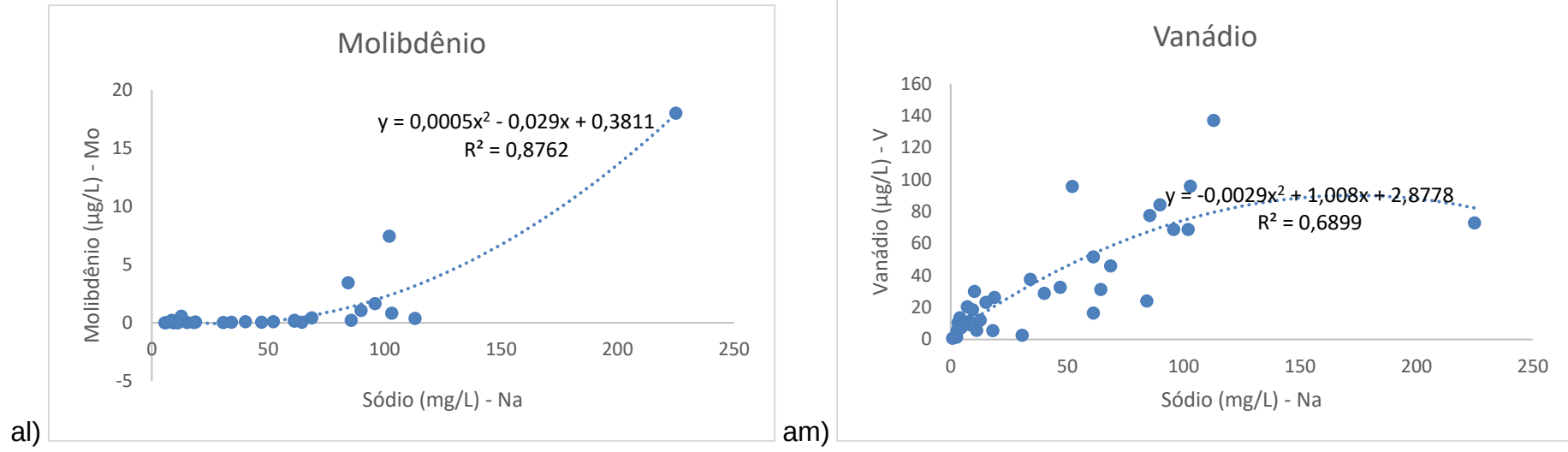
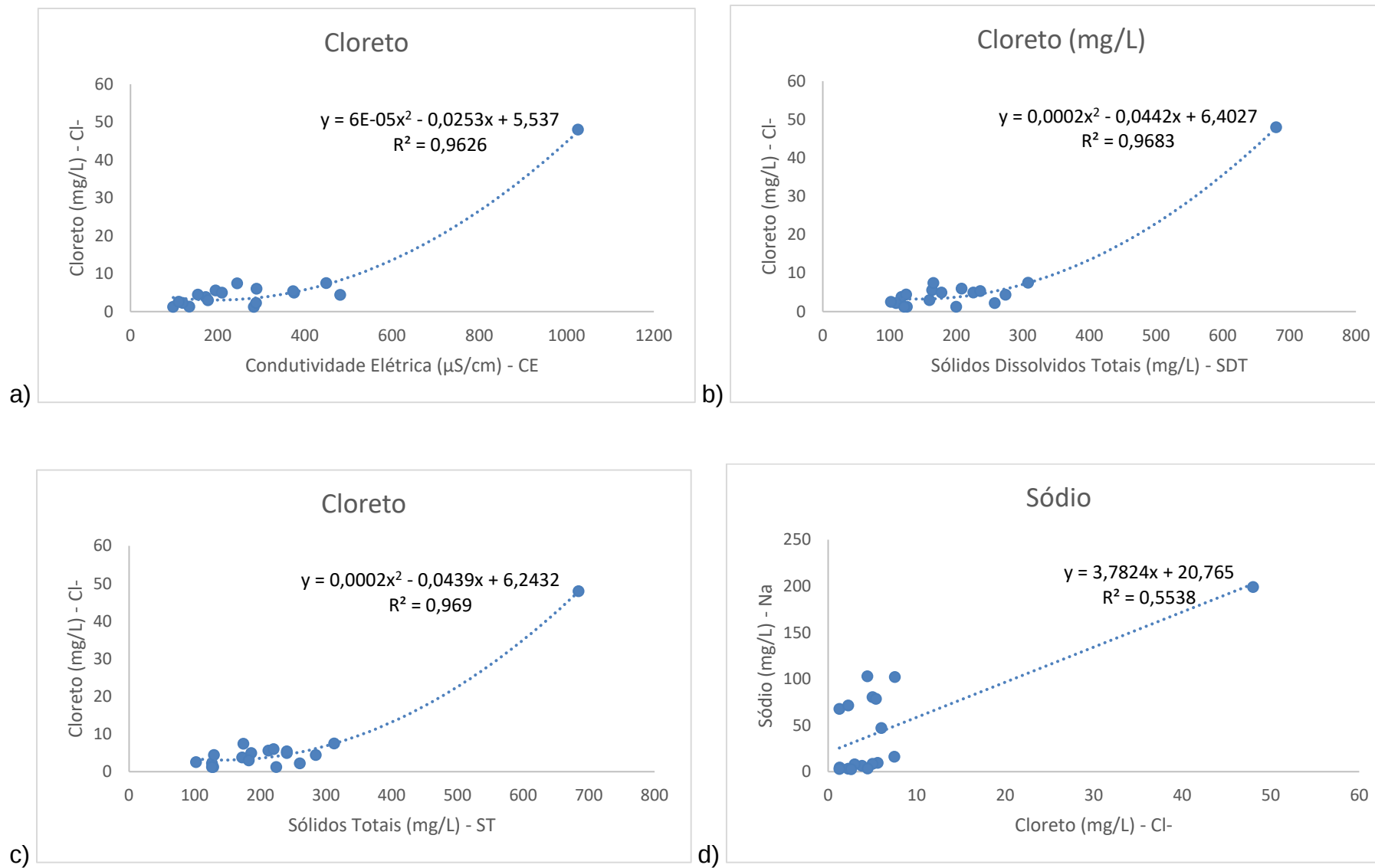


Tabela 09 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015

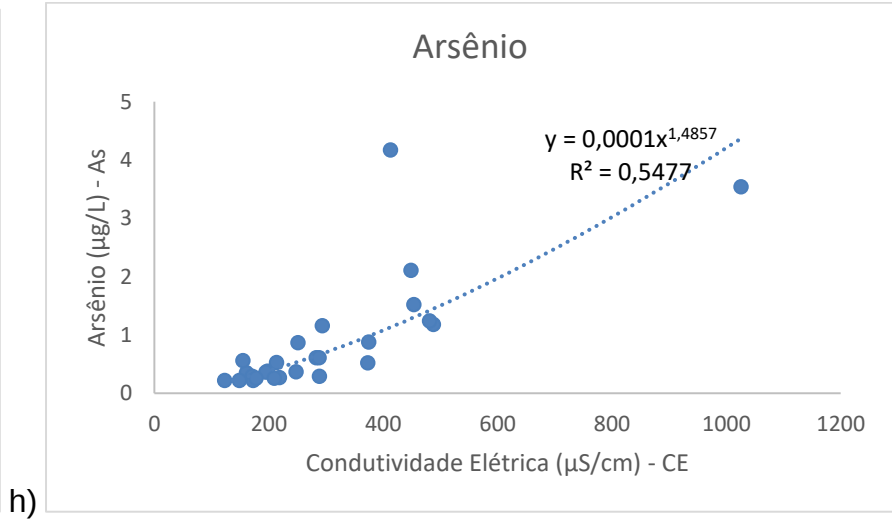
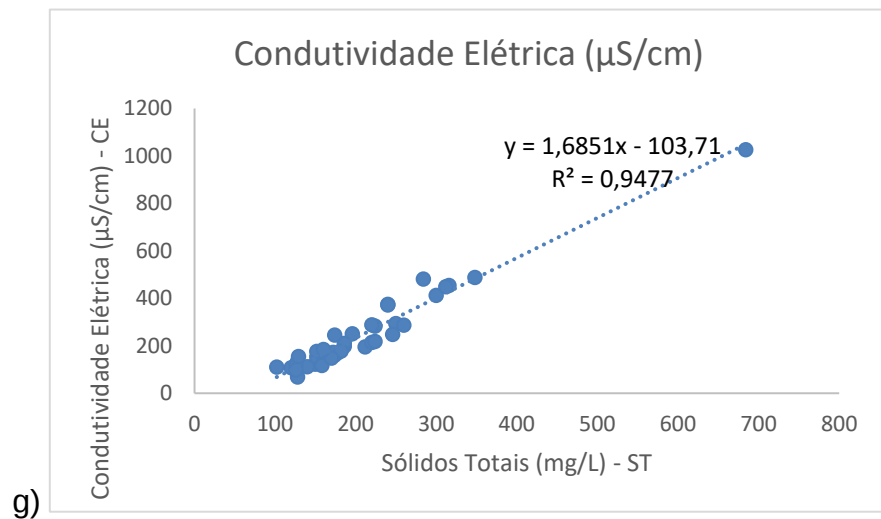
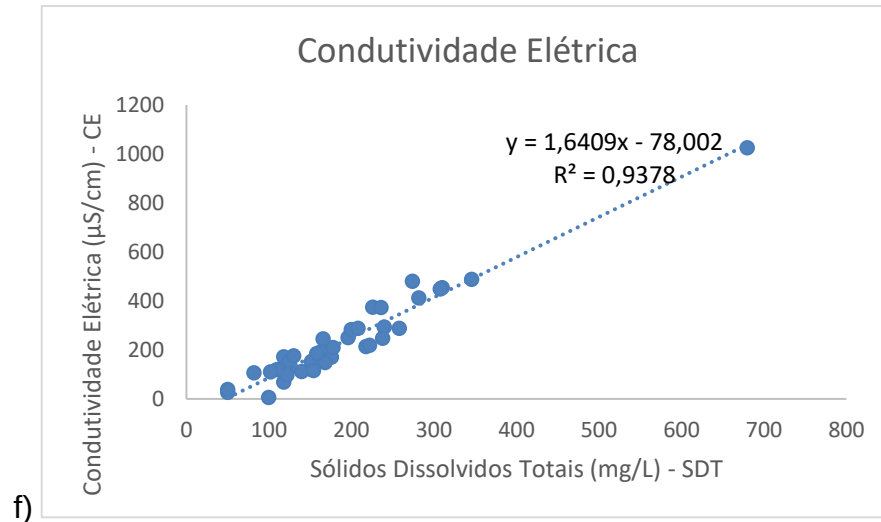
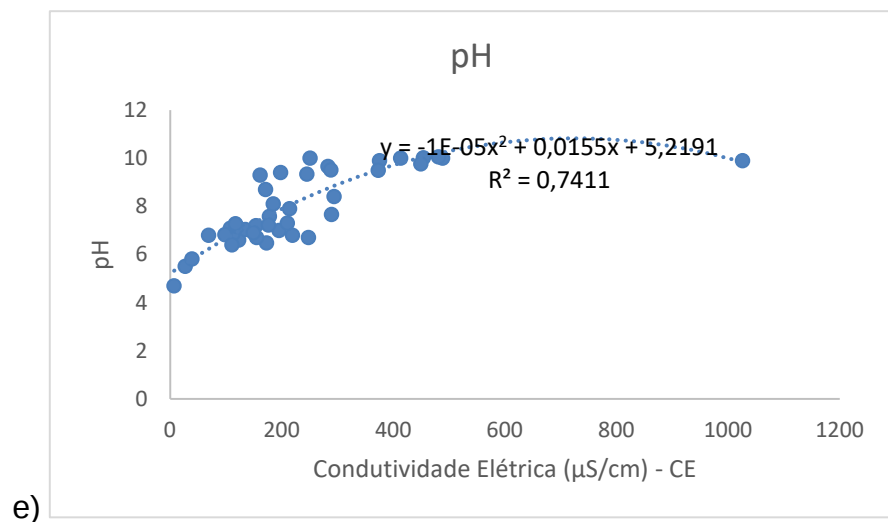
	AB	Cl-	CE	DT	NN	pH	SDT	ST	TE	Al	Ar	Ba	B	Ca	Pb	Co	Cu	Cr	Sr	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Ni	K	Se	Na	Ti	U	V
Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)																															
Cloreto (mg/L)	-0,16																														
Condutividade (µS/cm)	0,16	0,89																													
Dureza (mg/L)	0,36	-0,27	-0,39																												
Nitrogênio (mg/L)	0,12	0,63	0,25	0,43																											
pH	0,17	0,35	0,72	-0,65	0,23																										
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	0,19	0,91	0,97	-0,33	0,16	0,66																									
Sólidos Totais (mg/L)	0,08	0,91	0,97	-0,40	0,02	0,61	0,99																								
Temperatura (°C)	0,07	0,43	0,52	-0,40	0,15	0,51	0,45	0,47																							
Alumínio (µg/L)	-0,17	-0,11	0,16	-0,44	-0,19	0,35	0,19	0,16	0,34																						
Arsênio (µg/L)	-0,34	0,86	0,77	-0,48	-0,31	0,56	0,74	0,75	0,41	0,02																					
Bário (µg/L)	-0,26	-0,23	-0,17	0,08	0,13	-0,25	-0,21	-0,26	0,05	0,14	-0,21																				
Boro (µg/L)	-0,14	0,98	0,88	-0,29	0,00	0,36	0,89	0,90	0,45	-0,06	0,69	-0,27																			
Cálcio (mg/L)	0,39	-0,27	-0,40	0,98	0,30	-0,63	-0,33	-0,42	-0,39	-0,46	-0,50	0,06	-0,29																		
Chumbo (µg/L)	-0,09	-0,14	-0,04	-0,04	0,23	0,07	-0,06	-0,08	0,11	0,10	-0,02	0,11	0,01	-0,06																	
Cobalto (µg/L)	-0,04	-0,33	-0,05	0,10	0,03	-0,12	-0,08	-0,12	-0,01	0,53	0,62	0,06	-0,09	0,06	-0,05																
Cobre (µg/L)	-0,12	-0,04	0,05	-0,15	-0,17	0,05	0,04	0,05	0,06	0,21	0,25	-0,04	0,07	-0,15	0,87	-0,13															
Crômio Total (µg/L)	0,20	-0,18	0,04	-0,33	0,01	0,34	0,05	0,03	0,30	0,44	-0,02	-0,08	-0,08	-0,31	-0,35	-0,21	-0,03														
Estrôncio (µg/L)	0,21	-0,34	-0,33	0,67	0,38	-0,45	-0,28	-0,38	-0,31	-0,37	-0,33	0,30	-0,25	0,65	0,20	0,06	-0,04	-0,13													
Ferro (µg/L)	0,08	-0,67	0,08	-0,21	-0,22	0,18	0,25	0,31	-0,07	0,65	0,44	-0,07	-0,10	-0,17	-0,10	0,29	-0,06	-0,19	-0,01												
Lítio (µg/L)	0,07	0,14	0,16	-0,03	0,04	0,10	0,16	0,11	0,20	-0,11	0,29	0,05	0,10	0,02	0,74	-0,18	0,62	-0,08	0,10	0,03											
Magnésio (mg/L)	0,21	-0,64	-0,17	0,89	0,63	-0,39	-0,16	-0,23	-0,27	-0,52	-0,41	0,13	-0,33	0,74	0,15	0,14	0,12	-0,13	0,55	0,10	-0,10										
Manganês (mg/L)	-0,43	0,94	-0,15	-0,37	-0,34	-0,43	-0,16	0,55	0,19	-0,14	0,14	-0,06	0,56	-0,36	0,48	0,06	0,07	0,24	-0,16	-0,01	-0,33	-0,68									
Molibdênio (µg/L)	-0,23	0,90	0,84	-0,30	0,14	0,37	0,81	0,84	0,52	-0,08	0,54	-0,23	0,88	-0,29	-0,02	-0,10	-0,02	-0,26	-0,22	-0,32	0,09	-0,34	0,25								
Níquel (µg/L)	0,30	0,16	0,05	0,48	0,41	-0,29	0,03	-0,03	-0,15	-0,41	-0,44	0,22	0,34	0,47	-0,08	0,00	0,05	-0,15	0,10	-0,42	-0,29	0,34	-0,20	0,06							
Potássio (mg/L)	-0,10	-0,27	-0,36	0,50	0,21	-0,47	-0,36	-0,46	-0,15	-0,38	-0,38	0,82	-0,27	0,48	0,04	0,07	-0,11	-0,22	0,66	-0,20	0,08	0,35	-0,29	-0,24	0,08						
Selênio (µg/L)	0,09	-0,05	-0,05	-0,16	-0,01	0,13	-0,04	-0,07	0,12	-0,25	-0,12	-0,15	0,01	-0,09	0,50	-0,16	0,17	-0,14	-0,22	-0,31	0,28	-0,35	-0,11	-0,11	0,16	-0,13					
Sódio (mg/L)	0,08	0,74	0,94	-0,66	-0,12	0,81	0,90	0,90	0,57	0,28	0,77	-0,22	0,78	-0,65	-0,01	-0,15	0,10	0,16	-0,51	0,19	0,14	-0,47	-0,04	0,74	-0,21	-0,51	0,03				
Titânio (µg/L)	0,20	-0,40	-0,17	0,60	0,20	-0,11	-0,18	-0,42	-0,31	-0,16	-0,28	0,04	-0,24	0,61	0,16	0,09	-0,01	-0,26	0,26	-0,20	-0,11	0,49	-0,74	-0,23	0,40	0,27	0,02	-0,33			
Urânio (µg/L)	0,30	-0,02	0,39	-0,40	-0,13	0,46	0,41	0,37	0,25	0,31	0,13	-0,25	-0,03	-0,39	-0,26	-0,06	-0,06	0,42	-0,33	0,13	-0,02	-0,21	-0,26	-0,10	-0,07	-0,37	-0,12	0,47	-0,31		
Vanádio (µg/L)	-0,03	0,40	0,69	-0,60	-0,17	0,79	0,65	0,63	0,43	0,40	0,60	-0,33	0,33	-0,62	-0,11	0,08	0,11	0,50	-0,48	0,08	0,00	-0,32	-0,24	0,23	-0,29	-0,52	-0,03	0,79	-0,31	0,62	
Zinco (µg/L)	-0,10	-0,15	-0,12	0,16	-0,09	-0,13	-0,14	-0,18	-0,13	0,19	0,01	0,09	0,10	0,13	0,33	-0,06	0,36	-0,17	0,38	-0,40	0,13	0,19	-0,18	-0,07	0,01	0,18	-0,12	-0,16	0,33	-0,19	-0,16

**Coeficiente de correlação de destaque: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

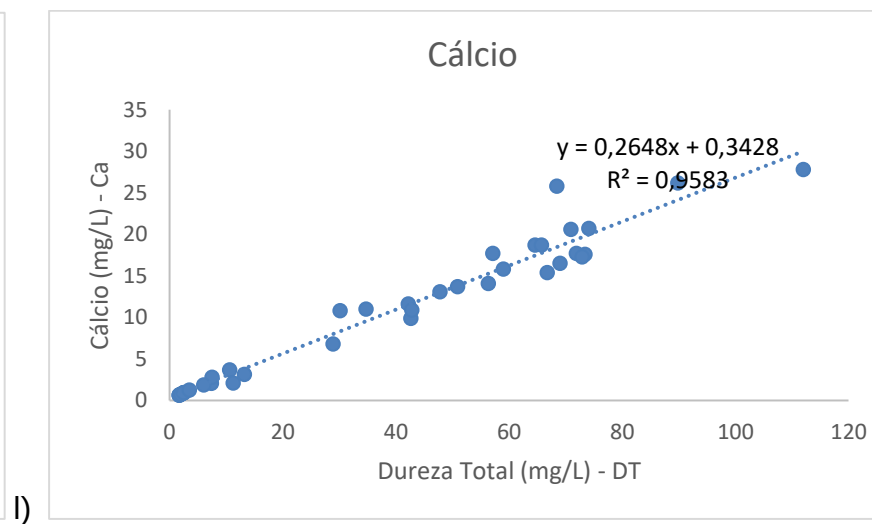
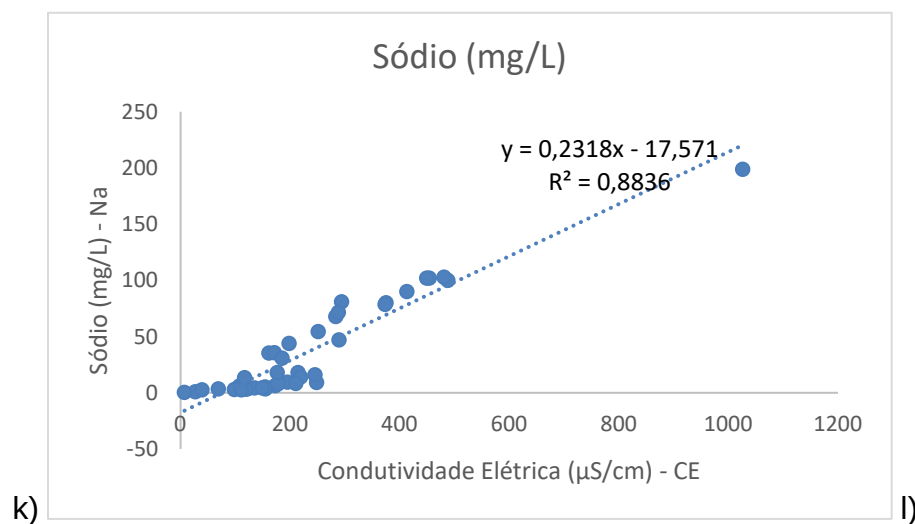
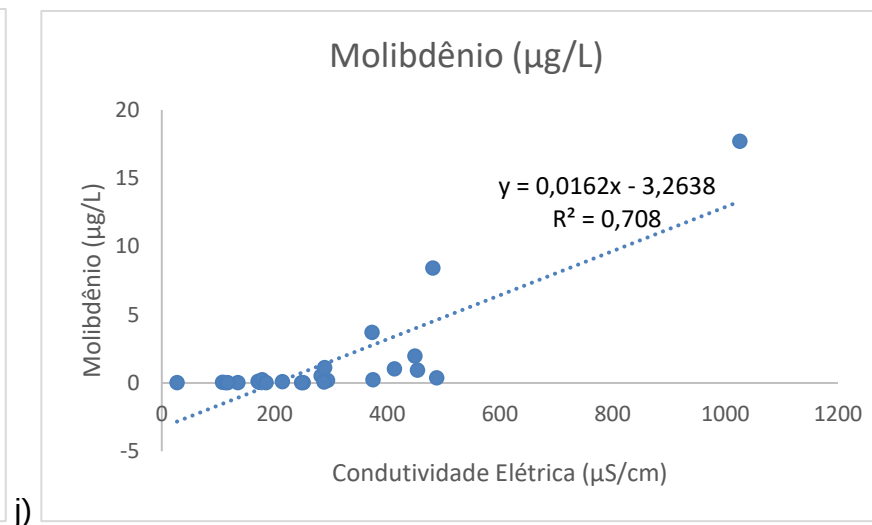
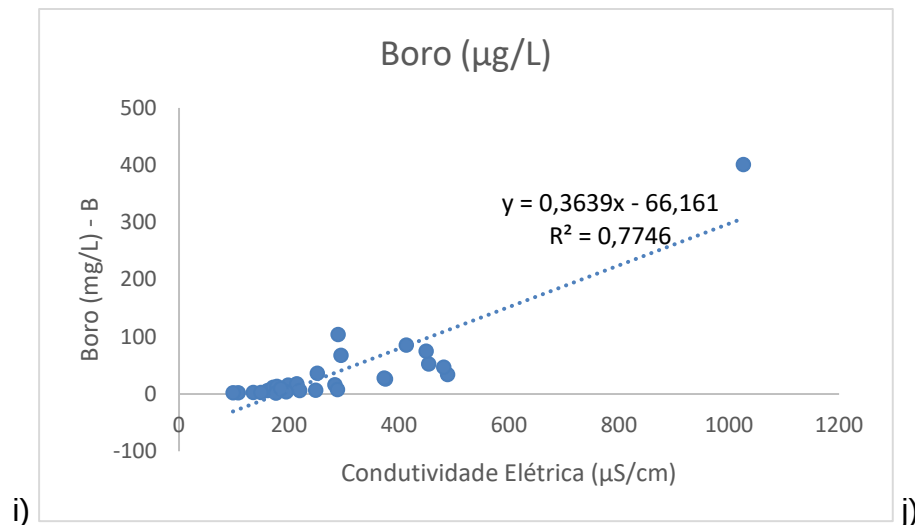
Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015



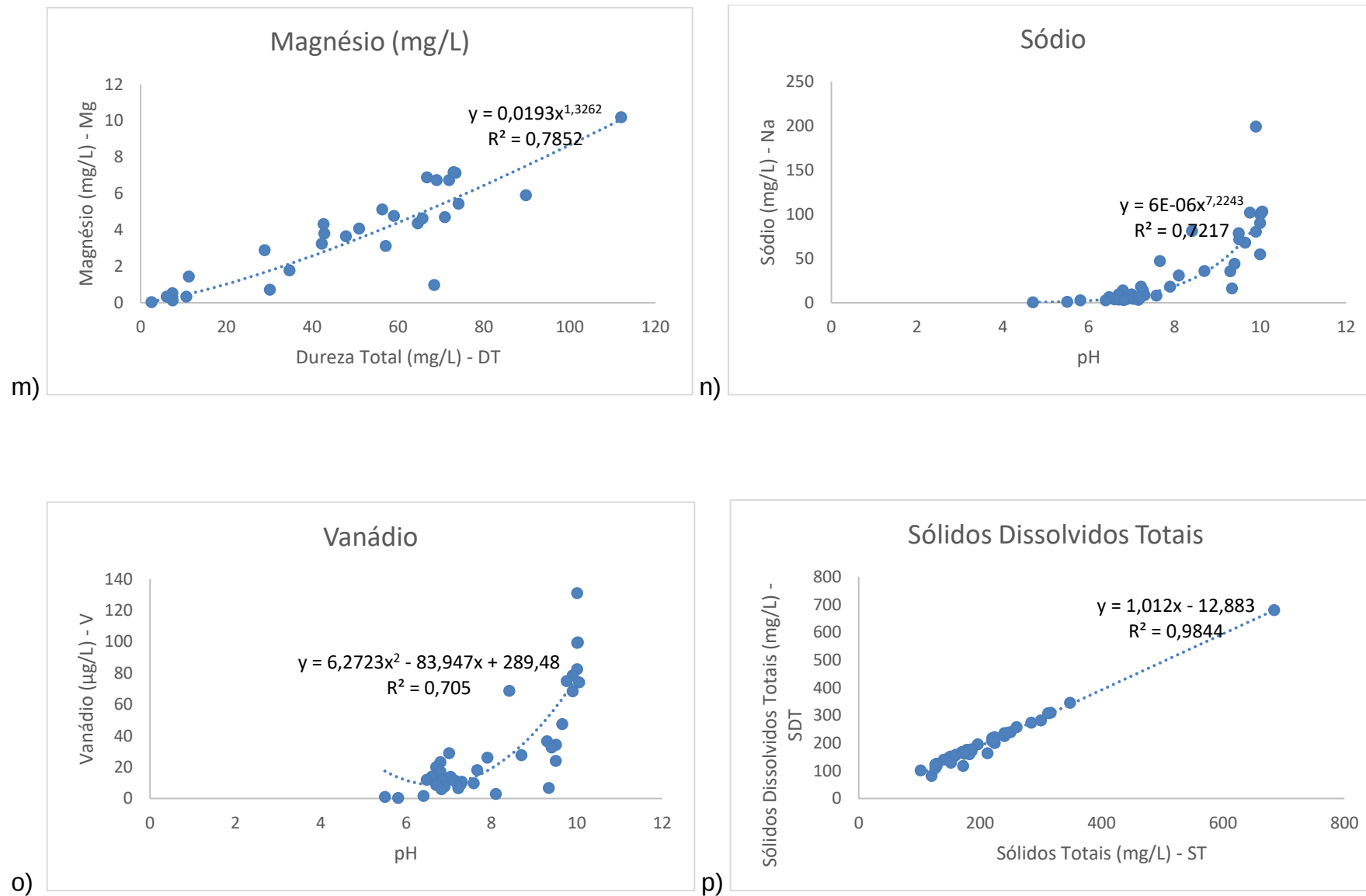
Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015 (continuação)



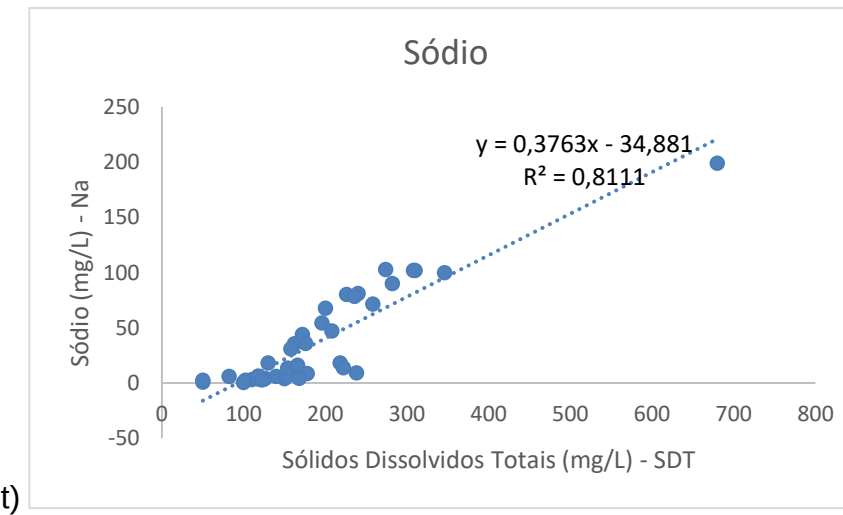
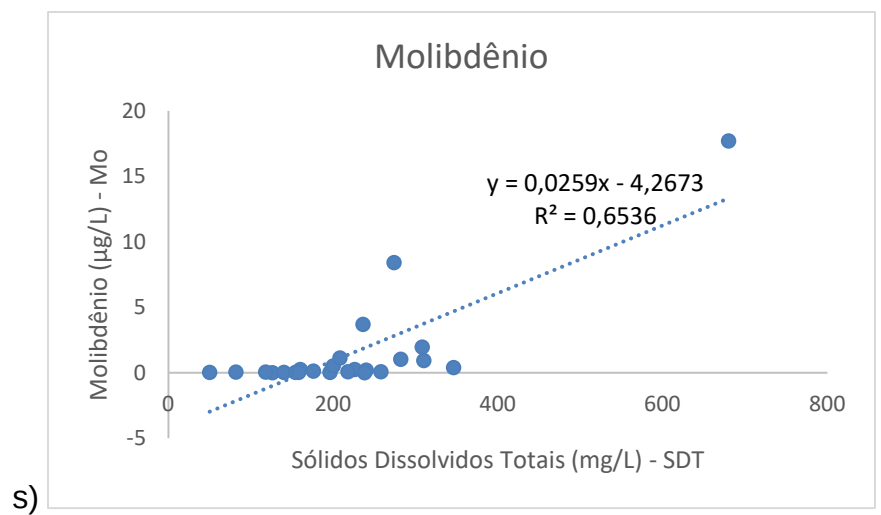
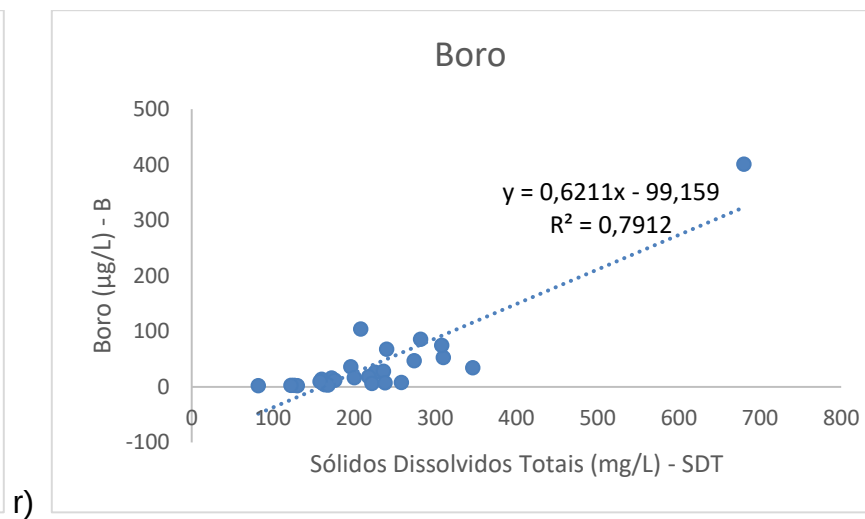
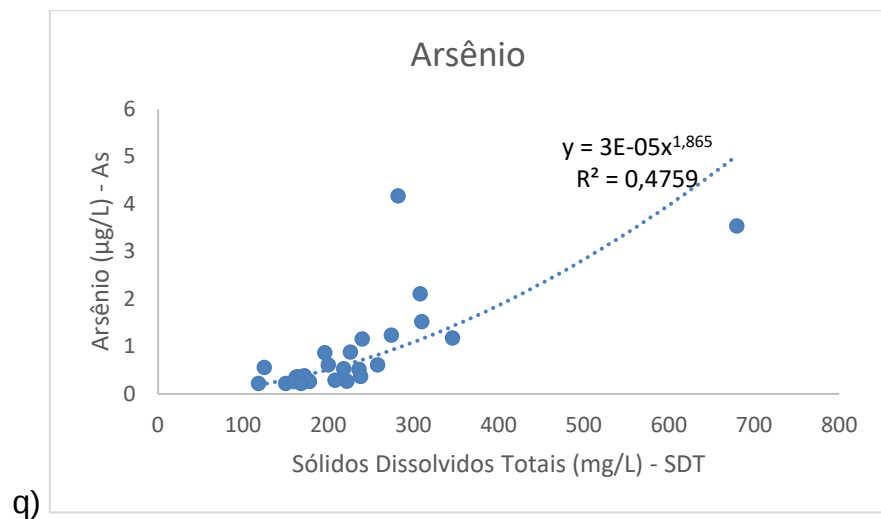
Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015 (continuação)



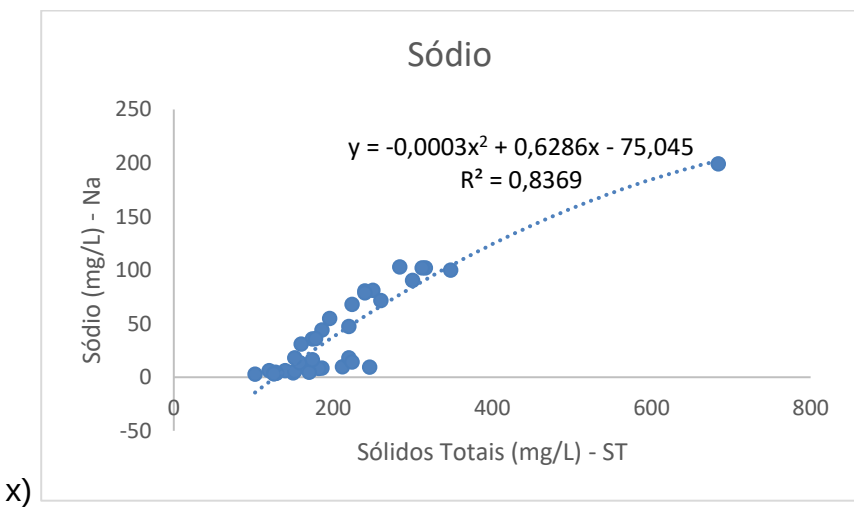
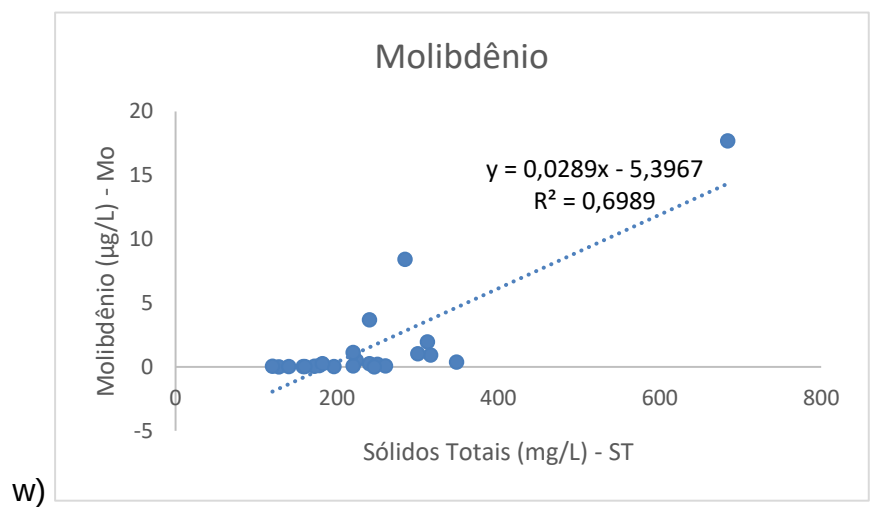
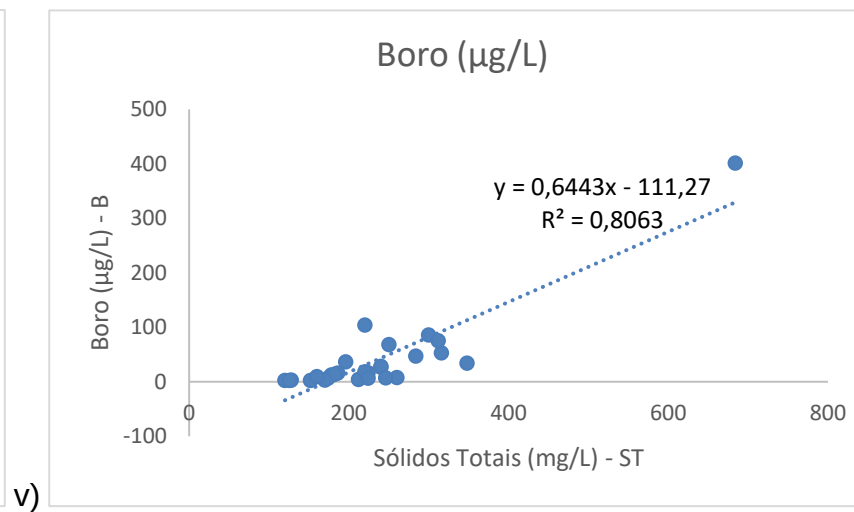
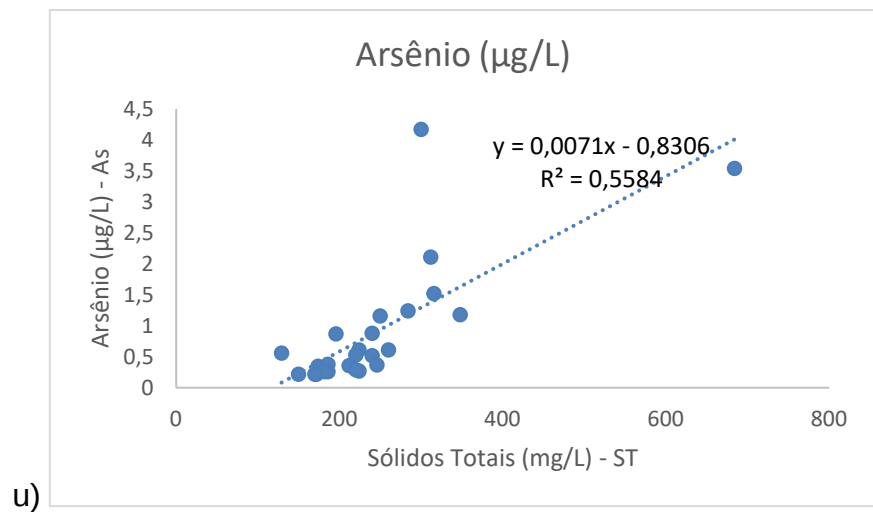
Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015 (continuação)



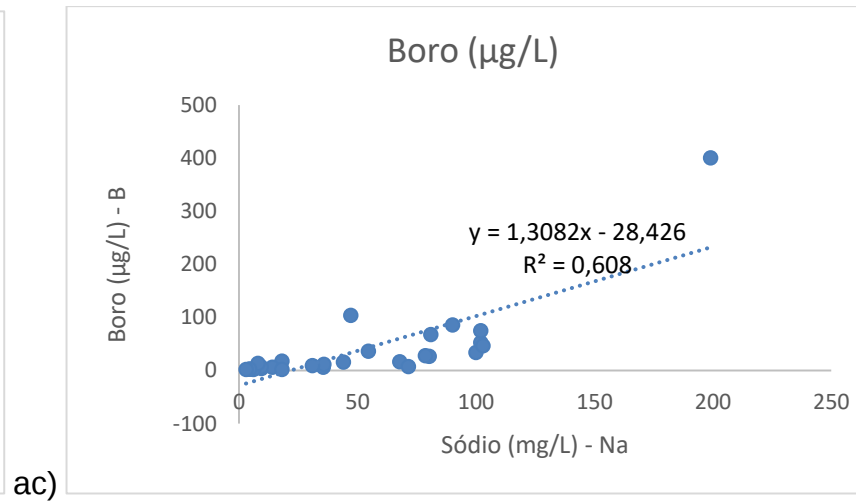
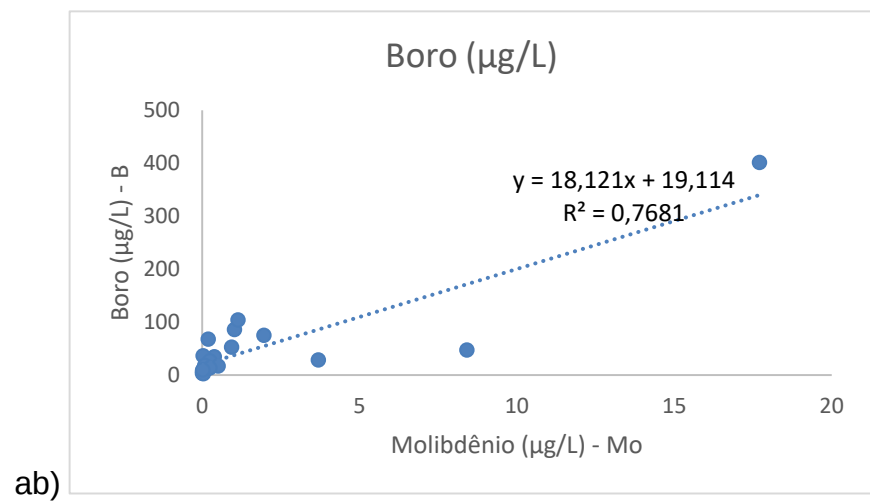
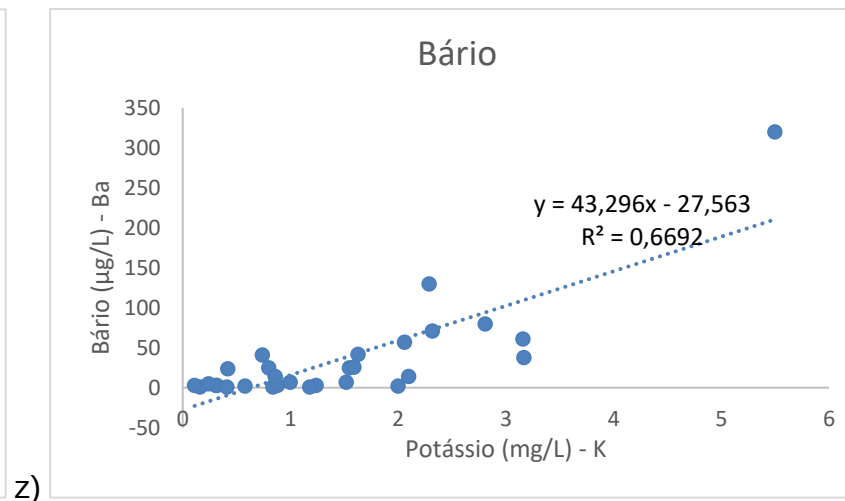
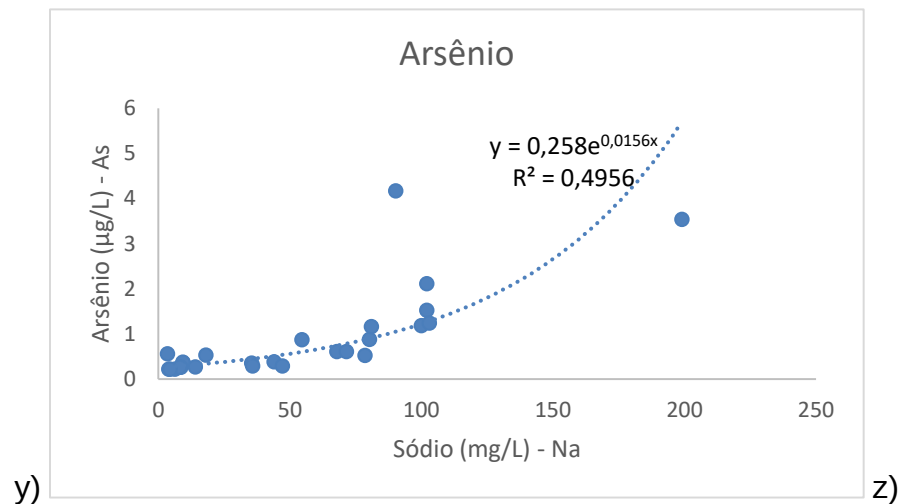
Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015 (continuação)

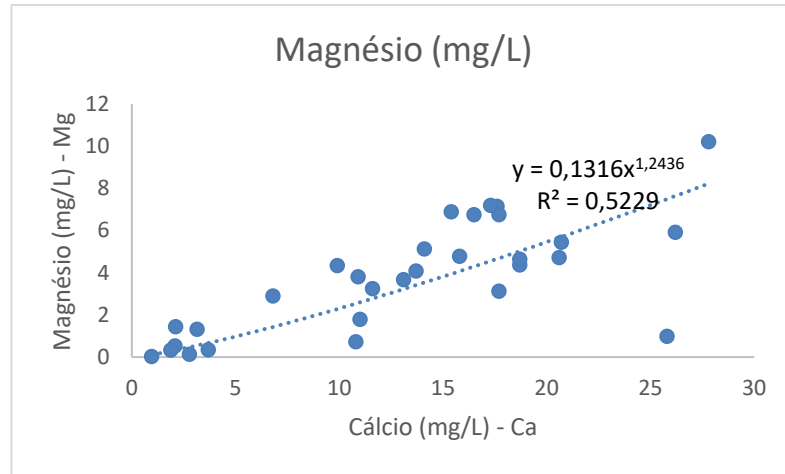


Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015 (continuação)

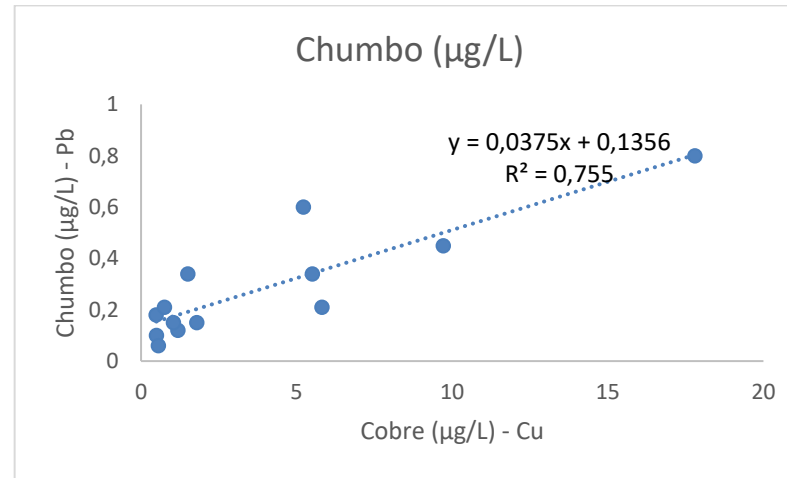


Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015 (continuação)

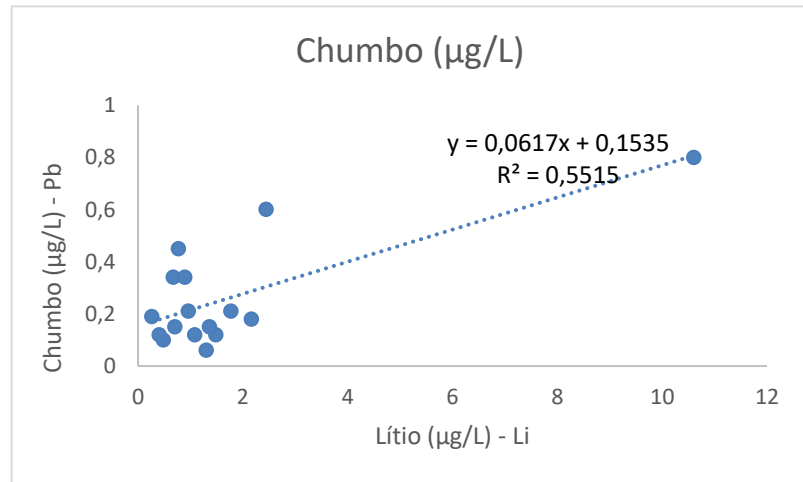
ad)



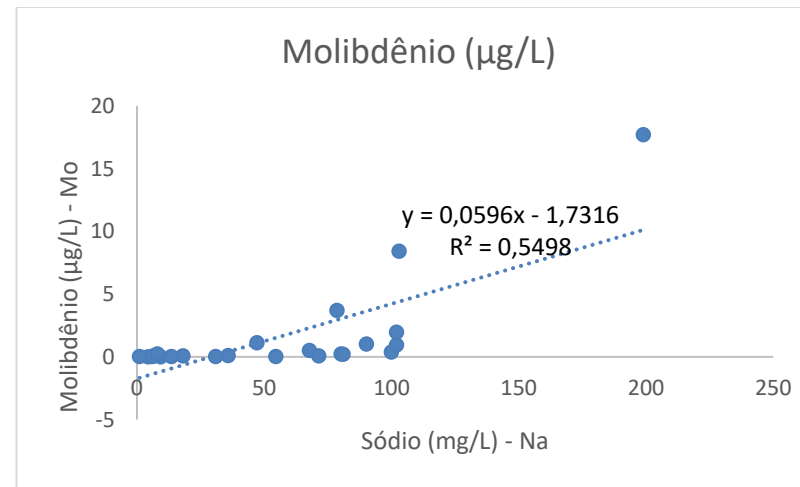
ae)



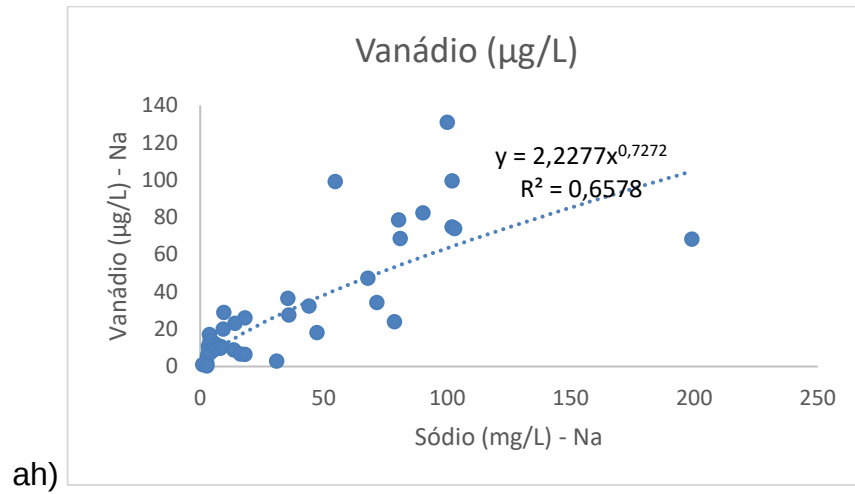
af)



ag)



Quadro 06 - Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Serra Geral – 2º Semestre de 2015 (conclusão)



Como muitos parâmetros desse aquífero estão abaixo de 30 amostras, logo os resultados devem ser observados apenas como uma linha de tendência. Porém, é interessante trazer estes elementos de interação para discussão mesmo com número de dados (pareados) abaixo de 30 amostras.

O Vanádio é um parâmetro que está acima do Valor Máximo Permitido. Considerando o 1º Semestre de 2015 (Tabela 08), temos os seguintes parâmetros com alta correlação: Boro com o Cloreto, Molibdênio e Cloreto, Sólidos Dissolvidos Totais e Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e Condutividade Elétrica, Sódio e Condutividade Elétrica, Cálcio e Dureza Total, Magnésio e Dureza Total, Boro e Sólidos Dissolvidos Totais, Sódio e Sólidos Dissolvidos Totais, Boro e Molibdênio, Chumbo e Cobre, Chumbo e Ferro, Chumbo e Manganês, Ferro e Manganês, Ferro e Selênio. De acordo Bodrud-Doza *et al* (2016), a quantidade do íon cloreto determina a salinidade da água.

Considerando o 2º Semestre de 2015 (Tabela 09), temos como grande correlação linear os Sólidos Dissolvidos Totais e o Cloreto, Sólidos Totais e Cloreto, Boro e Cloreto, Manganês e Cloreto, Molibdênio e Cloreto, Sólidos Dissolvidos Totais e Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e Condutividade Elétrica, Sódio e Condutividade Elétrica, Dureza Total e Cálcio, Sódio e Sólidos Dissolvidos Totais e Sódio, Sólidos Totais e Sódio.

O Boro está bastante presente na água no meio industrial e os efeitos deste no organismo tendem a ser nocivos. Em processos como remoção de Boro de águas e efluentes, tal processo afeta o pH da substância (TEIXEIRA, 2009).

Os valores máximos para o Molibdênio para águas subterrâneas de acordo com a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde (2021) são de $70 \mu\text{g.L}^{-1}$ para o consumo humano, $150 \mu\text{g.L}^{-1}$ para a dessedentação de animais e $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ para a irrigação (BRASIL, 2008), sendo que este é aplicado em indústria de ligas de aço e ferro fundido, indústrias de arma etc. Tal elemento também é encontrado no solo e consequentemente na água, ao qual uma pequena quantidade deste é necessária no corpo humano, mas seu excesso é prejudicial (SAVAZZI, 2013).

O cobre possui como limite tolerável pela portaria 888 do MS (2021) uma quantia de $2,0 \text{ mg L}^{-1}$. Sendo assim, as fontes principais de contaminação por cobre se encontram nos processos industriais e atividades agrícolas. Além disso, o cobre e

o chumbo possuem uma relação ao qual frequentemente estão juntas e funcionam como células galvânicas (GRIGOLETTO *et al.*, 2012).

5.4 AQUÍFERO GUARANI

5.4.1 Análise descritiva Aquífero Guarani

Na Tabela 10 é apresentado o resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAG entre 2013-2015.

Tabela 10 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAG entre 2013-2015

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Alcalinidade Bicarbonato (µg L ⁻¹)									
Al B 13_1 ⁽⁴¹⁾	64,41	65	3	155	OC*	33,06	51,33	0,02	0,16
Al B 13_2 ⁽³⁸⁾	69,08	72	4	150	OC*	34,24	49,57	-0,01	0,07
Al B 14_1 ⁽⁴²⁾	69,79	72,5	4	161	OC*	34,05	48,78	-0,03	0,15
Al B 14_2 ⁽⁴²⁾	64,14	62,5	4	155	OC*	33,66	52,47	0,02	0,29
Al B 15_1 ⁽⁴⁰⁾	67,15	72,5	6,36	161	OC*	33,75	50,27	0,15	0,26
Al B 15_2 ⁽⁴¹⁾	65,85	65	11	154	OC*	31,75	48,22	0,09	0,24
Cloreto (µg L ⁻¹)									
Cl- 13_1 ⁽⁴⁴⁾	2,04	0,96	0,1	19,7	0	3,38	165,67	17,35	3,80
Cl- 13_2 ⁽³⁵⁾	2,10	0,78	0,1	20,3	0	3,84	183,16	15,23	3,67
Cl- 14_1 ⁽³⁵⁾	1,95	0,62	0,1	21,1	0	3,94	202,34	16,95	3,88
Cl- 14_2 ⁽³²⁾	2,30	0,79	0,1	21,2	0	4,16	180,69	14,01	3,48
Cl- 15_1 ⁽¹⁹⁾	2,98	0,67	0,24	21,9	0	5,17	173,62	10,48	3,06
Cl- 15_2 ⁽¹²⁾	5,4	3,13	0,4	20,9	0	5,81	107,57	4,26	1,94
Condutividade Elétrica (µS cm L ⁻¹)									
C E 13_1 ⁽⁵³⁾	133,30	128,7	11,7	498	OC*	101,98	76,50	2,67	1,41
C E 13_2 ⁽⁵¹⁾	134,14	130	13	454	OC*	96,38	71,84	1,68	1,13
C E 14_1 ⁽⁵³⁾	137,48	131,8	11,6	486	OC*	102,92	74,87	1,86	1,26
C E 14_2 ⁽⁵³⁾	135,94	125	11,4	471	OC*	101,33	74,54	1,65	1,24
C E 15_1 ⁽⁵³⁾	131,33	130,3	12,1	474	OC*	92,62	70,53	2,73	1,35
C E 15_2 ⁽⁵⁴⁾	134,83	128	11,1	473	OC*	99,83	74,21	1,67	1,19
Dureza Total (µg L ⁻¹)									
D T 13_1 ⁽⁵¹⁾	40,60	29,6	1,75	149	OC*	35,97	88,59	0,11	0,88
D T 13_2 ⁽⁴⁷⁾	42,48	27,9	2,19	173	OC*	38,10	89,68	1,26	1,09
D T 14_1 ⁽⁴⁹⁾	39,28	24,5	2,74	162	OC*	35,32	89,90	2,74	1,27
D T 14_2 ⁽⁴⁷⁾	41,47	27,7	3	152	OC*	33,48	80,72	1,06	1,03
D T 15_1 ⁽⁵¹⁾	38,56	28,4	2,18	148	OC*	33,02	85,62	0,70	0,94
D T 15_2 ⁽⁵⁴⁾	36,30	24	2,07	155	OC*	33,06	91,07	1,38	1,10
pH									
pH 13_1 ⁽⁵³⁾	7,03	6,59	4,95	10,2	OC*	1,28	18,23	-0,20	0,79
pH 13_2 ⁽⁵¹⁾	7,06	6,59	5,16	10	OC*	1,25	17,71	-0,24	0,85
pH 14_1 ⁽⁵³⁾	6,95	6,65	5,21	10,2	OC*	2,25	17,93	0,28	0,99
pH 14_2 ⁽⁵³⁾	7,01	6,74	4,51	10	OC*	1,38	19,70	-0,63	0,45
pH 15_1 ⁽⁵³⁾	6,97	6,70	4,58	10	OC*	1,28	18,38	-0,22	0,62
pH 15_2 ⁽⁵⁴⁾	7,09	6,75	4,56	10	OC*	1,32	18,68	-0,52	0,53

Tabela 10 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAG entre 2013-2015 (continuação)

Medidas da Estatística Descritiva									
Parâmetro ^(a)	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Sólidos Dissolvidos Totais (µg L ⁻¹)									
SDT 13_1 ⁽⁴¹⁾	124,66	109	52	322	0	60,76	48,74	2,06	1,48
SDT 13_2 ⁽⁴³⁾	116,21	108	38	332	0	56,90	48,96	4,46	1,85
SDT 14_1 ⁽⁴²⁾	122,5	116,5	54	291	0	51,04	41,66	2,11	1,24
SDT 14_2 ⁽⁴³⁾	117,86	109	39	294	0	52,68	44,70	2,40	1,38
SDT 15_1 ⁽⁴⁶⁾	125,91	116,5	56	280	0	52,46	41,67	0,75	1,03
SDT 15_2 ⁽³⁹⁾	128,08	110	56	338	0	63,72	49,75	2,18	1,50
Sólidos Totais (µg L ⁻¹)									
ST 13_1 ⁽⁴⁴⁾	129,75	117	52	344	OC*	62,21	47,94	2,55	1,49
ST 13_2 ⁽⁴⁷⁾	122,70	110	51	348	OC*	59,09	48,15	5,16	2,02
ST 14_1 ⁽⁴⁷⁾	131,06	122	50	310	OC*	67,28	51,33	1,04	1,26
ST 14_2 ⁽⁴⁵⁾	126,78	118	48	299	OC*	53,67	42,33	1,91	1,28
ST 15_1 ⁽⁵¹⁾	126,84	115	50	316	OC*	59,13	46,61	1,10	1,08
ST 15_2 ⁽⁴⁴⁾	132,23	120	52	338	OC*	61,52	46,53	1,92	1,29
Temperatura (C°)									
TP 13_1 ⁽⁵³⁾	27,05	26,3	21,5	43,8	OC*	4,16	15,13	5,47	1,95
TP 13_2 ⁽⁵¹⁾	27,57	26,8	21,6	44,2	OC*	4,04	14,65	6,25	2,07
TP 14_1 ⁽⁵³⁾	27,95	27	21,3	42,7	OC*	4,11	14,70	3,58	1,57
TP 14_2 ⁽⁵³⁾	28,10	27	21,9	45,4	OC*	4,37	15,56	4,19	1,65
TP 15_1 ⁽⁵³⁾	27,64	26,5	21,7	44,5	OC*	3,95	14,30	5,25	1,79
TP 15_2 ⁽⁵⁴⁾	27,92	26,75	22,2	44,8	OC*	4,22	15,10	4,90	1,81
Bário (µg L ⁻¹)									
Ba 13_1 ⁽⁴⁸⁾	57,83	28,4	1,15	832	1	120,73	208,78	37,72	5,86
Ba 13_2 ⁽⁴⁴⁾	67,65	34,4	1,25	916	1	138,62	204,92	34,62	5,60
Ba 14_1 ⁽⁴⁷⁾	60,02	30,9	1,02	782	1	116,51	194,11	33,45	5,45
Ba 14_2 ⁽⁴⁹⁾	58,90	38	1	810	1	116,98	198,62	37,01	5,77
Ba 15_1 ⁽⁴⁷⁾	58,11	33	1	770	1	113,40	195,17	35,33	5,63
Ba 15_2 ⁽⁴⁹⁾	55,96	30	1	710	1	103,38	184,75	34,74	5,53
Cálcio (µg L ⁻¹)									
Ca 13_1 ⁽⁴⁸⁾	13,24	8,82	0,71	49,8	OC*	12,14	91,68	0,26	0,93
Ca 13_2 ⁽⁴⁷⁾	12,98	8,39	0,65	58	OC*	12,70	97,82	1,79	1,24
Ca 14_1 ⁽⁵⁰⁾	11,41	6,52	0,36	53	OC*	11,39	99,76	2,62	1,47
Ca 14_2 ⁽⁵⁰⁾	11,87	6,98	0,65	49,6	OC*	11,11	93,58	1,30	1,17
Ca 15_1 ⁽⁵⁰⁾	12,03	8,34	0,56	49	OC*	10,03	91,13	0,98	1,05
Ca 15_2 ⁽⁵¹⁾	11,68	8,46	0,69	50,9	OC*	10,96	93,87	1,61	1,19
Chumbo (µg L ⁻¹)									
Pb 13_1 ⁽⁴³⁾	0,39	0,09	0,02	5,64	0	1,10	278,52	18,23	4,33
Pb 13_2 ⁽⁴⁴⁾	0,32	0,15	0,02	3	0	0,56	174,03	13,39	3,51
Pb 14_1 ⁽⁴¹⁾	0,25	0,15	0,06	2,37	0	0,38	151,84	23,68	4,48
Pb 14_2 ⁽³⁵⁾	0,34	0,15	0,05	1,99	0	0,46	134,15	5,09	2,35
Pb 15_1 ⁽²⁶⁾	0,50	0,14	0,05	6,07	0	1,22	242,34	19,11	4,25
Pb 15_2 ⁽²⁸⁾	0,29	0,14	0,06	2,16	0	0,46	158,66	11,37	3,37
Cobre (µg L ⁻¹)									
Cu 13_1 ⁽⁴⁵⁾	2,65	1,07	0,02	29,7	0	4,65	186,83	20,67	4,19
Cu 13_2 ⁽⁴⁶⁾	2,15	0,96	0,11	19,4	0	3,51	163,10	15,83	3,79
Cu 14_1 ⁽⁴³⁾	2,10	1,11	0,22	23,4	0	3,59	170,73	30,98	5,23
Cu 14_2 ⁽⁴⁷⁾	2,54	1,23	0,02	20,1	0	3,84	150,86	10,86	3,10
Cu 15_1 ⁽⁴⁴⁾	1,91	0,89	0,22	24,1	0	3,67	191,93	32,49	5,39
Cu 15_2 ⁽⁴⁶⁾	1,68	1,01	0,22	8,53	0	1,65	98,11	5,56	2,07
Crômio Total (µg L ⁻¹)									
Cr 13_1 ⁽⁵¹⁾	2,92	1,96	0,09	27,4	0	4,22	144,37	23,38	4,42
Cr 13_2 ⁽⁵¹⁾	2,71	1,61	0,1	28,5	0	4,16	153,53	30,56	5,10
Cr 14_1 ⁽⁵¹⁾	3,00	1,64	0,2	28,5	0	4,46	148,69	22,01	4,28
Cr 14_2 ⁽⁴⁹⁾	3,11	1,85	0,37	33,5	0	5,12	164,30	26,72	4,78

Tabela 10 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAG entre 2013-2015 (continuação)

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Cr 15_1⁽⁵⁰⁾	3,50	1,89	0,24	40,1	0	5,95	169,94	30,12	5,07
Cr 15_2⁽⁴⁹⁾	3,35	1,86	0,52	34,6	0	5,17	154,51	28,62	4,91
Estrôncio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Sr 13_1⁽⁵³⁾	98,93	63,2	5,98	775	OC*	132,01	133,43	14,67	3,45
Sr 13_2⁽⁵¹⁾	107,49	58,5	4,64	856	OC*	153,85	143,13	13,65	3,41
Sr 14_1⁽⁵²⁾	109,01	63,55	7,26	863	OC*	149,30	136,96	14,33	3,44
Sr 14_2⁽⁵³⁾	103,77	70	7	772	OC*	134,12	129,25	13,45	3,30
Sr 15_1⁽⁵³⁾	100,66	63	7	750	OC*	134,85	133,97	13,70	3,42
Sr 15_2⁽⁵⁴⁾	102,22	70	7	790	OC*	131,87	129,01	15,19	3,47
Cobalto ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Co 13_1⁽³⁰⁾	0,27	0,02	0,01	1,92	SEM	0,48	181,96	7,01	2,66
Co 13_2⁽³⁷⁾	0,23	0,03	0,01	2,09	SEM	0,47	204,18	10,69	3,24
Co 14_1⁽⁴⁹⁾	0,26	0,11	0,01	2,53	SEM	0,46	174,71	15,58	3,82
Co 14_2⁽⁴⁰⁾	0,22	0,02	0,01	2,13	SEM	0,45	206,28	10,37	3,16
Co 15_1⁽³⁶⁾	0,23	0,03	0,01	1,99	SEM	0,46	197,22	7,84	2,83
Co 15_2⁽⁴³⁾	0,21	0,03	0,01	2,14	SEM	0,43	203,82	11,72	3,30
Ferro ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Fe 13_1⁽²⁶⁾	6,74	4,42	2,03	30	0	6,29	93,29	6,92	2,43
Fe 13_2⁽²⁸⁾	13,44	5,61	2,17	87,7	0	20,87	155,37	8,17	2,90
Fe 14_1⁽³⁸⁾	7,94	3,85	2,06	96,8	0	15,98	201,11	27,57	5,08
Fe 14_2⁽¹⁹⁾	51,75	4,55	2,04	723	1	164,25	317,41	18,08	4,22
Fe 15_1⁽²⁷⁾	23,56	3,36	2,03	448	1	85,32	362,16	26,31	5,10
Fe 15_2⁽¹¹⁾	72,06	6,27	2,01	652	1	193,41	268,38	10,67	3,25
Lítio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Li 13_1⁽⁵³⁾	2,69	1,54	0,28	16,9	SEM	3,53	131,50	8,49	2,93
Li 13_2⁽⁵¹⁾	2,47	1,36	0,26	15,1	SEM	3,15	139,51	7,58	2,80
Li 14_1⁽⁵³⁾	3,06	1,9	0,27	16,7	SEM	3,69	120,83	6,43	2,58
Li 14_2⁽⁵³⁾	2,90	1,56	0,31	17,4	SEM	3,91	134,72	7,36	2,74
Li 15_1⁽⁵²⁾	2,60	1,42	0,24	17,4	SEM	3,56	137,03	8,71	2,89
Li 15_2⁽⁵⁴⁾	2,66	1,42	0,28	16	SEM	3,57	134,27	7,25	2,71
Magnésio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Mg 13_1⁽⁵⁰⁾	2,31	1,83	0,26	7,29	OC*	1,86	80,57	0,44	1,03
Mg 13_2⁽⁴⁷⁾	2,47	1,36	0,23	8,11	OC*	2,06	83,90	0,50	1,05
Mg 14_1⁽⁴⁹⁾	2,46	1,85	0,28	8,19	OC*	2,07	84,24	0,70	1,17
Mg 14_2⁽⁴⁹⁾	2,37	1,79	0,26	7,35	OC*	1,86	78,66	0,64	1,08
Mg 15_1⁽⁴⁹⁾	2,31	1,91	0,28	6,6	OC*	1,71	73,93	-0,03	0,86
Mg 15_2⁽⁵⁰⁾	2,28	1,71	0,28	6,9	OC*	1,74	76,48	0,27	0,94
Manganês ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Mn 13_1⁽³²⁾	6,47	0,37	0,06	115	1	21,09	325,86	24,25	4,76
Mn 13_2⁽³⁶⁾	5,76	0,24	0,05	127	1	21,69	376,45	29,94	5,34
Mn 14_1⁽³⁷⁾	6,94	0,32	0,1	156	1	26,09	376,02	31,73	5,51
Mn 14_2⁽²⁷⁾	5,43	0,44	0,1	37,4	0	9,90	182,48	5,20	2,37
Mn 15_1⁽²⁰⁾	12,25	1,26	0,12	161	1	35,76	291,83	18,10	4,19
Mn 15_2⁽²⁵⁾	7,26	1,04	0,11	76,7	0	16,13	222,25	15,23	3,72
Níquel ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Ni 13_1⁽³⁸⁾	0,49	0,37	0,12	2,23	0	0,43	87,26	7,78	2,65
Ni 13_2⁽⁴⁵⁾	0,61	0,58	0,1	2,31	0	0,45	73,55	5,02	1,88
Ni 14_1⁽⁵⁰⁾	1,20	0,64	0,12	7,95	0	1,40	117,24	10,01	2,73
Ni 14_2⁽⁴⁵⁾	0,62	0,45	0,12	2,83	0	0,57	91,99	8,08	2,82
Ni 15_1⁽⁴¹⁾	0,46	0,35	0,1	2,26	0	0,42	91,86	11,39	3,20
Ni 15_2⁽⁴⁶⁾	0,56	0,48	0,11	2,12	0	0,38	67,51	7,65	2,47
Potássio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
K 13_1⁽⁵³⁾	3,17	2,83	0,21	8,42	OC*	2,11	66,61	-0,03	0,67
K 13_2⁽⁵¹⁾	3,29	3,07	0,16	8,94	OC*	2,23	67,91	0,03	0,74

Tabela 10 - Resultado da análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAG entre 2013-2015 (continuação)

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
K 14_1 ⁽⁵²⁾	3,19	2,92	0,21	9,87	OC*	2,14	66,96	1,25	1,04
K 14_2 ⁽⁵³⁾	3,04	2,79	0,19	9,58	OC*	2,06	67,82	1,40	1,05
K 15_1 ⁽⁵³⁾	3,07	2,83	0,19	9,11	OC*	2,08	67,87	0,84	0,94
K 15_2 ⁽⁵⁴⁾	3,08	2,85	0,2	8,79	OC*	2,08	67,64	0,48	0,80
Sódio (µg L ⁻¹)									
Na 13_1 ⁽⁵³⁾	13,19	3,86	0,26	96,7	0	22,56	171,10	5,65	2,51
Na 13_2 ⁽⁵⁰⁾	15,37	3,77	0,14	117	0	27,35	177,95	5,12	2,50
Na 14_1 ⁽⁵³⁾	15,78	3,70	0,14	113	0	27,93	176,97	4,39	2,32
Na 14_2 ⁽⁵³⁾	14,44	4	0,17	103	0	25,13	174,04	4,55	2,35
Na 15_1 ⁽⁵³⁾	12,32	3,11	0,12	110	0	22,82	185,23	7,78	2,81
Na 15_2 ⁽⁵⁴⁾	13,68	3,48	0,16	104	0	24,38	178,26	4,99	2,42
Titânio (µg L ⁻¹)									
Ti 13_1 ⁽⁵³⁾	1,37	1,32	0,41	4,35	OC*	0,70	51,33	4,82	1,54
Ti 13_2 ⁽⁵¹⁾	1,61	1,54	0,45	3,58	OC*	0,78	48,70	0,12	0,81
Ti 14_1 ⁽⁵³⁾	2,13	1,91	0,49	6,74	OC*	1,24	58,22	2,76	4,43
Ti 14_2 ⁽⁵³⁾	1,56	1,45	0,29	3,86	OC*	0,80	51,17	1,53	1,06
Ti 15_1 ⁽⁵³⁾	1,70	1,53	0,62	5,64	OC*	0,86	50,58	7,09	1,93
Ti 15_2 ⁽⁵⁴⁾	2,19	2,03	0,61	6,14	OC*	1,12	51,21	1,95	1,09
Urânio (µg L ⁻¹)									
U 13_1 ⁽⁴⁸⁾	0,10	0,02	0,01	1,02	0	0,20	198,89	9,49	2,97
U 13_2 ⁽⁴¹⁾	0,08	0,02	0,01	0,52	0	0,13	165,62	3,29	2,07
U 14_1 ⁽⁴⁸⁾	0,18	0,02	0,01	3,1	0	0,50	272,45	26	4,74
U 14_2 ⁽⁵²⁾	0,16	0,02	0,01	3,61	0	0,52	320,83	40,53	6,11
U 15_1 ⁽⁴²⁾	0,15	0,02	0,01	2,8	0	0,45	299,40	31,71	5,38
U 15_2 ⁽⁴³⁾	0,14	0,03	0,01	2,61	0	0,41	290,80	33,53	5,55
Vanádio (µg L ⁻¹)									
V 13_1 ⁽⁵¹⁾	7,31	3,21	0,04	66	2	13,03	178,24	15,24	3,78
V 13_2 ⁽⁴⁹⁾	7,85	3,64	0,11	67	2	12,89	164,27	12,68	3,39
V 14_1 ⁽⁴⁵⁾	9,13	3,42	0,26	65,8	2	14,03	153,77	9,27	2,96
V 14_2 ⁽⁴⁸⁾	8,50	3,6	0,24	66,2	2	13,46	158,30	10,45	3,11
V 15_1 ⁽⁴⁶⁾	7,64	2,89	0,41	68,2	2	13,30	174,04	12,74	3,45
V 15_2 ⁽⁵⁰⁾	7,75	3,49	0,21	65,3	2	12,95	167,12	12,51	3,41
Zinco (µg L ⁻¹)									
Zn 13_1 ⁽⁵³⁾	5,53	3,42	0,65	38,8	0	5,91	106,84	18,86	3,62
Zn 13_2 ⁽⁵⁰⁾	5,25	2,94	0,18	59,2	0	8,80	167,61	30,02	5,12
Zn 14_1 ⁽⁴⁵⁾	5,26	2,46	0,48	77,2	0	12,20	231,65	28,93	5,13
Zn 14_2 ⁽⁴⁷⁾	8,95	2,45	0,2	122,2	0	20,81	231,80	20,44	4,31
Zn 15_1 ⁽³⁷⁾	4,98	2,05	0,5	33,7	0	7,56	151,67	8,85	2,93
Zn 15_2 ⁽³⁷⁾	7,11	3,23	0,78	75	0	13,79	193,91	16,81	3,86

^(a) Parâmetros analisados, seguidos do respectivo ano e semestre, sendo o valor entre parênteses o número de observações no período; ^(b) n.P. > Limite = número de poços de monitoramento que apresentaram valores acima do Valor Máximo Permitido

VMP); OC* = órgãos competentes responsáveis deverão monitorar

SEM = Respetivo parâmetro está presente na RESOLUÇÃO CONAMA no 396/08 porém não apresenta um limite.

Alguns parâmetros a Hidróxido, Carbono Orgânico Dissolvido, Nitrogênio Nitrato, Antimônio, etc., foram cortados porque existem poucos parâmetros (cerca de 20).

O Bário e o Ferro possui um ponto com o valor muito acima do permitido. Levando em conta os 3 anos, o Ferro possui 190 amostras que passam do limite permitido.

Conforme a Tabela 10, fora o Vanádio, o Ferro e o Bário, nenhum parâmetro da água superou o limite permitido.

O Bário é um elemento que pode se movimentar entre compartimentos ambientais indo diretamente para as águas subterrâneas através da lixiviação, assim contaminando o solo pelo manuseio de produtos, decomposição inapropriada de resíduos ou por atividades agropecuárias indevidas (SAVAZZI, 2008).

Nas Tabelas 11 e 12 são apresentadas as matriz de correlação de Pearson entre os pares de parâmetros da qualidade da água no SAG (1º e 2º semestres de 2015, respectivamente). Relembremos que tendo em vista a maior disponibilidade de dados no ano de 2015, esta etapa de análise foi realizada apenas para 2015 (ano mais recente). Nos Quadros 07 e 08 são apresentadas as Linha de Tendência entre parâmetros da Qualidade da Água do Aquífero Guarani, apenas aqueles que apresentam um $r > 0,700$.

A variação do pH em todos os aquíferos se deu baixa. Segundo Vicente (2018), a alterações de pH podem ter origens naturais, acerca das dissoluções de rochas ou por ações antropogênicas, como efluentes domésticos ou industriais.

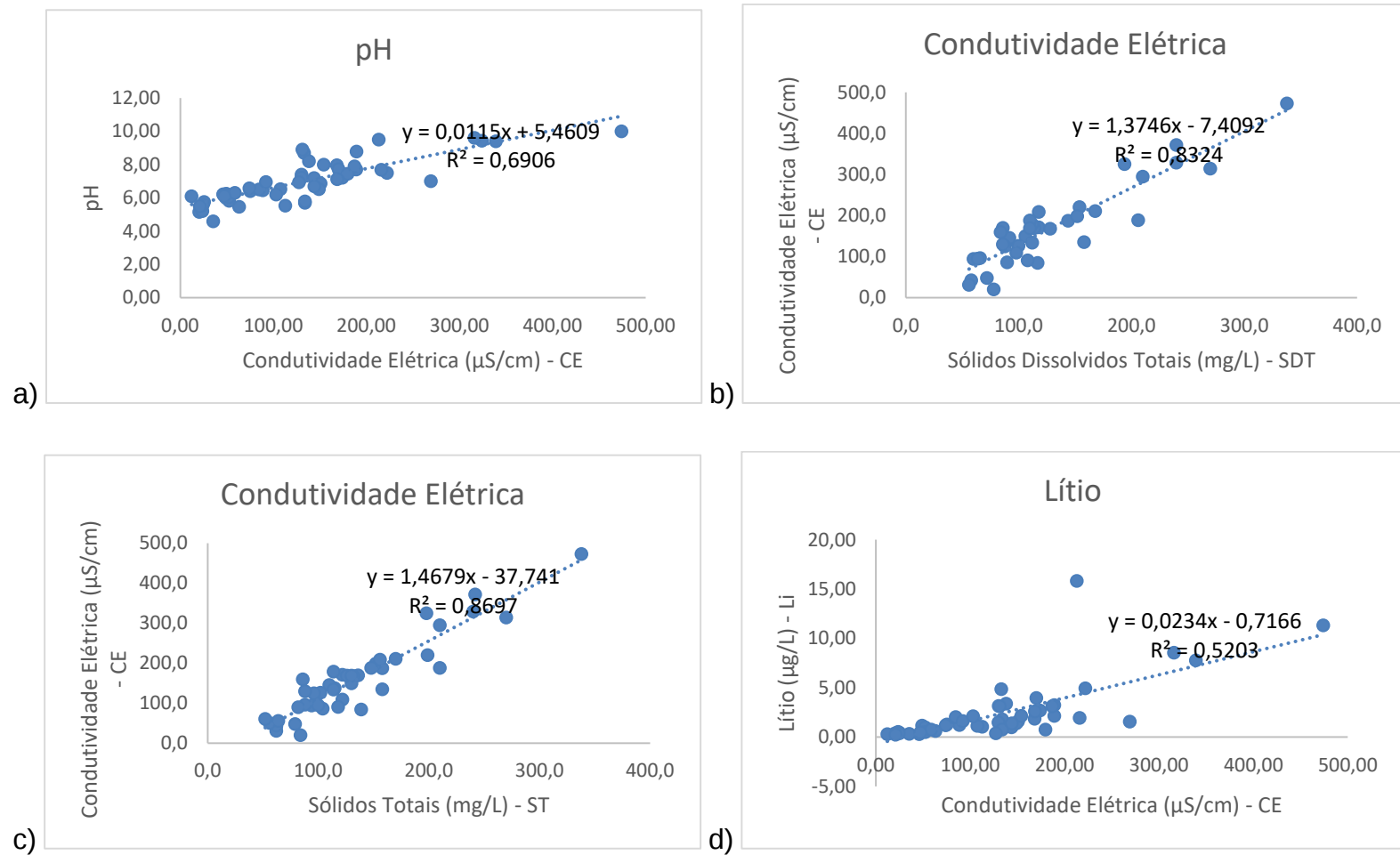
5.4.2 Matriz de correlação Aquífero Guarani

Tabela 11 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Serra Geral – 1º Semestre de 2015

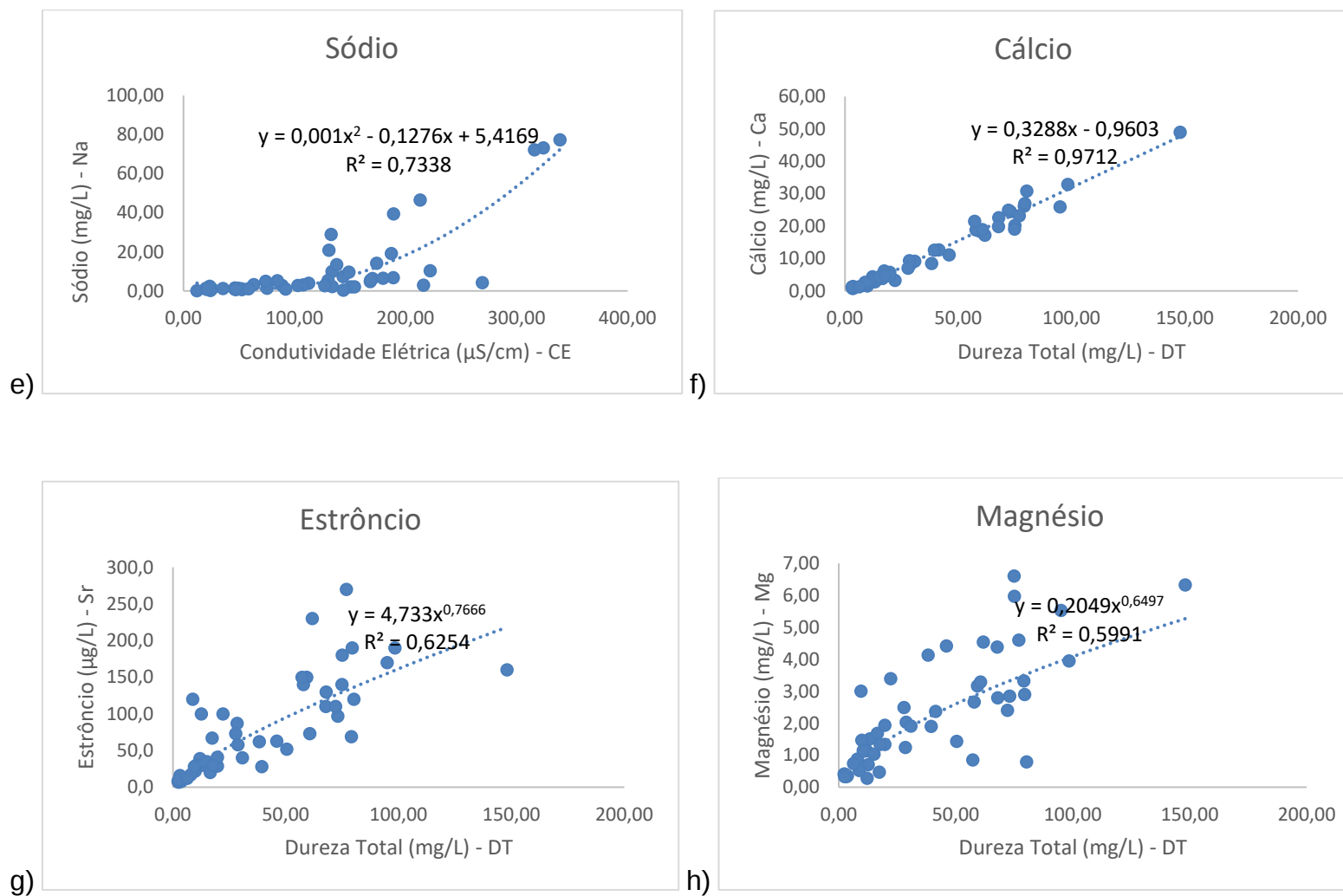
	Alcal B	CE	Dur	pH	SDT	ST	Temp	Bário	Cálcio	Cobal	Cobre	CrômT	Estrônc	Lítio	Magnés	Níquel	Potássio	Sódio	Titânio	Urânio	Vanádio
Condutividade Elétrica (μS/cm)	0,52																				
Dureza (mg/L)	0,65	0,52																			
pH	0,45	0,83	0,26																		
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	0,39	0,89	0,39	0,61																	
Sólidos Totais (mg/L)	0,40	0,91	0,45	0,67	0,99																
Temperatura (°C)	0,42	0,65	0,23	0,64	0,40	0,47															
Bário (μg/L)	-0,39	-0,34	-0,23	-0,44	-0,23	-0,23	-0,27														
Cálcio (mg/L)	0,66	0,26	0,99	0,13	0,22	0,22	0,18	-0,25													
Cobalto (μg/L)	-0,42	-0,34	-0,41	-0,62	-0,01	-0,05	-0,37	0,16	-0,42												
Cobre (μg/L)	-0,45	-0,51	-0,46	-0,57	-0,35	-0,39	-0,37	0,14	-0,38	0,42											
CrômioTotal (μg/L)	0,34	0,62	-0,07	0,70	0,48	0,49	0,50	-0,38	-0,16	-0,39	-0,37										
Estrôncio (μg/L)	0,60	0,34	0,78	0,29	0,19	0,25	0,25	-0,27	0,74	-0,34	-0,43	-0,01									
Lítio (μg/L)	0,16	0,72	0,00	0,78	0,53	0,59	0,49	-0,37	-0,15	-0,32	-0,37	0,78	-0,03								
Magnésio (mg/L)	0,45	0,52	0,77	0,13	0,44	0,50	0,17	0,00	0,63	-0,21	-0,35	0,01	0,66	0,27							
Níquel (μg/L)	0,35	-0,05	0,04	-0,27	0,09	0,09	-0,25	0,29	0,08	0,45	0,23	-0,29	0,05	-0,23	0,08						
Potássio (mg/L)	-0,42	-0,35	0,08	-0,36	-0,45	-0,33	0,01	0,36	0,06	0,05	0,05	-0,43	0,03	-0,44	0,10	0,30					
Sódio (mg/L)	0,32	0,74	-0,20	0,77	0,62	0,65	0,55	-0,26	-0,26	-0,14	-0,28	0,85	-0,03	0,79	-0,16	-0,19	-0,47				
Titânio (μg/L)	0,11	0,31	0,46	0,18	0,16	0,27	0,14	-0,19	0,41	-0,45	-0,28	-0,01	0,29	0,01	0,37	-0,09	0,14	0,01			
Urânio (μg/L)	0,20	0,37	-0,14	0,55	0,20	0,24	0,43	-0,25	-0,17	-0,10	-0,23	0,64	-0,02	0,44	-0,23	-0,14	-0,40	0,74	-0,01		
Vanádio (μg/L)	0,42	0,62	0,14	0,61	0,54	0,53	0,53	-0,47	0,07	-0,22	-0,32	0,69	0,25	0,57	0,35	-0,37	-0,49	0,62	-0,10	0,12	
Zinco (μg/L)	-0,07	-0,27	-0,14	-0,29	0,00	0,04	-0,22	0,12	-0,03	0,30	0,31	-0,24	-0,10	-0,27	-0,09	0,38	0,19	-0,18	-0,10	-0,03	-0,19

**Coeficiente de correlação de destaque: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

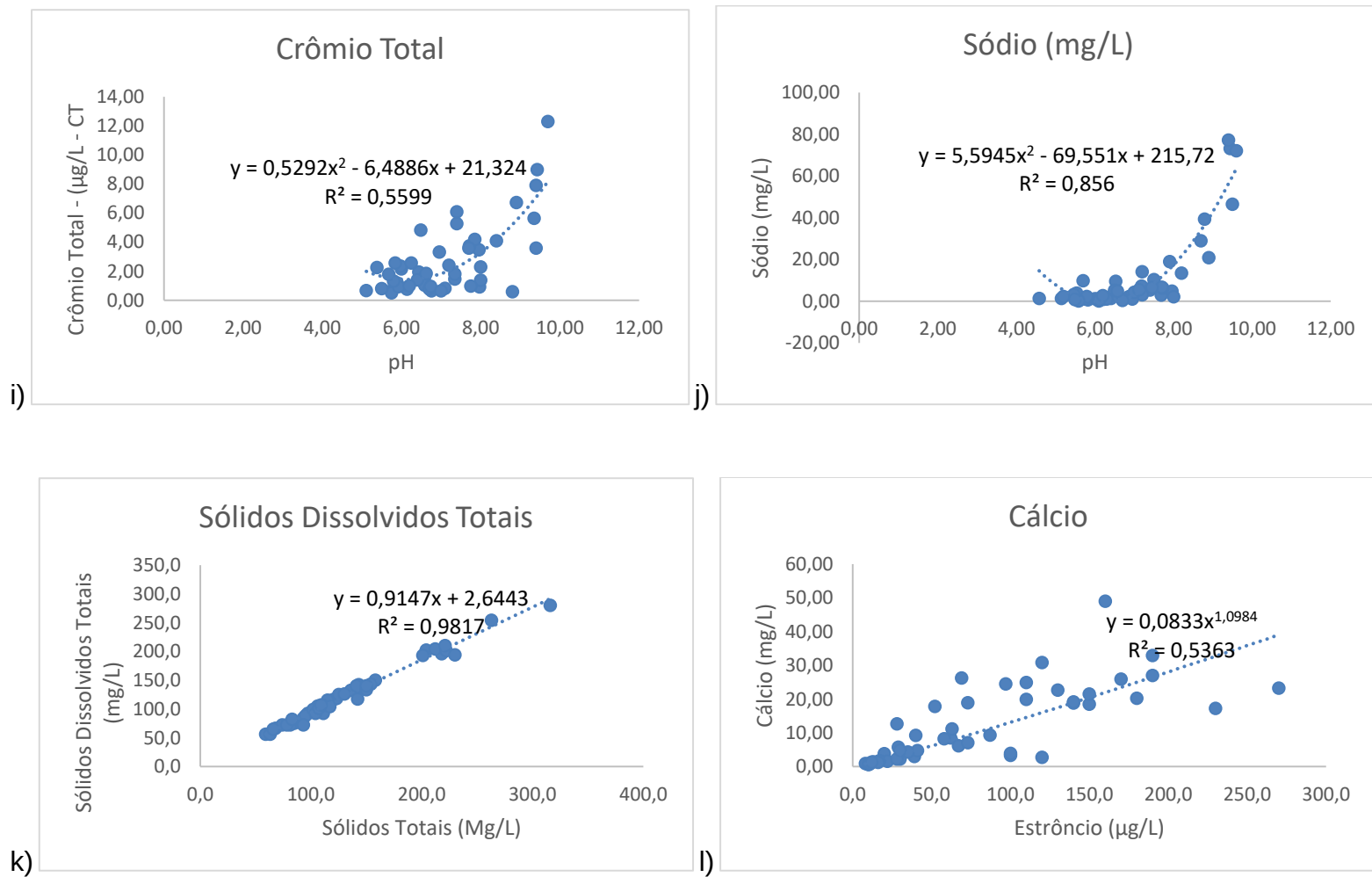
Quadro 07 - Linha de Tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 1º Semestre de 2015



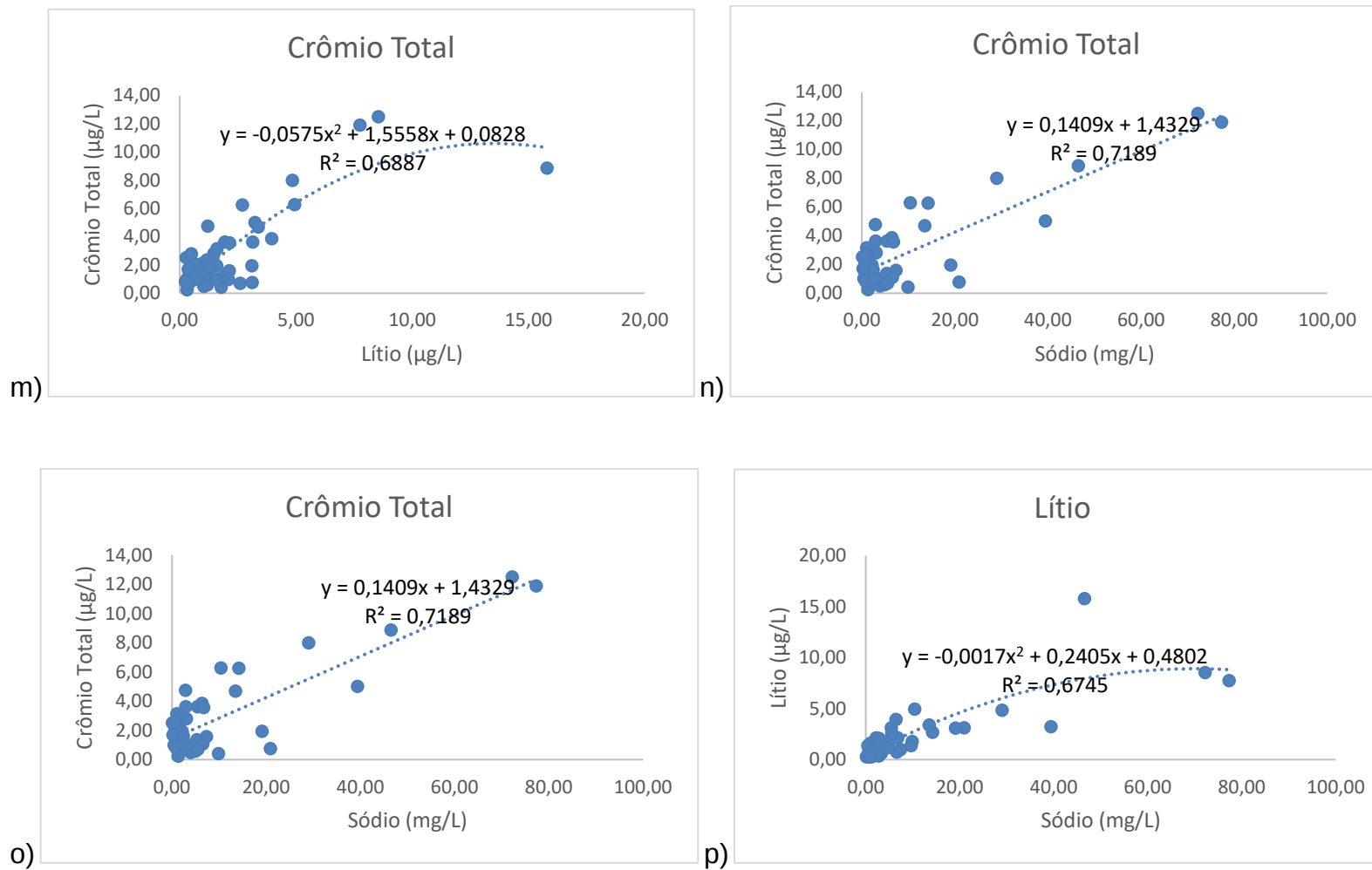
Quadro 07 - Linha de Tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 1º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 07 - Linha de Tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 1º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 07 - Linha de Tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 1º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 07 - Linha de Tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 1º Semestre de 2015 (conclusão)

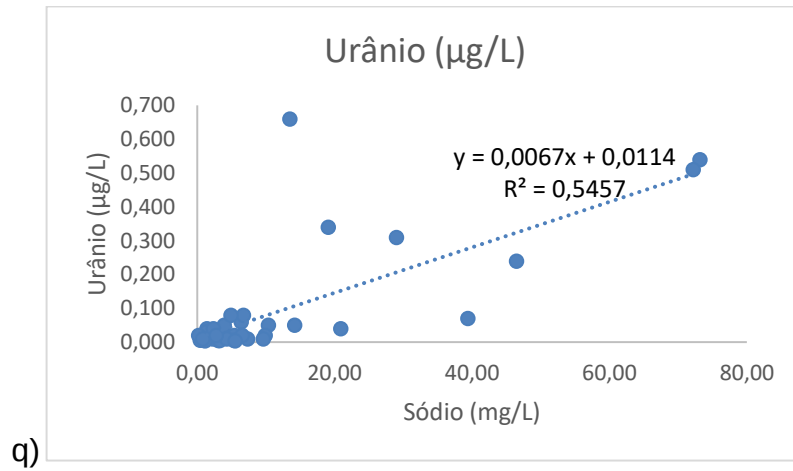
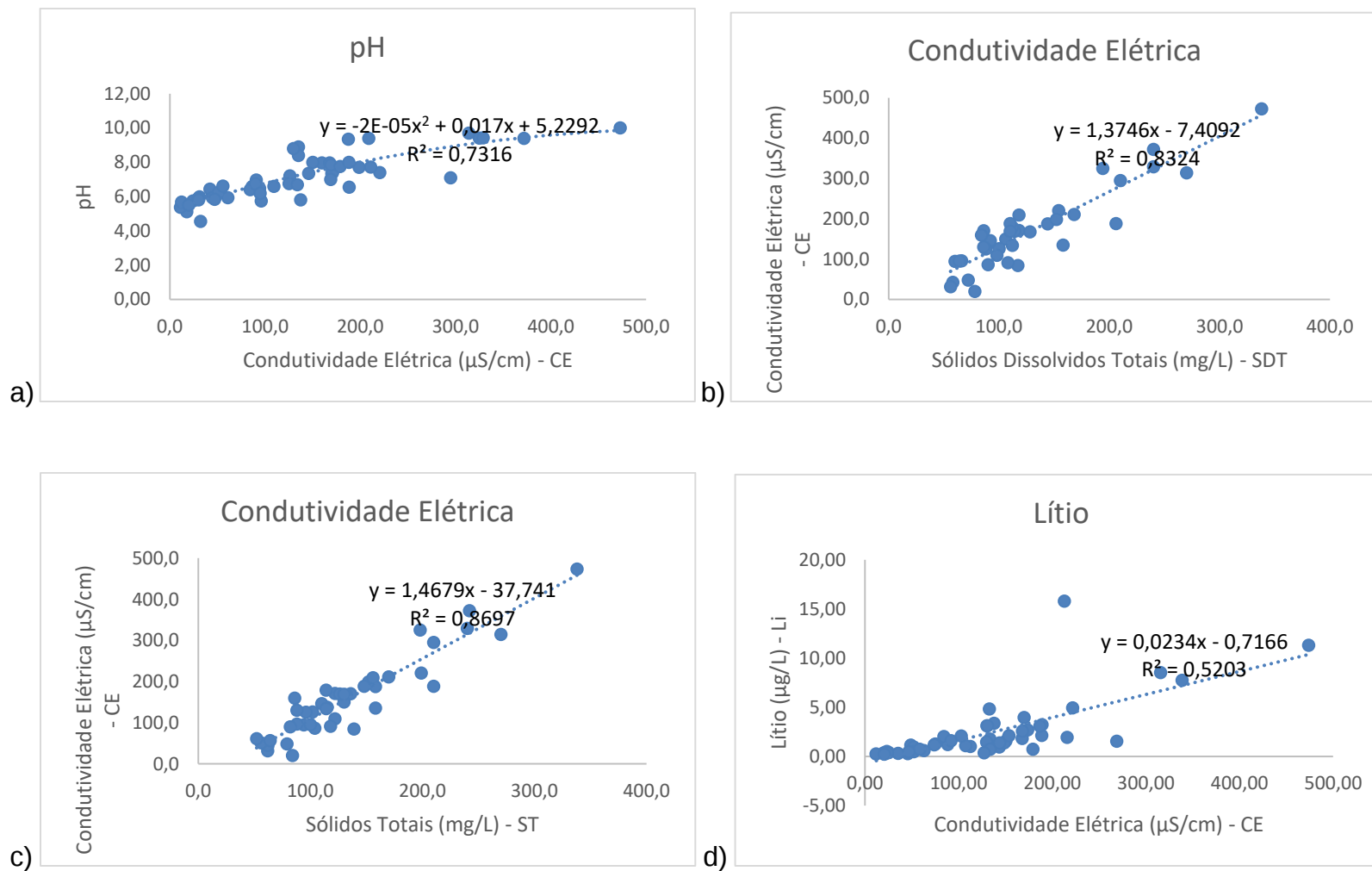


Tabela 12 - Correlação Linear entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 2º Semestre de 2015

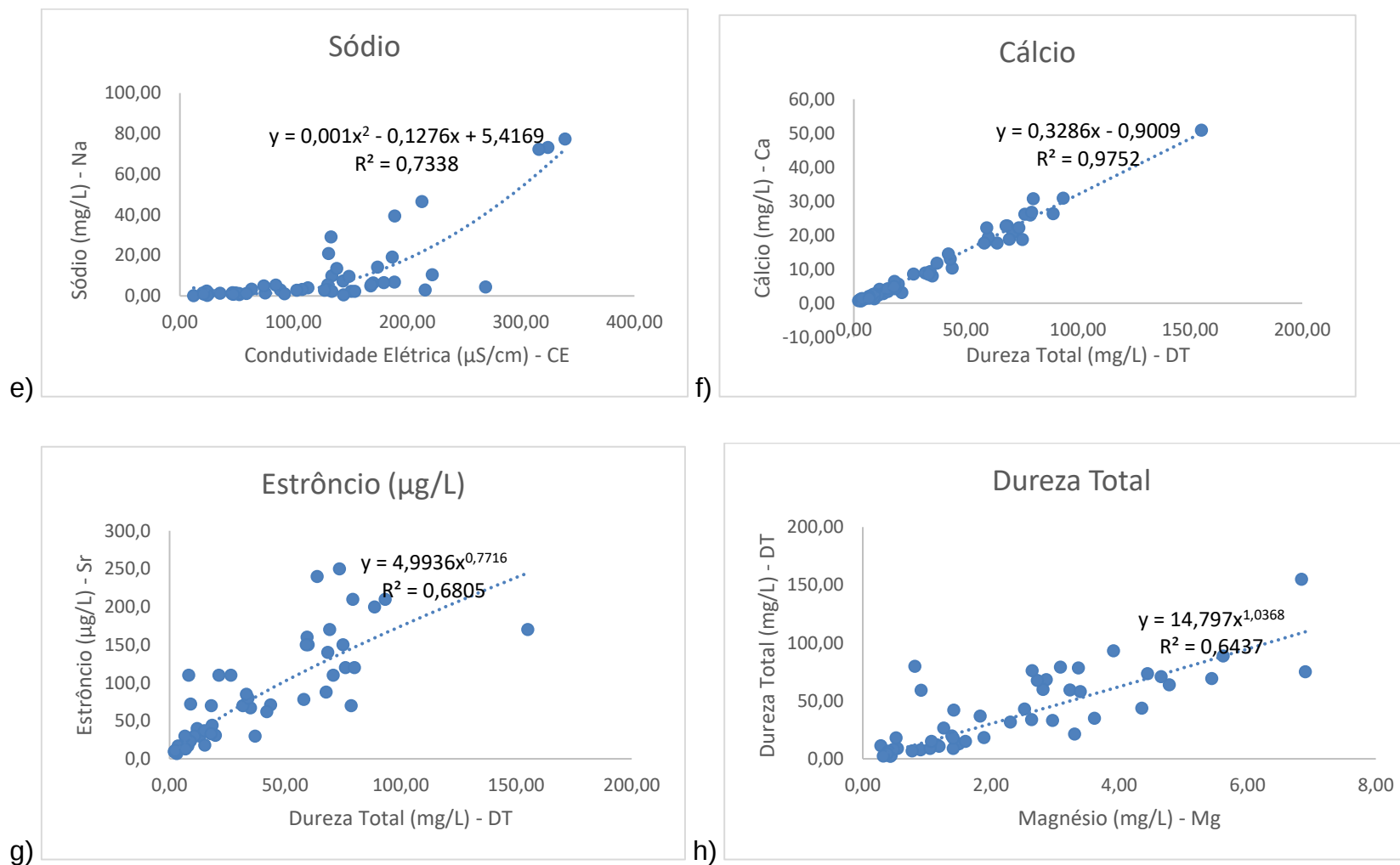
	Alcali B	CE	Dureza	pH	SDT	ST	Temp	Bário	Cálcio	Cobal	Cobre	CrômT	Estrôn	Lítio	Magné	Níquel	Potássio	Sódio	Titânio	Urânio	Vanádi
Condutividade Elétrica (µS/cm)	0,53																				
Dureza (mg/L)	0,62	0,28																			
pH	0,43	0,84	0,11																		
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	0,30	0,91	-0,08	0,70																	
Sólidos Totais (mg/L)	0,39	0,93	0,05	0,73	0,98																
Temperatura (°C)	0,42	0,65	0,12	0,64	0,50	0,44															
Bário (µg/L)	-0,36	-0,39	-0,21	-0,46	-0,30	-0,45	-0,27														
Cálcio (mg/L)	0,66	0,26	0,99	0,10	-0,04	0,09	0,10	-0,23													
Cobalto (µg/L)	-0,33	-0,31	-0,38	-0,49	-0,25	-0,19	-0,46	0,27	-0,33												
Cobre (µg/L)	-0,20	-0,26	-0,27	-0,38	-0,12	-0,10	-0,16	0,45	-0,30	0,48											
CrômioTotal (µg/L)	0,27	0,55	-0,18	0,67	0,63	0,65	0,47	-0,43	-0,18	-0,29	-0,17										
Estrôncio (µg/L)	0,58	0,30	0,81	0,24	-0,11	0,01	0,19	-0,29	0,76	-0,25	-0,25	-0,04									
Lítio (µg/L)	0,24	0,73	-0,19	0,76	0,57	0,63	0,63	-0,31	-0,20	-0,24	-0,21	0,64	-0,03								
Magnésio (mg/L)	0,40	0,41	0,80	0,10	0,11	0,24	0,12	-0,01	0,68	-0,17	-0,02	-0,05	0,71	-0,11							
Níquel (µg/L)	0,25	0,23	0,23	-0,12	0,30	0,36	-0,18	0,15	0,32	0,67	0,00	-0,18	0,07	0,02	0,21						
Potássio (mg/L)	-0,35	-0,35	0,16	-0,38	-0,60	-0,60	-0,05	0,37	0,10	0,09	0,03	-0,44	0,09	-0,47	0,16	-0,08					
Sódio (mg/L)	0,15	0,82	-0,30	0,79	0,81	0,80	0,60	-0,32	-0,31	-0,10	-0,11	0,74	-0,17	0,84	-0,22	0,02	-0,50				
Titânio (µg/L)	0,22	0,45	0,46	0,29	0,28	0,36	0,18	-0,21	0,41	-0,39	-0,27	0,08	0,35	0,22	0,40	-0,03	0,08	0,16			
Urânio (µg/L)	0,31	0,54	-0,13	0,62	0,65	0,66	0,36	-0,28	-0,11	-0,09	-0,29	0,61	0,00	0,56	-0,18	-0,08	-0,40	0,68	0,17		
Vanádio (µg/L)	0,40	0,64	0,11	0,65	0,49	0,53	0,61	-0,48	0,09	-0,28	-0,12	0,65	0,25	0,56	0,34	-0,10	-0,44	0,60	0,04	0,18	
Zinco (µg/L)	0,24	0,20	0,34	0,02	0,08	0,13	-0,20	0,03	0,37	-0,02	-0,10	-0,11	0,12	-0,04	0,18	0,28	-0,02	-0,03	0,35	-0,19	-0,15

**Coeficiente de correlação de destaque: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

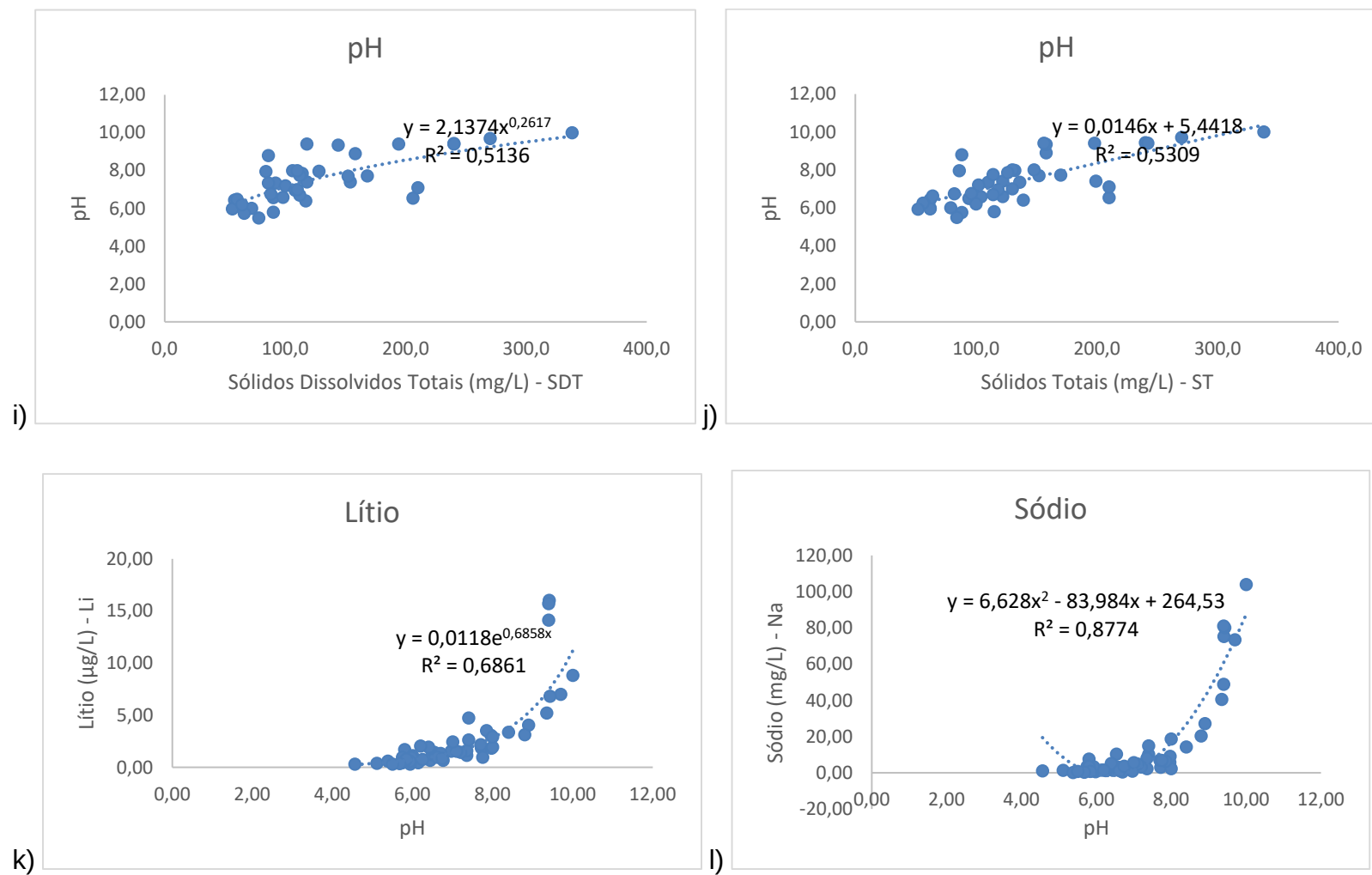
Quadro 08 - Linha de tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 2º Semestre de 2015



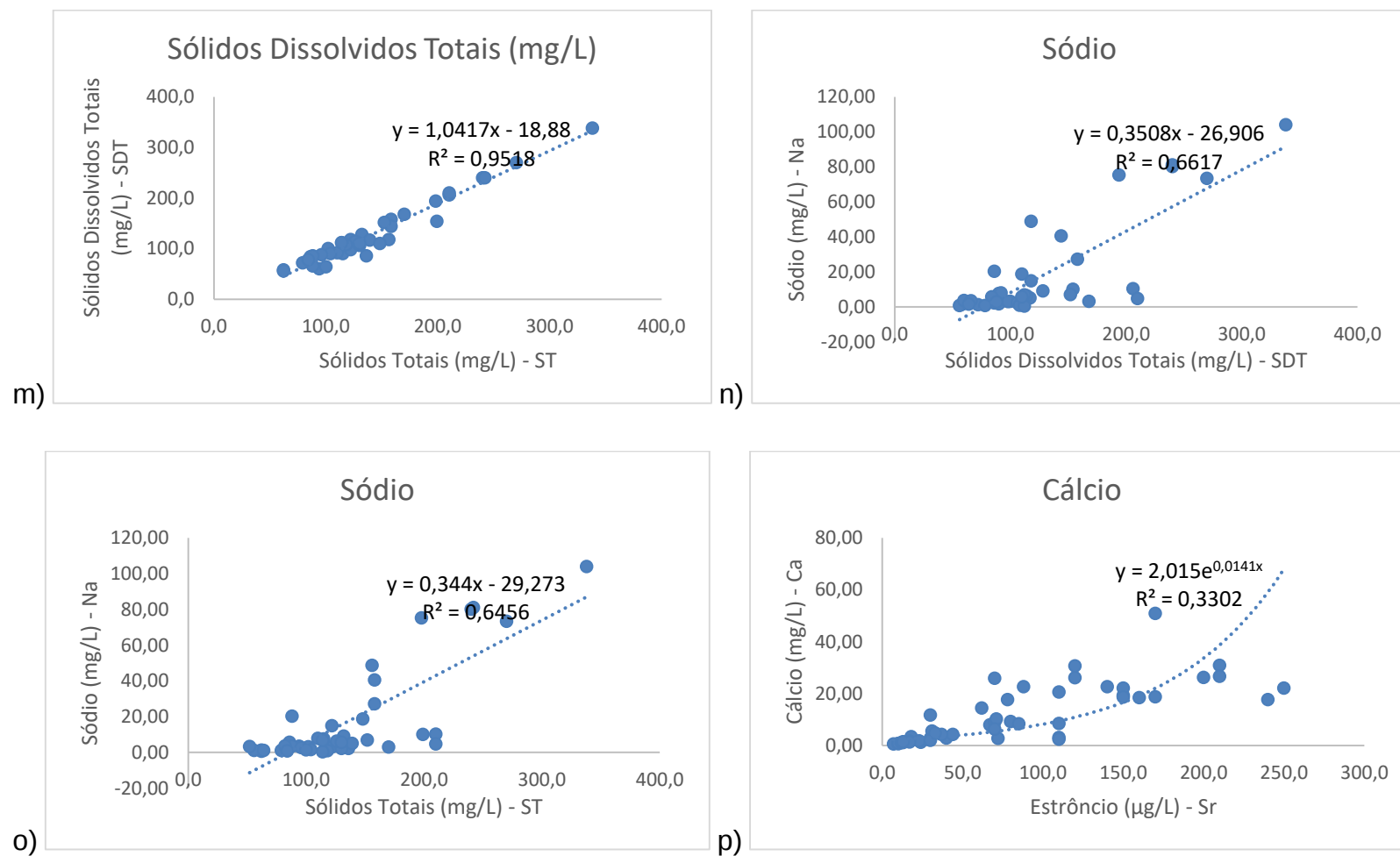
Quadro 08- Linha de tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 2º Semestre de 2015 (continuação)



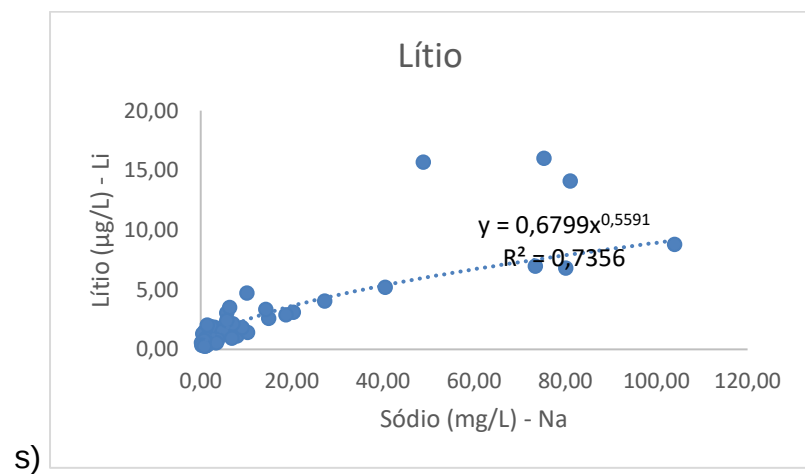
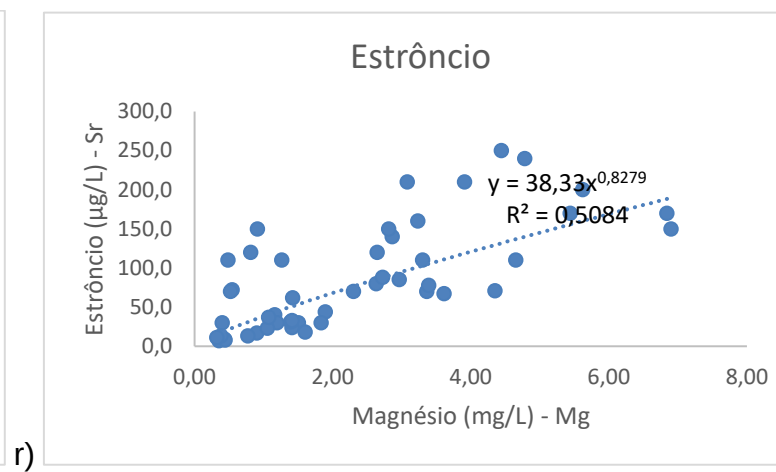
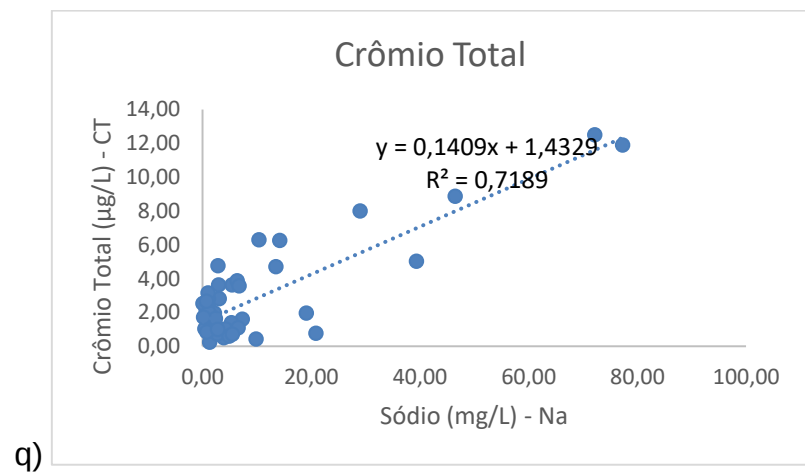
Quadro 08 - Linha de tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 2º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 08 - Linha de tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 2º Semestre de 2015 (continuação)



Quadro 08- Linha de tendência entre os parâmetros da água do Aquífero Guarani – 2º Semestre de 2015 (conclusão)



Se tratando da correlação linear, no 1º Semestre de 2015 (Tabela 11) temos os Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Dureza Total e o Cálcio, o Crômio Total e o Sódio.

Já no 2º Semestre de 2015 (Tabela 12), temos altas correlações nos Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Dureza Total e o Cálcio, o Crômio Total e o Sódio.

A presença do Crômio em águas subterrâneas pode ocorrer devido às atividades antrópicas, fabricação de produtos químicos, siderurgia etc. A toxicidade do crômio depende do seu estado de oxidação quando é lançado no efluente (SAVAZZI, 2008).

6 CONCLUSÕES

As concentrações de Sólidos Dissolvidos Totais são grandes ao longo de todos os aquíferos estudados nesta pesquisa, demonstrando uma alta variabilidade dos dados.

O Sistema Aquífero Bauru apresentou um número considerável de poços onde as concentrações do Nitrato estavam em níveis acima do máximo permitido (15 amostras no triênio).

Já o Aquífero Pré-Cambriano possui concentrações acima do Valor Máximo Permitido de Ferro (91 amostras ao longo dos 3 anos).

Por fim, o Aquífero Guarani possui Bário ultrapassando o VMP com 190 amostras nos triênio estudado (2013 a 2015). Este parâmetro encaminha para águas subterrâneas através da lixiviação, sendo assim sua contaminação pelo solo se dá através do manuseio de produtos, decomposição inapropriada de resíduos ou por atividades agropecuárias indevidas.

A estatística descritiva indicou que para os atributos estudados nos Aquíferos Bauru, Pré-Cambriano, Serra Geral e Guarani apresentaram coeficientes de variação (CV) considerados baixos, médios e muito altos, sendo que nenhum aquífero apresentou CV baixo, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (2002).

Do ponto de vista das correlações, as melhores interações no SAB foram observadas entre Os Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, os Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais em 2015-1 e em 2015-2 foram o Cálcio e a Dureza Total, Magnésio e a Dureza Total, Sólidos Totais e os Sólidos Dissolvidos Totais. Já no SAC em 2015-1 a correlação de destaque foi dos Sólidos Totais e os Sólidos Dissolvidos Totais e em 2015-2 foi a Alcalinidade Bicarbonato e Condutividade Elétrica, o Cálcio e a Dureza Total, Sólidos Totais e Sólidos Totais Dissolvidos. As melhores interações no ASG foram dos Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Cálcio e Dureza Total, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais, Manganês e Chumbo em 2015-1 e em 2015-2 têm-se dos Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais. Por fim no SAG as correlações principais em 2015-1 são Sólidos Totais e Condutividade Elétrica, Cálcio e Dureza Total, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais, e em 2015-2

apresentou a correlação de Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Cálcio e Dureza Total, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais.

Alguns pontos de coleta mostraram uma concentração do parâmetro bem elevada, como observados pontos isolados no gráfico de dispersão. Estes pontos podem ter essa quantidade exagerada do parâmetro por diversos fatores, como alguma indústria despejando tal elemento no corpo hídrico, bem como falha na leitura do dado ou em vista que o aquífero corresponde a uma área muito grande, tal parâmetro pode ter vindo de outro lugar.

A temperatura apresentou pouca variação. Por mais que fatores como condições de confinamento da água definem sua variação, se tratando de aquíferos do estado de São Paulo, a disparidade entre a temperatura foi minimizada.

A pesquisa apresentou de uma forma geral que a condutividade elétrica está correlacionada com outros parâmetros da água, como sais, ao qual é um indicador de poluentes nestas águas.

As equações geradas a partir da modelagem podem ser utilizadas (com apreciável resposta) para estimar as concentrações dos parâmetros da qualidade de água no SAB, SAC, ASG e SAG quando houver problemas de coletas/análises em algum poço de monitoramento.

Este trabalho abre margem para muito mais discussões, como pesquisas a fundo em cada aquífero, tal como mais possíveis explicações para as diversas correlações entre os parâmetros através da matriz de Pearson, estabelecendo uma conexão para pesquisas futuras. A pesquisa busca estabelecer tendências para que o estudo seja continuado com dados mais recentes, afinal no momento de construção desta dissertação, estes eram os dados mais recentes.

Assim, o presente estudo busca contribuir para a gestão das águas subterrâneas não só do estado de São Paulo mas também enriquecer o acervo de informações sobre os recursos hídricos do Brasil, afinal a água é um bem incrivelmente precioso ao qual em muitos casos não recebe a atenção que deveria.

Ter estatísticas, dados e conhecimento sobre as águas ajuda na tomada de decisão de órgãos competentes à construir um futuro melhor e mais consciente não só para essa mas para as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **A gestão de Recursos Hídricos em São Paulo**. São Paulo, 2016. Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/panorama-dos-estados/sp>. Acesso em: 19 nov. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual / Agência Nacional de Águas**. Brasília, DF: ANA, 2018. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2020.

ALLEY, W. M. The importance of monitoring to groundwater management. In: HOLLIDAY, L.; MARIN, L.; VAUX, H. **Sustainable Management of Groundwater in Mexico**: proceedings of a workshop. Washington: The Nacional Academy, p. 76-85, 2007.

ÁLVAREZ-AVUSO, E.; GARCÍA-SÁNCHEZ, A.; QUEROL X. Adsorption of Cr(VI) from synthetic solutions and electroplating wastewaters on amorphous aluminium oxide. **J Hazard Mater**, v. 142, p 191-198, 2007.

ALVES, A. N. L.; DELLA ROSA, H. V. Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, [s. l.], v. 39, n. 2, p.129-139, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcf/v39n2/03.pdf>. Acesso em 19 fev. 2020.

AMBSCIENCE ENGENHARIA. **Como funciona a aprovação da Cetesb**. Ambscience Engenharia, 2018. Disponível em: <http://ambscience.com/como-funciona-aprovacao-da-cetesb/>. Acesso em: 09 dez. 2018.

ANDRADE, E. M. de; AQUINO, D. N. de; CRISÓSTOMO, L. de A.; RODRIGUES, J. de O.; LOPES, F. B. Impacto da lixiviação de nitrato e cloreto no lençol freático sob condições de cultivo irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 88-95, fev. 2009. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782009000100014>. Acesso em: 06 nov. 2021.

ARRUDA, G. Modernização conservadora da agricultura; poluição e abastecimento de água em Londrina. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA – ANPUH, 26., 2011, São Paulo. **Anais** [...] [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em: http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1300919358_ARQUIVO_textocompleto-ANPUH-2011.pdf. Acesso em: 25 nov. 2020.

BADMAEV, V.; PRAKASH, S.; MAJEED, M. **Vanadium**: a review of its potential role in the fight against diabetes. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, n. 5, n. 3, p. 273-291, 1999.

BAIRD, C. **Environmental chemistry**. 2 ed. W. H. Freeman & Co.: New York, 1999.

BARISON, M. R. **Estudo hidroquímico na porção meridional do sistema aquífero Bauru no Estado de São Paulo**, 2003. 153 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

BARRA, C. M. *et al.* E. de A.; SANTELLI, R. E.; ABRÃO, J. J.; GUARDIA, M. de la; Especialização de Arsênio- Uma Revisão. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 58-70, fev. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n1/2145.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2020.

BASTOS, M. Q. R. **Mobilidade humana no litoral brasileiro: análise de isótopos de estrôncio no Sambaqui do Forte Marechal Luz**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.

BEAR, J. **Hydraulics of groundwater**. New York City: Dover, 1979. 592 p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63**. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela Resolução 430/2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 06 fev. 2021.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO N. 396, DE 03 DE ABRIL DE 2008. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União nº 066, de 07/04/2008, págs. 64-68**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em: 06 fev. 2021.

BRASIL. LEI Nº 9433, DE 08 DE JANEIRO DE 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Casa Civil**. Brasília, DF, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 03 dez. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n.º 26, de 15 de Janeiro de 1999**. Estabelece o uso de suas atribuições e considerando a necessidade de fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que deve obedecer a "ÁGUA COMUM ADICIONADA DE SAIS". Brasília: SVS, 1999.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n.º 518, de 23 de Março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância

da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: SVS, 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n.º 888, de 4 de Maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: SVS, 2021.

BATTRICK, B. **Global Earth Observation System of Systems**. ESA SP-1284. Holanda: ESA Publications Division, 2005. 210 p.

BODRUD-DOZA, M. *et al.* Characterization of groundwater quality using water evaluation indices, multivariate statistics and geostatistics in central Bangladesh. **Water Science**, Oxford, v. 30, n. 1, p.19-40, 2016.

BORDALO, A. O.; MOURA, C. A. V.; SCHELLER, T. Determinação da composição isotópica de estrôncio em águas naturais: exemplos de sua aplicação em águas subsuperficiais da zona costeira na região Bragantina-PA. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 821-827, ago. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n4/a12v30n4.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2020.

CABRAL, J.P.; MARQUES, C. **Faecal Coliform Bacteria in Febras River (Northwest Portugal): Temporal Variation, Correlation with Water Parameters, and Species Identification**. *Environ Monit Assess* 118, p. 21–36, 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-006-0771-8#Abs1>. Acesso em: 10 nov. 2020.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *In*: DELL, B.; ROWN, P.H.; BELL, R.W. (ed.). **Boron in soil and plants**: review. Symposium, Chiang Mai, reprinted Plant and Soil, v.193, n.1-2, p.71-83, 1997.

CAMPOS, H. C. N. S. **Caracterização e cartografia das províncias hidrogeoquímicas do estado de São Paulo**. 1993. 177 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CAMPOS, H. C. N. S. **Contribuição ao estudo hidrogeoquímico do grupo Bauru no estado de São Paulo**. 1987. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, p. 618-622, out. 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422000000500009. Acesso em: 04 ago. 2020.

CARVALHO, M. N. **Avaliação do processo de remoção de ferro em água de origem subterrânea por adsorção com materiais naturais**. 2005. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Química) – Attena Repositório Digital da UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2005.

CEPAGRI. Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. **Clima do municípios paulistas: classificação de Koeppen**. Disponível em: <https://www.cpa.unicamp.br/>. Acesso em: 01 maio 2018.

CERVEIA, A. Sobre a Metalogenia do Urânio em Portugal. **Boletim da Sociedade Geológica de Portugal**. 1951. Disponível em: https://www.socgeol.org/documents/type_1/BSGPVIII0301.pdf. Acesso em: 25 fev. 2020.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Apêndice E: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. São Paulo, 2018. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2020.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Aquífero Bauru**. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/programa-de-monitoramento/consulta-por-aquiferos-monitorados/aquifero-bauru/>. Acesso em: 13 ago. 2020.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Aquífero Pré-Cambriano (Cristalino)**. São Paulo, 2007a. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/programa-de-monitoramento/consulta-por-aquiferos-monitorados/aquifero-pre-cambriano-cristalino/>. Acesso em: 22 ago. 2020.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL CETESB. . **Aquífero Serra Geral**. São Paulo, 2007b. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/programa-de-monitoramento/consulta-por-aquiferos-monitorados/aquifero-serra-geral/>. Acesso em: 22 ago. 2020.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Histórico**. São Paulo, 2019. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/historico/>. Acesso em: 05 dez. 2019.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Pontos da Rede de Monitoramento de Qualidade**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/programa-de-monitoramento/pontos-da-rede-de-monitoramento-de-qualidade/>. Acesso em: 06 dez. 2019.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2010-2012**. São Paulo: CETESB, 2013. p. 1-241. Série Relatórios.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013-2015**. São Paulo: CETESB, 2016. p. 1-308. Série Relatórios.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Poluição das águas subterrâneas no estado de São Paulo**: estudo preliminar. São Paulo, 1977. 88 p.

CHEN, S. S, CHENG, C.Y., L. I., C.W., CHAI, P.H., CHANG, Y. M. Reduction of chromate from electroplating wastewater from pH 1 to 2 using fluidized zero valent iron process. J. Hazard Mater, Amsterdam, v. 142, p. 362–367, 2007.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Aquífero Guarani**. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Aquifero-Guarani-2617.html>. Acesso em: 22 ago. 2020.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. Ediciones Omega (I e II): Barcelona, 1983. 2359 p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA. ESTUDO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - DAEE. **Mapa de águas subterrâneas do estado de São Paulo**. São Paulo, 2005. 119 p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. Estudo das águas subterrâneas. **Regiões administrativas 7, 8 e 9 (Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba)**. São Paulo: DAEE, 1976. v. 3.

SISTEMA AMBIENTAL PAULISTA – DATAGEO. **Imagens capturadas do site do DataGEO - Sistema Ambiental Paulista**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>. Acesso em: 16 abr. 2020.

DRISCOLL, G. **Groundwater and wells**. 2 ed. St. Paul: Johnson Division, 1987. 1089 p.

DUARTE, H. F. Um Elemento Químico Estratégico que Permeia História, Economia e Sociedade. **Química Nova**, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v42n10/0100-4042-qn-42-10-1146.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2020.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FERNANDES, A. J.; DE ASSIS NEGRI, F.; AZEVEDO SOBRINHO, J. M.; VARNIER, C. Análise de fraturas dos basaltos do Aquífero Serra Geral e o potencial de recarga regional do Sistema Aquífero Guarani. **Boletín Geológico y Minero**, v. 123, n. 3, p. 325-339, 2012. Disponível em: https://www.igme.es/Boletin/2012/123_3/13_ARTICULO%209.pdf. Acesso em: 30 jan. 2020.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**, 1998. 216 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FISCHMANN, R. **Transcrição completa do maravilhoso discurso de Steve Jobs na Universidade de Stanford, em 2005**. Macmagazine, 2008. Disponível em: <https://macmagazine.uol.com.br/post/2008/12/12/transcricao-completa-do-maravilhoso-discurso-de-steve-jobs-na-universidade-de-stanford-em-2005/>. Acesso em: 22 set. 2020.

FLORES, A. P. SORRINI, E. **Monitoramento em tempo real da qualidade da água dos mananciais da região metropolitana de São Paulo (RMSP)**. [S. l.], 2018. Disponível em: <http://sanepar.com.br/sanepar/sanare/v16/MONITORAMENTO.htm>. Acesso em: 26 dez. 2018.

FOGAÇA, J. R. V. **Cloretos**. Brasil Escola, 2013. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/cloretos.htm>. Acesso em 03 de fevereiro de 2020.

FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M; ALMEIDA, L. M. de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.

GOMES, L. H. **Alterações de propriedades físico-químicas da água tratada com preparados homeopáticos de carbonato de cálcio**. 2009. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Filotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

GRIGOLETTO, T. L. B; FUZARI, B.H. C; ANDRADE, A. R. A; CAMPOS M. L. A. M. Fatores químicos e físicos que afetam a contaminação por chumbo e cobre em água potável: uma abordagem para o estudo de caso em química analítica. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 1995-2001, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/FCj3LwNqbrYHFqdLsC4w6jQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 nov. 2021.

HAROLD, A.; TAYLOR, J. Manganese minerals. *In*: CARR, D. D. **Industrial minerals and rocks**. 6th ed. Colorado: Society of Mining, Metallurgy, and Exploration,, p. 655-660. 1196 p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859 p.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 7, 2005.

HYPOLITO, R.; EZAKI, S.; PÉREZ-AGUILAR, A. Fluoreto nas águas subterrâneas dos aquíferos Tubarão e Cristalino, região de Salto-Indaiatuba (SP). **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n.4, p. 715-726, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rem/v63n4/a18v63n4.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2020.

ILIE, A. M. C.; YÀBAR, D. N.; VACCARO, V. Innovative Groundwater Monitoring Technology. In: **Le Giornate dell'Idrologia 2017, Ex Tonnara Florio. Conferência**, p. 21-23, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ana_Maria_Carmen_Ilie/publication/317436997_INNOVATIVE_GROUNDWATER_MONITORING_TECHNOLOGY/links/593acaf9a6fdcc17a994f202/INNOVATIVE-GROUNDWATER-MONITORING-TECHNOLOGY.pdf. Acesso em: 04 mar. 2020.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Pré-Cambriana**. 2012. Disponível em: <http://www.águasparana.pr.gov.br/pagina-51.html>. Acesso em: 10 abr. 2020.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S.. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. 2. ed. São Paulo: Secretaria do Estado do Meio Ambiente, 2009. 104 p.

IRITANI, M. A.; ODA, G. H.; KAKAZU, N. C.; CAMPOS, J. E.; FERREIRA, L. M. R.; SOLVEIRA, E.L. S.; AZEVEDO, A. A. B. de. Zoneamento das Características Hidrodinâmicas (Transmissividade e Capacidade Específica) do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo. **Revista Águas Subterrâneas**. 2000. Disponível em: <https://águaassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24014>. Acesso em: 24 nov. 2020.

JUNIOR, A. G. **Determinação de Selênio em água subterrânea utilizando a espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafita (GFAAS) e geração de hidretos (HGAAS)**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear. Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LAROCQUE, M; MANGIN, A; RAZACK, M; Contribution of correlation and spectral analyses to the regional study of a large karst aquifer (Charente, France). **Journal of Hydrology**, v. 205, n. 3-4, p. 217-231, 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169497001558?via%3Dihub>. Acesso em: 18 nov. 2020.

LEHMANN, P.; MOURA, P.; PERIOTTO, N. A. *et al.* Water in Urban Regions: **Building Future Knowledge to integrate Land Use, Ecosystem Services and Human Health**. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Halle (Saale), Germany; Academia Brasileira de Ciências (ABC), Rio de Janeiro, Brazil; Die Junge Akademie. 2014. 32 p.

LIMA, C. G. da R. *et al.* Variabilidade espaçotemporal das águas subterrâneas do aquífero Bauru impróprias para o consumo humano: concentrações de Bário, Crômio Total e Vanádio. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 47, n. 2, p. e096380, out. 2020. ISSN 1807-9806. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/108582>. Acesso em: 20 nov. 2021.

LOGAN, J. **Interpretação de Análises Químicas da Água**. US. Agency for International Development. Recife, 1965.

LOUGON, M. S.; ROCHA, S. A.; GUIMARÃES, H. F.; LOUZADA, F. L. R. O.; GARCIA, G. de O. Caracterização dos sólidos totais, fixos e voláteis nas águas residuárias geradas pela lavagem dos frutos do cafeeiro. *In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E IX ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA*, 13., 2011, Jerônimo Monteiro. Disponível em http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0142_1112_01.pdf. Acesso em: 12 fev. 2020.

MAIA, C. E.; RODRIGUES, K. K. R. P.; LACERDA, V. da S. Relação entre Bicarbonato e Cloreto em águas para fins de irrigação. *Irriga*, Botucatu, v. 1, n. 01, p. 206–219, 2012. DOI: 10.15809/irriga.2012v1n01p206. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/448>. Acesso em: 5 nov. 2021.

MARCONDES, J. A. P.; CAIRES, E. F. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 4, p. 687-694, 2005.. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v64n4/a19v64n4.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

MAIER, M. H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55" - 48°55"W; 22°30" - 21°55"S - Brasil): qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 164-185, 1987.

MANZIONE, R. L. **Águas Subterrâneas**: conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. 388 p.

MARQUES, S. M. **Análise espacial e temporal de parâmetros de qualidade das águas do aquífero Bauru de 2010 a 2012**. 2018. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Unesp - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018.

MÁRTIRES, R. A. C.; SANTANA, A. L. **Sumário mineral**. [S. l.]: DNPM, 2007.

MARZBAN, L.; MCNEIL J. H. Insulin-like actions of vanadium: potential as a therapeutic agent. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, Hoboken, n. 16, p. 253-267, 2003.

MCGRATH, S.P., SMITH, S. N. In: ALLOWAY. B.J. **Heavy metals in soils**. New York: John Wiley, p.125-50, 1990.

MENDONÇA, L. A. R.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, F. S.; FILHO, J. M. Estudo da Conexão Hidráulica dos Aquíferos Rio Da Batateira e Missão Velha por Análise Isotópica e de Condutividade Elétrica. *Revista de Geologia*, [s. l.], v. 11, p. 15-22, 1998. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/13922/1/1998_art_larmendonca.pdf. acesso em: 16 nov. 2020.

MICHALOWSKI, T.; ASUERO, A. G. New approaches in modeling carbonate alkalinity and total alkalinity. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, New York, v. 42, n. 3, p. 220-244, 2012.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 144 p.

MOORE, J. W., RAMAMOORTHY, S. **Heavy metals in natural waters**. New York: Springer-Verlag, 1984. 328 p.

MORAES, J. F. V; FREIRE, C. J. S. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos à inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 9, n. 9, p. 35-43, 1974.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v. 9, n. 1, p.167-181, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v9n1/19834.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2020.

MORIN, R. H. Negative correlation between porosity and hydraulic conductivity in sand-and-gravel aquifers at Cape Cod, Massachusetts, USA. **Journal Of Hydrology**, [s. /], v. 316, n. 1-4, p. 43-52, jan. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169405001976>. Acesso em: 20 nov. 2020.

MORUZZI, R. B; REALI, M. A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 29-43, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/134886>. Acesso em: 03 nov. 2021.

NETO, A. A. A.; ALMEIDA, A. B. L de. **Titânio**. Sumário Mineral Brasileiro. Departamento Nacional de Produção Mineral. 2012.

NEVES, O.; MACHETE, I. MARQUES, J. M.; SILVA, J. A. L. da; COUTO, F. S. do. Lítio em águas engarrafadas e de abastecimento público. **Comunicações Geológicas**. Amadora, v. 102, n. esp. I, p. 103-106, 2015. Disponível em: https://www.lneg.pt/download/12920/19%20-%20Neves%20et%20al._Li%20v2_rede_SM.pdf. Acesso em: 22 fev. 2020.

NRIAGU, J. O.; NIEBOER, E. **Chromium in the natural and human environments**. Ontario: Wiley Inter-Science, 1988.

OLIVEIRA, J. N. **Ferramental de gestão de águas subterrânea para a cidade de São José do Rio Preto, SP**. 2002. 117 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-11082009-140524/pt-br.php>. Acesso em: 04 set. 2018.

PÁDUA, V. L.; FERREIRA, A. C. S. Qualidade de águas para consumo humano. In: HÉLLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: ed. da UFMG, 2006. p. 153-222.

PATTY, F. A.; **Industrial Hygiene and Toxycology**. Interscience: New York, v. 2, p. 917, 1963.

PENA, R. F. A. **Atividades que mais consomem água**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/atividades-que-mais-consoem-agua.htm>. Acesso em 29 de outubro de 2019.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PREET, A.; GUPTA, B. L.; YADAVA, P. K.; BAQUER, N. Z. Efficacy of lower doses of vanadium in restoring altered glucose metabolism and antioxidant status in diabetic rat lenses. **Journal of Biosciences**, Ponta Grossa, v. 30, n. 2, p. 221-230, 2005.

PURVANCE, D. T.; ANDRICEVIC, R. On the electrical-hydraulic conductivity correlation in aquifers. **Water Resources Research**, Hoboken, v. 36, n. 10, p. 2905-2913, out. 2000.

REBOUÇAS, A. *et al.* (orgs). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002. 691 p.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 748 p.

REIS, L. V. de S. **A Gestão das Águas No Estado de São Paulo: Uma avaliação de seus instrumentos e práticas**. 1999. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2016/06/Lucia_Vidor_de_Souza_Reis.pdf. Acesso em: 05 de março de 2022.

RODRIGUES, M. A.; SILVA, P. P.; GUERRA, W. Cobre. **Química Nova Escola**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 161-162, 2012.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Industrial, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2011.

SÃO PAULO (Estado). DECRETO N° 32.955, DE 07 DE FEVEREIRO DE 1991. **Regulamenta a Lei nº 6.134, de 02/06/1988, que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado**, São Paulo, SP, fev. 1991.

SÃO PAULO (Estado). LEI N° 6.134, DE 02 DE JUNHO DE 1988. **Preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo,

SP. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1988/lei-6134-02.06.1988.html>. Acesso em: 03 dez. 2019.

SÃO PAULO (Estado). LEI N° 7.663, DE 30 DE DEZEMBRO DE 1991. **Normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. São Paulo, SP. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>. Acesso em: 03 dez. 2019.

SAVAZZI, E. A. **Determinação da presença de Bário, Chumbo e Crômio em amostras de água subterrânea coletadas no Aquífero Bauru**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, 2008.

SAVAZZI, E. A. **Sugestão de valores de referência de qualidade para os elementos químicos cobalto, estanho, fósforo, lítio, molibdênio, níquel, prata, tálio, titânio e vanádio em amostras de água subterrânea coletadas nos Aquíferos Bauru e Guarani, confo**. 2013. Tese (Doutorado em Toxicologia). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, 2013.

SCHEURER, M.; STORCK, F. R.; GRAF, C.; BRAUCH, H-J.; RUCK, W.; LEV, O.; LANGE, F. T. Correlation of six anthropogenic markers in wastewater, surface water, bank filtrate, and soil aquifer treatment. **Journal Of Environmental Monitoring**, Cambridge, v. 13, n. 4, p. 966-973, 2011.

SERRA, E. M.; PARALTA, E.; NASCIMENTO, J. N.; RIBEIRO, L. F. Análise comparativa de dois índices de poluição agrícola no Sistema Aquífero dos Gabros de Beja, sector da margem esquerda do Rio Guadiana. In: Jornadas **Luso-Espanholas sobre Águas Subterrâneas no Sul da Península Ibérica**, Faro, Portugal, p. 23-27, 2003. Disponível em: <http://repositorio.Ineg.pt/bitstream/10400.9/476/1/33617.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2020.

SHARMA, S.; CHHIPA, R. C. Seasonal variations of ground water quality and its agglomerates by water quality index. **Global Journal of Environmental Science Management**, Tehran, v. 1, n. 2, p. 79-86, 2016.

SILVA, F. de P.; KIANG, C. H.; CAETANO-CHANG, M. R. Perfis de referência do Grupo Bauru (K) no estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 127-139, 2003.

SILVA, R. B. G. da. **Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas do aquífero Botucatu no Estado de São Paulo**. 1983. Tese (Doutorado em Geologia Geral e de Aplicação) - Instituto de Geociências, University of São Paulo, São Paulo, 1983. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44131/tde-28082015-135247/publico/Silva_Doutorado.pdf. Acesso em: 22 nov. 2020.

SILVA, S. R. **Caracterização hidrogeoquímica dos sistemas Aquíferos Bauru e Guarani no Município de Bauru**. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92830/silva_sr_me_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 04 set. 2018.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS – SIGRH. **O que são Câmaras Técnicas?** [S. l.], 2015. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/crh/oquesaocamarastecnicas>. Acesso em: 29 mar. 2022.

SOUSA, A. M. P. O. **Interacção de complexos de vanádio-citrato com a bomba de cálcio de retículo sarcoplasmático**. 2004. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Univ. do Algarve, 2004.

SPERLING, E. Afinal, Quanta Água Temos no Planeta? **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 189-199, 2006. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/22/af7a0d2c40a12820c64bf65d88d70b46_ff1acba4ab30011b1e39f563a50d685b.pdf. Acesso em: 27 set. 2021.

SRIVASTA, A. K. Anti-diabetic and toxic effects of vanadium compounds. **Molecular and Cellular Biochemistry**, New York, n. 206, p. 177-182, 2000.

STRADIOTO, M. R. *et al.* Water-Rock Interactions in the Bauru Aquifer System – São Paulo State, Brazil. **Procedia Earth and Planetary Science**, [s. l.], n. 17, p. 388-391, 2017.

TEIXEIRA, L. A. C. **Remoção de Boro de Águas e Efluentes de Petróleo por Adsorção**. 2009. Tese (Doutorado). Programa de Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos do Departamento de Engenharia de Materiais da PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2009.

TODA MATÉRIA. **Aquífero Guarani**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/aquifero-guarani/>. Acesso em: 30 set. 2021.

THE WORLD BANKS. **Quase Metade do Mundo Vive com Menos de USD \$5.50 por Dia**. The World Bank. Disponível em: <https://www.worldbank.org/pt/news/press-release/2018/10/17/nearly-half-the-world-lives-on-less-than-550-a-day-brazilian-portuguese>. Acesso em: 02 jul. 2019.

TUNDISI, J. G. **Planejamento e Gerenciamento de Lagos e Reservatórios**: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização. Osaka: Rima, 2001. 385 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328 p.

VICENTE, G. Z. **Geoestatística Aplicada à Análise de Parâmetros da Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Bauru**. 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Unesp - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018.

VICENTE, G. Z.; LIMA, C. G. R.; MARQUES, S. M. Variabilidade espacial e temporal do Nitrato e Cloreto no Sistema Aquífero Bauru, estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, [s. l.], v. 32, n 3, p 295-306, 2018. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29099/18876>. Acesso em: 02 mar. 2020.

WAFFA, I. A; FAYED, M. S; GOUDA, S. R; AWWAD, S. A. The effect of pH on the synthesis of hydroxyapatite by a new polymerized organic: inorganic complex route. *In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON CHEMICAL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING*, 4., 2008, Cairo. Proceeding [...] [S. l.: s. n.], 2008. p. 27-29.

WHO. **Guidelines for drinking-water quality**: recommendations. 3. ed. Geneva: World Health Organization, 2004.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water quality assessments**: a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. London: [s.n.], 1996. 651 p.

YASSUDA, E. R. Gestão de Recursos Hídricos: **Gestão e Aspectos Institucionais**. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 5-18, 1993.

ZAMORA, J. R. Z. Parâmetros físico-químicos de dureza total em cálcio e magnésio, pH, condutividade e temperatura da água potável analisados em conjunto com as Associações de Administradores de Aquedutos (ASADAS), de cada distrito da Grécia, cantão de Alajuela, novembro. **Pensamiento Actual**, [s. l.], v. 9, n. 12-13, p. 125-134, 2009.

APÊNDICE A - NOTA TÉCNICA/ARTIGO TÉCNICO

Título: CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS
ÁGUAS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS BAURU E GUARANI

Title: LINEAR CORRELATION BETWEEN WATER QUALITY PARAMETERS
FROM THE AQUIFERS SYSTEMS BAURU AND GUARANI

Resumo

O presente artigo tem por objetivo analisar as correlações lineares entre alguns parâmetros de qualidade das águas nos seguintes aquíferos de ocorrência no estado de São Paulo: o Sistema Aquífero Bauru (SAB) e o Sistema Aquífero Guarani (SAG). Foram utilizados dados do ano de 2015 do relatório trienal (2013-2015) da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. O aquífero Bauru apresentou um número considerável de poços onde as concentrações do Nitrato estavam em níveis acima do máximo permitido (15 amostras). Já o Aquífero Guarani apresentou elevadas concentração de Bário (190 amostras). Por fim no SAG as correlações principais no 1º semestre de 2015 são Sólidos Totais e Condutividade Elétrica, Cálcio e Dureza Total, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais, e no 2º semestre de 2015 as principais correlações foram entre Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Cálcio e Dureza Total, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais. No SAB foram observadas as principais correlações entre os Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, os Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e Sólidos Dissilvidos Totais no 1º semestre de 2015 e no 2º semestre de 2015 as principais correlações

foram do Cálcio e a Dureza Total, Magnésio e a Dureza Total, Sólidos Totais e os Sólidos Dissolvidos Totais. As equações geradas a partir da modelagem podem ser utilizadas (com apreciável resposta) para estimar as concentrações dos parâmetros da qualidade de água no aquífero Bauru e no aquífero Guarani quando houver problemas de coletas/análises em algum poço de monitoramento.

Palavras-chave: Recursos Hídricos; Contaminação; Águas Subterrâneas.

Abstract

This article aims to analyze the linear correlations between some water quality parameters in the following aquifers in the state of São Paulo: the Bauru Aquifer System (SAB) and the Guarani Aquifer System (SAG). Data from the year 2015 from the triennial report (2013-2015) of the Environmental Company of the State of São Paulo were used. The Bauru aquifer had a considerable number of wells where Nitrate concentrations were at levels above the maximum allowed (15 samples). On the other hand, the Guarani Aquifer showed high concentrations of Barium (190 samples). Finally in SAG the main correlations in the 1st semester of 2015 are Total Solids and Electrical Conductivity, Calcium and Total Hardness, Total Solids and Total Dissolved Solids, and in the 2nd semester of 2015 the main correlations were between Total Dissolved Solids and Conductivity Electrical, Total Solids and Electrical Conductivity, Calcium and Total Hardness, Total Solids and Total Dissolved Solids. In the SAB, the main correlations between Total Dissolved Solids and Electrical Conductivity, Total Solids and Electrical Conductivity, Total Solids and Total Dissolved Solids were observed in the 1st semester of 2015 and in the 2nd semester of 2015 the main correlations were of Calcium and Total Hardness, Magnesium and Total Hardness, Total Solids and Total Dissolved Solids. The equations generated from the

modeling can be used (with appreciable response) to estimate the concentrations of water quality parameters in the Bauru aquifer and in the Guarani aquifer when there are collection/analysis problems in any monitoring well.

Keywords: Water resources; Contamination; Groundwater.

1. INTRODUÇÃO

A água subterrânea possui nobres funções, como a manutenção da umidade do solo, lagos e brejos. Esta ainda tem como função controlar o fluxo de base dos rios e realizar a perenização destes rios durante seus períodos de estiagem. (MANZIONE, 2015).

Segundo Vicente *et al.* (2018), as modificações de qualidade das águas subterrâneas podem ser ocasionadas por maneiras naturais (possuem conexão com o intemperismo, onde ocorre a dissolução das rochas) ou antrópicas (atividades domésticas, industriais e agrícolas).

De acordo com Alley (2007), o monitoramento é um elemento fundamental para integrar a ciência das águas subterrâneas com as decisões da gestão da água, uma vez que fornece dados importantes para a gestão e tomada de decisão, tais como: alterações de percurso em níveis das águas subterrâneas; fornecimento de informações de contaminação; identificação da existência ou potenciais mudanças de fluxo devido à retirada das águas subterrâneas; avaliação dos efeitos de clima nos níveis das águas subterrâneas.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) efetua o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas metodicamente desde 1990, a partir de uma rede de poços tubulares utilizados para o abastecimento público de água (CETESB, 2016). É uma exigência legal designada à CETESB o

monitoramento da qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo desde os anos 70. Os estudos iniciais sobre a poluição das águas subterrâneas foram embasados em dados disponíveis nos cadastros da CETESB e do DAEE (CETESB,1977).

De acordo com a CETESB (2016), o monitoramento de qualidade da água é importante porque possui os seguintes objetivos: Caracterizar as águas subterrâneas brutas; definir Valores de Referência de Qualidade (VRQ) para cada substância; avaliar as tendências das concentrações das substâncias monitoradas; detectar áreas com alterações de qualidade; subsidiar as ações de prevenção e controle da poluição do solo e da água subterrânea; subsidiar as ações de gestão da qualidade do recurso hídrico subterrâneo em paralelo aos Comitês de Bacias; e auxiliar a classificação dos aquíferos, objetivando seu enquadramento, de acordo com a Resolução CONAMA nº 396/08 (CONAMA, 2008).

Uma observação que se pode fazer quanto ao monitoramento da qualidade das águas pela CETESB é que há um elevado custo envolvido e por vezes há falhas registradas nas coletas por inúmeros motivos. E quando isso ocorre, não há informações que possa representar a situação local. Porém, os parâmetros de qualidade das águas comumente podem apresentar correlações entre si, permitindo assim estimar uma variável em função de outra.

Inúmeros trabalhos têm-se utilizado desse suporte estatístico de modo a facilitar o monitoramento e reduzir os custos e os trabalhos laboratoriais. Alguns desses estudos são descritos abaixo.

Considerando dados dos anos 70 no aquífero Bauru, Iritani *et al.* (2000) em sua análise constatou-se que a transmissividade, consistindo na quantidade de água que

é fluída na horizontal pela espessura saturada, se mostrou intrinsecamente proporcional à capacidade específica - vazão específica.

Silva (1983) estabeleceu uma correlação entre os íons da água e os parâmetros de temperatura, pH e STD através da regressão linear no aquífero Botucatu.

Já Vicente *et al.* (2018) utilizou-se de uma matriz de correlação para avaliar a interação entre variáveis de qualidade de água evidenciando elevada correlação positiva entre Cloreto e Nitrato no aquífero Bauru em sua porção paulista.

As correlações entre aquíferos podem se estender no âmago da condutividade elétrica e hidráulica, onde estes podem ser correlacionados, afinal ambas possuem volumes e áreas superficiais conectadas. Assim, as equações implicam na relação da condutividade elétrica na troca de ânions, os elétrons positivos e cátions, e elétrons negativos (PURVANCE e ANDRICEVIC, 2000).

No estado do Ceará, segundo Mendonça *et al.* (1998), foi possível identificar correlações lineares entre parâmetros da água dos aquíferos Rio da Batateira e Missão Velha.

De acordo com Serra *et al.* (2003), no Sistema Aquífero dos Gabros de Beja, em Portugal, a poluição das águas subterrâneas derivada do nitrato tem sua origem relacionada a agricultura.

Segundo Larocque (1998), no setor de planície de Piemonte (norte da Itália), existe contaminação por nitrato de um aquífero confinado. Nesta região, foram observadas correlações entre profundidade do lençol freático, o uso da terra e a entrada de nitrogênio no solo com as concentrações de nitrato. É importante notar que questões físicas, como a profundidade do lençol freático, também abre margem para se realizar correlações.

Enfim, os relatos supracitados justificam e dão aparato real para a condução deste estudo dos quatro aquíferos em questão. Sendo assim, o objetivo do artigo é estudar as correlações lineares entre parâmetros de qualidade das águas subterrâneas dos aquíferos Guarani e Bauru na porção paulista.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do Sistema Aquífero Bauru e Guarani

O Sistema Aquífero Bauru (SAB) possui uma extensa área no território brasileiro. Se tratando do estado de São Paulo, o aquífero é responsável por quase metade de seu território. O SAB é classificado como um aquífero livre e semi-confinado, possuindo espessura média de 100 m (CAMPOS, 1993). O Sistema Aquífero Bauru possui seus limites a oeste e noroeste do rio Paraná, passando à sul do rio Paranapanema e indo até ao norte do rio Grande, ao qual possui áreas de afloramento da Formação Serra Geral na região leste (FERNANDES, 1998).

O SAB possui em sua constituição rochas dos grupos Bauru e Caiuá, ao qual a sedimentação ocorreu em condições essencialmente desérticas e em condições de clima semiárido com presença de água, o que gera heterogeneidade litológica (CETESB, 2013).

Segundo o DAEE (1976), o SAB é considerado moderadamente permeável porque possui uma elevada quantidade de material argiloso e siltoso em sua composição. Estas características hidráulicas permitem facilidade na sua exploração, com poços relativamente rasos: de 75 m a 125 m de profundidade.

Já o Sistema Aquífero Guarani (SAG), segundo dados da CETESB (2016), corresponde ao maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do

mundo. Este se encontra na região centro-leste da América do Sul e envolve os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A profundidade média do aquífero Bauru é de 1800 m (CPRM, 2007).

O SAG corresponde a 76% do território do estado de São Paulo e este aflora cerca de 17.700 km², de Rifaina, ao norte, até Fartura, ao sul, atravessando a Região de Ribeirão Preto até Botucatu (IRITANI; EZAKI, 2009). Nesta porção aflorante, a espessura média atinge aproximadamente 100 metros. O aquífero possui como características de seu solo granular: Homogêneo, regionalmente livre à predominantemente confinado, composto por arenitos de granulação média à fina, depositados em ambiente flúvio-lacustre e eólico, e sua constituição é da formação pirambóia. O aquífero também possui arenitos eólicos da Formação Botucatu, com granulação de média à fina, muito bem selecionada e apresentando em sua maioria o formato esférico (CETESB, 2016).

3.2 Caracterização dos dados e área de estudo

O presente estudo consistiu na análise dos dados técnicos trienais (2013-2015) de qualidade de água subterrânea provenientes da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2016), e os aquíferos compreendidos neste estudo são o Sistema Aquífero Bauru e o Sistema Aquífero Guarani.

Apesar dos dados trienais, optou-se por se trabalhar apenas com os dados mais recentes de 2015. Assim, no Sistema Aquífero Bauru foram observadas amostras semestrais de água de 88 poços em 2015. Já no aquífero Guarani foram monitorados 54 poços em 2015. Destaca-se que, apesar desses números de poços em cada período/aquífero, nem sempre haviam a mesma quantidade de dados para os diferentes parâmetros analisados (lacunas).

As análises foram realizadas em dois períodos distintos: final do período das águas (geralmente março e abril); final do período seco (geralmente agosto e setembro). Assim, as análises consideraram os períodos secos e chuvosos.

Neste estudo não foram considerados os dados coletados na rede de monitoramento piezométrico. Por outro lado, considerando que durante o período analisado há lacunas de dados (dados não coletados) e pensando em manter uma certa consistência dos dados, foram analisados apenas os parâmetros que apresentaram no mínimo 30 registros em cada período, salvo exceções.

3.3. Análise de dados

Os parâmetros estudados foram Alcalinidade Bicarbonato (A. B.), Alumínio (Al), Arsênio (As) Cloreto, Condutividade Elétrica (C. E), Dureza Total (D.T.), Nitrogênio Nitrato (NO_3^-), pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Totais, Temperatura, Bário (Ba), Boro (B), Cálcio (Ca), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Crômio Total (Cr), Estrôncio (Sr), Cobalto (Co), Ferro (Fe), Lítio (Li), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Potássio (K), Sódio (Na), Titânio (Ti), Urânio (U), Vanádio (V) e Zinco (Zn).

Para cada parâmetro/período estudado foi efetuada a análise estatística descritiva clássica, sendo que estes dados foram coletados do site da CETESB dos aquíferos analisados, ao qual estes dados foram todos filtrados. A análise estatística descritiva foi feita através do software Excel.

Nesta etapa inicial foram calculadas as médias, valores máximos e mínimos, desvio padrão, coeficiente de variação, curtose e assimetria.

Em seguida, foi montada a matriz de correlação de Pearson, também por meio do software Excel, com o objetivo de avaliar as interações entre atributos e assim selecionar candidatos para a modelagem de regressões de interesse para as combinações duas a duas entre os parâmetros estudados.

Tendo em vista o período com maior quantidade de dados disponíveis para todos os parâmetros, nesta etapa foram consideradas apenas os dados de 2015. A etapa de modelagem consistiu na análise do melhor modelo matemático de ajuste entre os pares de atributos estudados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estatística descritiva dos dados

Na Tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados da análise estatística descritiva para os parâmetros de qualidade da água no Sistema Aquífero Bauru.

Tabela 1 - Análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAB (2015).

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Alcalinidade Bicarbonato (µg L ⁻¹)									
Al B 15_1 ₍₁₀₀₎	77,44	77,5	3,31	234	OC*	48,02	62,01	1,41	0,89
Al B 15_2 ₍₉₈₎	73,61	73	2,62	251	OC*	48,95	66,50	2,20	1,06
Cloreto (µg L ⁻¹)									
Cl- 15_1 ₍₅₉₎	8,41	5,03	0,49	105	0	14,56	173,12	34,27	5,38
Cl- 15_2 ₍₅₂₎	8,99	6,2	1,01	101	0	15,06	167,46	28,27	4,93
Condutividade Elétrica (µS cm L ⁻¹)									
C E 15_1 ₍₁₁₀₎	191,41	173	10,5	864	OC*	130,05	67,94	6,58	1,87
C E 15_2 ₍₈₉₎	180,77	172,7	7,3	776	OC*	126,54	69,99	4,83	1,63
Dureza Total (µg L ⁻¹)									
D T 15_1 ₍₁₀₆₎	71,42	59,7	1,48	294	OC*	60,47	84,67	2,50	1,46
D T 15_2 ₍₁₀₆₎	68,15	58,5	1,85	267	OC*	57,84	84,85	1,97	1,33
pH									
pH 15_1 ₍₁₁₀₎	6,83	6,83	4,33	9,84	OC*	1,17	17,08	-0,06	0,26
pH 15_2 ₍₁₀₉₎	6,81	6,9	4,29	9,86	OC*	1,25	18,32	-0,17	0,05
Sólidos Dissolvidos Totais (µg L ⁻¹)									
SDT 15_1 ₍₉₆₎	182,06	161	43	788	0	93,72	51,48	18,48	3,42
SDT 15_2 ₍₈₃₎	184,34	166	56	608	0	83,30	46,27	7,66	2,33
Sólidos Totais (µg L ⁻¹)									
ST 15_1 ₍₉₇₎	197,17	178	28	798	OC*	98,12	49,76	28	798
ST 15_2 ₍₈₈₎	191,23	175	68	630	OC*	86,42	45,19	8,53	2,46
Temperatura (C°)									
TE 15_1 ₍₁₁₀₎	25,42	25,3	23,31	29,18	OC*	1,04	4,10	1,32	0,66
TE 15_2 ₍₁₀₉₎	25,71	25,5	22,3	32,72	OC*	1,47	5,72	8,12	2,09
Bário (µg L ⁻¹)									
Ba 15_1 ₍₁₁₀₎	261,95	170	1	5410	4	529,02	201,95	83,91	8,65
Ba 15_2 ₍₁₀₉₎	254,76	170	1	4800	6	477,17	187,31	77,61	8,21

<i>ST 15_1</i> ₍₅₁₎	126,84	115	50	316	OC*	59,13	46,61	1,10	1,08
<i>ST 15_2</i> ₍₄₄₎	132,23	120	52	338	OC*	61,52	46,53	1,92	1,29
Temperatura (C°)									
<i>TP 15_1</i> ₍₅₃₎	27,64	26,5	21,7	44,5	OC*	3,95	14,30	5,25	1,79
<i>TP 15_2</i> ₍₅₄₎	27,92	26,75	22,2	44,8	OC*	4,22	15,10	4,90	1,81
Bário ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
<i>Ba 15_1</i> ₍₄₇₎	58,11	33	1	770	1	113,40	195,17	35,33	5,63
<i>Ba 15_2</i> ₍₄₉₎	55,96	30	1	710	1	103,38	184,75	34,74	5,53

Tabela 4 - Análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAG - 2015.

Medidas da Estatística Descritiva									
Parâmetro ^(a)	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Variação (%)	Coeficiente	
			Min.	Max.				Curtose	Assimetria
Cálcio (µg L ⁻¹)									
Ca 15_1 ⁽⁵⁰⁾	12,03	8,34	0,56	49	OC*	10,03	91,13	0,98	1,05
Ca 15_2 ⁽⁵¹⁾	11,68	8,46	0,69	50,9	OC*	10,96	93,87	1,61	1,19
Chumbo (µg L ⁻¹)									
Pb 15_1 ⁽²⁶⁾	0,50	0,14	0,05	6,07	0	1,22	242,34	19,11	4,25
Pb 15_2 ⁽²⁸⁾	0,29	0,14	0,06	2,16	0	0,46	158,66	11,37	3,37
Cobre (µg L ⁻¹)									
Cu 15_1 ⁽⁴⁴⁾	1,91	0,89	0,22	24,1	0	3,67	191,93	32,49	5,39
Cu 15_2 ⁽⁴⁶⁾	1,68	1,01	0,22	8,53	0	1,65	98,11	5,56	2,07
Crômio Total (µg L ⁻¹)									
Cr 15_1 ⁽⁵⁰⁾	3,50	1,89	0,24	40,1	0	5,95	169,94	30,12	5,07
Cr 15_2 ⁽⁴⁹⁾	3,35	1,86	0,52	34,6	0	5,17	154,51	28,62	4,91
Estrôncio (µg L ⁻¹)									
Sr 15_1 ⁽⁵³⁾	100,66	63	7	750	OC*	134,85	133,97	13,70	3,42
Sr 15_2 ⁽⁵⁴⁾	102,22	70	7	790	OC*	131,87	129,01	15,19	3,47
Cobalto (µg L ⁻¹)									
Co 15_1 ⁽³⁶⁾	0,23	0,03	0,01	1,99	SEM	0,46	197,22	7,84	2,83
Co 15_2 ⁽⁴³⁾	0,21	0,03	0,01	2,14	SEM	0,43	203,82	11,72	3,30
Ferro (µg L ⁻¹)									
Fe 15_1 ⁽²⁷⁾	23,56	3,36	2,03	448	1	85,32	362,16	26,31	5,10
Fe 15_2 ⁽¹¹⁾	72,06	6,27	2,01	652	1	193,41	268,38	10,67	3,25
Lítio (µg L ⁻¹)									
Li 15_1 ⁽⁵²⁾	2,60	1,42	0,24	17,4	SEM	3,56	137,03	8,71	2,89
Li 15_2 ⁽⁵⁴⁾	2,66	1,42	0,28	16	SEM	3,57	134,27	7,25	2,71
Magnésio (µg L ⁻¹)									
Mg 15_1 ⁽⁴⁹⁾	2,31	1,91	0,28	6,6	OC*	1,71	73,93	-0,03	0,86
Mg 15_2 ⁽⁵⁰⁾	2,28	1,71	0,28	6,9	OC*	1,74	76,48	0,27	0,94
Manganês (µg L ⁻¹)									
Mn 15_1 ⁽²⁰⁾	12,25	1,26	0,12	161	1	35,76	291,83	18,10	4,19
Mn 15_2 ⁽²⁵⁾	7,26	1,04	0,11	76,7	0	16,13	222,25	15,23	3,72
Níquel (µg L ⁻¹)									
Ni 15_1 ⁽⁴¹⁾	0,46	0,35	0,1	2,26	0	0,42	91,86	11,39	3,20
Ni 15_2 ⁽⁴⁶⁾	0,56	0,48	0,11	2,12	0	0,38	67,51	7,65	2,47
Potássio (µg L ⁻¹)									
K 15_1 ⁽⁵³⁾	3,07	2,83	0,19	9,11	OC*	2,08	67,87	0,84	0,94
K 15_2 ⁽⁵⁴⁾	3,08	2,85	0,2	8,79	OC*	2,08	67,64	0,48	0,80
Sódio (µg L ⁻¹)									
Na 15_1 ⁽⁵³⁾	12,32	3,11	0,12	110	0	22,82	185,23	7,78	2,81
Na 15_2 ⁽⁵⁴⁾	13,68	3,48	0,16	104	0	24,38	178,26	4,99	2,42
Titânio (µg L ⁻¹)									
Ti 15_1 ⁽⁵³⁾	1,70	1,53	0,62	5,64	OC*	0,86	50,58	7,09	1,93

Ti 15_2₍₅₄₎ 2,19 2,03 0,61 6,14 OC* 1,12 51,21 1,95 1,09

Tabela 5 - Análise estatística descritiva clássica para alguns parâmetros da qualidade de água do SAG – 2015 (Conclusão).

Parâmetro ^(a)	Medidas da Estatística Descritiva								
	Média	Mediana	Valor		n.P. > Limite ^(b)	Desvio Padrão	Coeficiente		
			Min.	Max.			Variação (%)	Curtose	Assimetria
Urânio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
U 15_1 ⁽⁴²⁾	0,15	0,02	0,01	2,8	0	0,45	299,40	31,71	5,38
U 15_2 ⁽⁴³⁾	0,14	0,03	0,01	2,61	0	0,41	290,80	33,53	5,55
Vanádio ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
V 15_1 ⁽⁴⁶⁾	7,64	2,89	0,41	68,2	2	13,30	174,04	12,74	3,45
V 15_2 ⁽⁵⁰⁾	7,75	3,49	0,21	65,3	2	12,95	167,12	12,51	3,41
Zinco ($\mu\text{g L}^{-1}$)									
Zn 15_1 ⁽³⁷⁾	4,98	2,05	0,5	33,7	0	7,56	151,67	8,85	2,93
Zn 15_2 ⁽³⁷⁾	7,11	3,23	0,78	75	0	13,79	193,91	16,81	3,86

^(a) Parâmetros analisados, seguidos do respectivo ano e semestre, sendo o valor entre parênteses o número de observações no período;

^(b) n.P. > Limite = número de poços de monitoramento que apresentaram valores acima do Valor Máximo Permitido (VMP); OC* = órgãos competentes responsáveis deverão monitorar; SEM = Respetivo parâmetro está presente na RESOLUÇÃO CONAMA no 396/08 porém não apresenta um limite.

Já no aquífero Guarani em 2015 os parâmetros Bário, Vanádio, Manganês e Ferro apresentaram valores acima do permitido, recebendo a classificação de “muito alto” do coeficiente de variação.

4.2 Correlação linear e linha de tendência (Sistema Aquífero Bauru)

Na Tabela 6 e 7 são apresentadas as matrizes de correlação de Pearson entre alguns parâmetros da qualidade das águas do Sistema Aquífero Bauru para o primeiro e segundo semestre de 2015.

Tabela 6 – Correlação Linear entre os parâmetros da água do SAB (1º Sem./2015)

	Alc_B	Cloreto	CE	Dur_T	Nitrato	pH	SDT	ST	Temp	Alum	Arsê	Bário	Boro	Cálcio	Chumbo	Cobalto	Cobre	Crômio T	Estrôncio	Ferro	Lítio	Magnés	Mangan	Níquel	Potássio	Sódio	Titânio	Urânio	Vanádio
Cloreto (mg/L)	0,237																												
CE (µS/cm)	0,808	0,650																											
Dur_T (mg/L)	0,803	0,455	0,841																										
Nitrato (mg/L)	0,008	0,608	0,515	0,389																									
pH	0,442	-0,202	0,455	0,041	-0,115																								
SDT (mg/L)	0,674	0,579	0,916	0,755	0,530	0,176																							
ST (mg/L)	0,584	0,741	0,648	0,750	0,617	0,122	0,842																						
Temperatura (°C)	-0,056	0,076	0,188	0,151	0,395	-0,004	0,140	0,324																					
Alumínio (µg/L)	-0,153	0,026	-0,266	0,054	-0,095	-0,266	0,210	0,084	-0,244																				
Arsênio (µg/L)	0,204	0,403	0,103	0,110	-0,007	0,149	0,007	0,095	-0,100	-0,173																			
Bário (µg/L)	0,385	0,626	0,544	0,573	0,604	-0,163	0,359	0,493	0,127	-0,101	0,070																		
Boro (µg/L)	-0,157	-0,172	0,086	-0,345	-0,003	0,556	0,071	-0,002	-0,023	0,141	-0,023	-0,307																	
Cálcio (mg/L)	0,811	0,569	0,838	0,912	0,332	0,060	0,756	0,741	0,160	0,047	0,141	0,507	-0,340																
Chumbo (µg/L)	-0,068	-0,246	-0,155	0,025	-0,067	-0,203	-0,021	-0,011	0,001	0,404	-0,083	-0,145	0,093	0,019															
Cobalto (µg/L)	-0,436	-0,003	-0,350	-0,348	-0,091	-0,513	-0,233	-0,181	0,042	0,134	-0,119	-0,027	-0,161	-0,392	0,033														
Cobre (µg/L)	-0,084	0,173	-0,200	-0,255	-0,145	-0,292	-0,200	-0,227	-0,030	-0,058	0,057	-0,033	-0,094	-0,214	-0,162	0,303													
Crômio Total (µg/L)	0,150	-0,156	0,260	0,017	0,094	0,596	0,159	0,092	0,117	-0,213	0,110	-0,189	0,474	0,007	-0,201	-0,289	-0,227												
Estrôncio (µg/L)	0,613	0,140	0,546	0,546	0,133	0,297	0,385	0,350	0,038	-0,104	0,081	0,291	-0,098	0,324	-0,101	-0,280	-0,047	0,219											
Ferro (µg/L)	-0,125	0,150	-0,257	-0,105	0,028	-0,337	0,028	0,029	-0,172	0,739	-0,101	-0,164	-0,228	-0,134	0,292	0,355	-0,040	-0,130	-0,184										
Lítio (µg/L)	0,608	0,427	0,543	0,546	0,209	0,285	0,424	0,456	0,016	-0,102	0,183	0,367	-0,248	0,531	-0,258	-0,289	-0,182	0,101	0,519	-0,253									
Magnésio (mg/L)	0,661	0,570	0,845	0,861	0,656	0,205	0,784	0,789	0,244	-0,114	0,036	0,678	-0,245	0,790	-0,186	-0,284	-0,255	0,180	0,508	-0,177	0,579								
Manganês (µg/L)	-0,338	-0,059	-0,282	-0,225	-0,136	-0,515	0,018	-0,008	0,006	0,391	-0,118	-0,105	-0,007	-0,276	0,227	0,536	-0,012	-0,239	-0,178	0,574	-0,201	-0,224							
Níquel (µg/L)	-0,349	0,201	-0,105	-0,146	0,226	-0,518	-0,032	0,008	0,119	-0,030	-0,038	0,314	-0,028	-0,282	-0,053	0,649	0,409	-0,203	-0,277	0,052	-0,215	0,024	0,375						
Potássio (µg/L)	-0,010	0,474	0,224	0,297	0,468	-0,413	0,201	0,317	0,157	-0,052	-0,015	0,616	-0,479	0,290	-0,151	0,066	0,177	-0,158	-0,077	-0,214	0,134	0,408	-0,138	0,536					
Sódio (mg/L)	0,113	0,150	0,274	-0,142	0,093	0,678	0,016	0,086	-0,032	-0,264	-0,008	-0,182	0,665	-0,160	-0,170	-0,191	-0,080	0,535	0,205	-0,197	0,135	-0,058	-0,201	-0,243	-0,454				
Titânio (µg/L)	0,242	0,129	0,335	0,371	0,162	0,084	0,323	0,387	0,212	0,577	-0,011	0,219	-0,243	0,372	0,221	-0,172	-0,144	0,057	0,149	0,117	0,320	0,414	-0,091	-0,082	0,329	-0,164			
Urânio (µg/L)	0,437	0,054	0,331	0,247	-0,052	0,412	0,252	0,211	-0,144	0,085	0,086	-0,089	0,415	0,202	0,097	-0,164	-0,077	0,377	0,514	0,211	0,307	0,236	0,055	-0,257	-0,365	0,499	-0,055		
Vanádio (µg/L)	0,044	-0,258	0,073	-0,283	-0,160	0,713	-0,071	-0,103	-0,004	-0,294	0,093	-0,303	0,609	-0,298	-0,209	-0,224	-0,185	0,494	0,110	-0,099	-0,018	-0,181	-0,162	-0,329	-0,571	0,757	-0,231	0,357	
Zinco (µg/L)	0,147	-0,026	-0,038	0,277	-0,077	-0,256	0,001	-0,061	0,090	0,070	-0,023	0,098	-0,221	0,106	0,162	0,248	0,303	-0,069	0,303	0,097	0,159	0,040	0,209	0,335	0,156	0,053	-0,030	0,136	-0,139

**Coeficiente de correlação: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

Tabela 7 – Correlação Linear entre os parâmetros da água do SAB (2º Sem./2015)

	Alc_B	Cloreto	CE	Dur_T	Nitrato	pH	SDT	ST	Temp	Alum	Arsên	Bário	Boro	Cálcio	Chumbo	Cobalto	Cobre	Crômio T	Estrôncio	Ferro	Lítio	Magné	Mangan	Níquel	Potássio	Sódio	Titânio	Urânio	Vanádio
Cloreto (mg/L)	0,264																												
CE (µS/cm)	0,624	0,584																											
Dur_T (mg/L)	0,838	0,497	0,686																										
Nitrato (mg/L)	-0,028	0,658	0,480	0,375																									
pH	0,498	-0,015	0,460	0,133	-0,119																								
SDT (mg/L)	0,599	0,648	0,527	0,703	0,480	0,043																							
ST (mg/L)	0,625	0,702	0,708	0,789	0,625	0,095	0,964																						
Temperatura (°C)	-0,021	-0,207	0,070	0,070	0,020	-0,031	-0,132	-0,127																					
Alumínio (µg/L)	-0,318	-0,048	-0,127	-0,043	0,185	-0,236	0,327	-0,015	-0,079																				
Arsênio (µg/L)	-0,104	0,267	0,022	-0,192	0,235	0,315	-0,037	-0,080	-0,072	0,152																			
Bário (µg/L)	0,394	0,581	0,384	0,624	0,632	-0,073	0,489	0,499	0,018	0,049	0,021																		
Boro (µg/L)	-0,136	0,058	-0,103	-0,378	-0,169	0,525	-0,079	-0,162	-0,169	-0,143	0,513	-0,346																	
Cálcio (mg/L)	0,833	0,513	0,618	0,963	0,295	0,160	0,691	0,714	0,054	-0,080	-0,173	0,567	-0,355																
Chumbo (µg/L)	-0,286	-0,059	-0,122	0,006	0,211	-0,337	-0,080	-0,093	0,157	0,432	-0,031	0,062	-0,221	-0,095															
Cobalto (µg/L)	-0,413	-0,026	-0,341	-0,340	0,114	-0,503	0,059	-0,079	0,080	0,177	-0,015	-0,010	-0,203	-0,360	0,093														
Cobre (µg/L)	-0,259	0,104	-0,277	-0,221	-0,001	-0,329	0,099	-0,183	-0,144	0,032	-0,201	-0,093	-0,131	-0,282	-0,013	0,341													
Crômio Total (µg/L)	0,209	-0,066	0,264	0,026	0,038	0,556	0,080	0,136	0,054	-0,158	0,293	-0,174	0,394	0,061	-0,181	-0,304	-0,306												
Estrôncio (µg/L)	0,617	0,093	0,342	0,572	0,074	0,347	0,317	0,320	-0,002	-0,157	-0,039	0,285	-0,145	0,513	-0,023	-0,276	-0,156	0,239											
Ferro (µg/L)	-0,198	-0,093	-0,026	-0,037	0,213	-0,164	-0,033	-0,013	0,122	0,156	0,177	-0,174	-0,077	0,546	0,071	-0,027	-0,010	-0,090											
Lítio (µg/L)	0,539	0,479	0,499	0,538	0,297	0,310	0,275	0,370	-0,023	-0,046	0,117	0,331	-0,280	0,492	-0,103	-0,252	-0,247	0,103	0,468	-0,107									
Magnésio (mg/L)	0,703	0,560	0,669	0,914	0,558	0,288	0,667	0,774	0,075	-0,017	-0,079	0,676	-0,322	0,818	-0,143	-0,270	-0,291	0,185	0,494	-0,032	0,539								
Manganês (µg/L)	-0,374	-0,059	-0,267	-0,223	0,241	-0,491	0,068	-0,062	0,102	0,359	0,336	-0,074	-0,276	-0,247	0,538	0,491	-0,011	-0,255	-0,225	0,161	-0,196	-0,236							
Níquel (µg/L)	-0,364	0,038	-0,158	-0,150	0,404	-0,491	0,055	0,097	0,040	0,174	-0,124	0,252	-0,215	-0,244	0,230	0,709	0,372	-0,213	-0,286	0,242	-0,234	0,009	0,317						
Potássio (mg/L)	-0,102	0,382	0,240	0,265	0,584	-0,312	0,180	0,240	0,106	0,183	-0,079	0,534	-0,424	0,228	0,158	0,096	0,044	-0,065	-0,111	0,266	0,128	0,384	-0,091	0,486					
Sódio (µg/L)	0,145	0,110	0,259	-0,124	0,030	0,664	0,097	0,067	-0,081	-0,129	0,385	-0,188	0,643	-0,151	-0,128	-0,206	-0,172	0,562	0,182	-0,090	0,103	-0,067	-0,185	-0,291	-0,419	-0,116			
Titânio (µg/L)	0,354	-0,008	0,240	0,488	0,191	0,253	0,334	0,231	0,32	0,107	-0,101	0,283	-0,237	0,468	-0,093	-0,299	-0,298	0,223	0,261	0,035	0,422	0,552	-0,269	-0,096	0,404	-0,116			
Urânio (µg/L)	0,411	0,043	0,221	0,48	-0,049	0,468	0,166	0,161	-0,107	-0,138	0,273	-0,043	0,288	0,171	-0,117	-0,243	-0,145	0,988	0,580	-0,192	0,355	0,289	-0,255	-0,323	-0,240	0,529	0,151		
Vanádio (µg/L)	0,095	-0,158	0,094	-0,263	-0,226	0,729	0,036	-0,033	-0,057	-0,124	0,265	0,317	0,696	-0,259	-0,239	-0,216	-0,238	0,560	0,088	-0,129	0,018	-0,144	-0,190	-0,359	-0,548	0,856	-0,220	0,365	
Zinco (µg/L)	0,114	-0,011	0,076	0,263	0,043	-0,203	0,038	0,067	0,178	-0,044	0,186	0,118	0,077	0,128	0,417	0,138	0,358	-0,088	0,330	0,319	0,011	-0,067	0,011	0,261	-0,076	-0,056	-0,122	0,079	-0,088

como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e o magnésio. Sendo assim, a condutividade elétrica está diretamente ligada ao magnésio.

A Dureza Total também é chamada de água dura, sendo que é aquela que contém um alto nível minerais e tem quantidades variáveis de compostos, principalmente sais de magnésio e cálcio. Eles são a causa da dureza da água, e o grau de dureza é diretamente proporcional à concentração desses sais (ZAMORA, 2009).

Como dito por Sharma e Chhipa (2016), condutividade elétrica está diretamente relacionado à sais dissolvidos em água.

Figura 1 – Linha de Tendência entre a Condutividade Elétrica x Sólidos Dissolvidos Totais no SAB (1º Sem./2015).

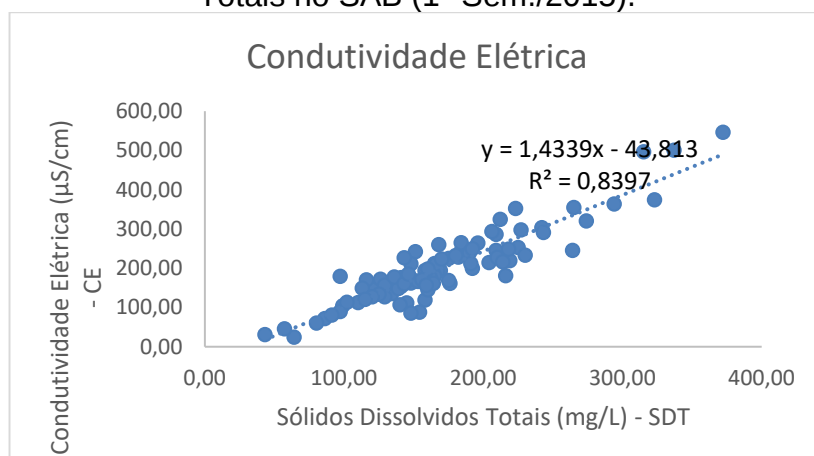


Figura 2 – Linha de Tendência entre Dureza X Cálcio no SAB (2º Sem./2015).

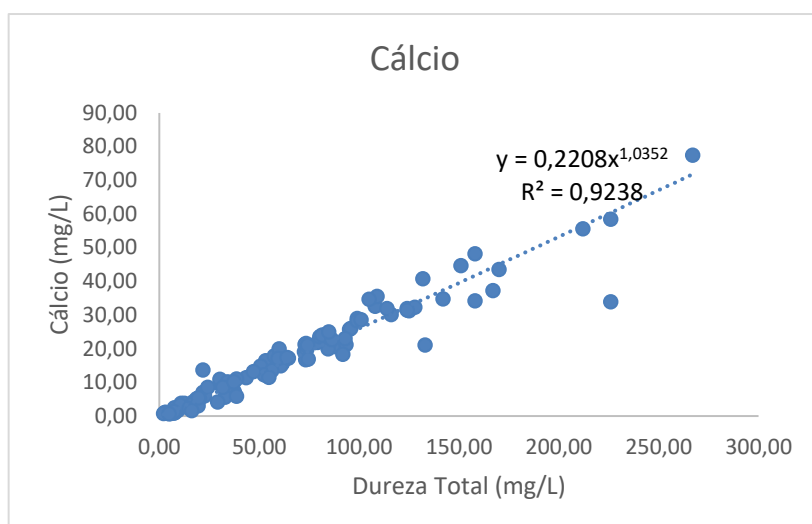
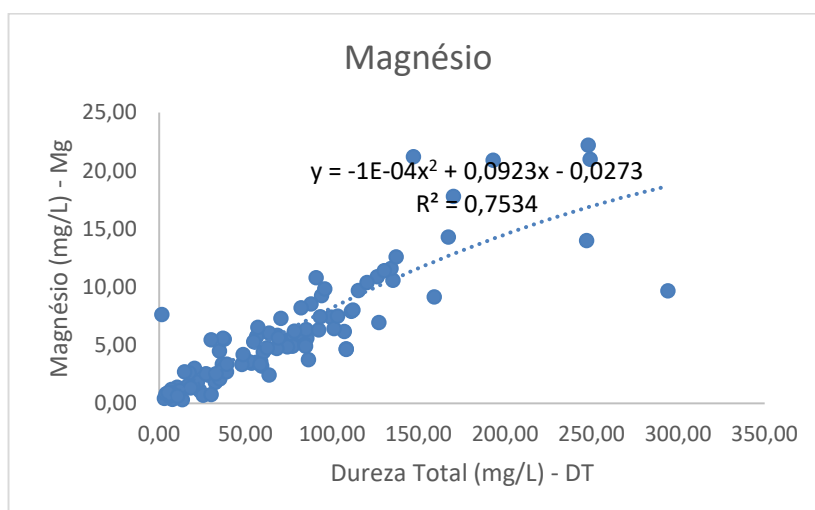


Figura 3 - Linha de Tendência entre Magnésio x Dureza Total no SAB (2º Sem./2015)



4.3 Correlação linear e linha de tendência (Sistema Aquífero Guarani)

Na Tabela 8 e 9 são apresentadas as matrizes de correlação de Pearson entre alguns parâmetros da qualidade das águas do Sistema Aquífero Guarani para o primeiro e segundo semestre de 2015.

Tabela 8 – Correlação Linear entre os parâmetros da água do SAG (1º Sem./2015)

	Alcal B	CE	Dur	pH	SDT	ST	Temp	Bário	Cálcio	Cobal	Cobre	CrômT	Estrônc	Lítio	Magnés	Níquel	Potássio	Sódio	Titânio	Urânio	Vanádio
Condutividade Elétrica (µS/cm)	0,52																				
Dureza (mg/L)	0,65	0,52																			
pH	0,45	0,83	0,26																		
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	0,39	0,89	0,39	0,61																	
Sólidos Totais (mg/L)	0,40	0,91	0,45	0,67	0,99																
Temperatura (°C)	0,42	0,65	0,23	0,64	0,40	0,47															
Bário (µg/L)	-0,39	-0,34	-0,23	-0,44	-0,23	-0,23	-0,27														
Cálcio (mg/L)	0,66	0,26	0,99	0,13	0,22	0,22	0,18	-0,25													
Cobalto (µg/L)	-0,42	-0,34	-0,41	-0,62	-0,01	-0,05	-0,37	0,16	-0,42												
Cobre (µg/L)	-0,45	-0,51	-0,46	-0,57	-0,35	-0,39	-0,37	0,14	-0,38	0,42											
CrômioTotal (µg/L)	0,34	0,62	-0,07	0,70	0,48	0,49	0,50	-0,38	-0,16	-0,39	-0,37										
Estrôncio (µg/L)	0,60	0,34	0,78	0,29	0,19	0,25	0,25	-0,27	0,74	-0,34	-0,43	-0,01									
Lítio (µg/L)	0,16	0,72	0,00	0,78	0,53	0,59	0,49	-0,37	-0,15	-0,32	-0,37	0,78	-0,03								
Magnésio (mg/L)	0,45	0,52	0,77	0,13	0,44	0,50	0,17	0,00	0,63	-0,21	-0,35	0,01	0,66	0,27							
Níquel (µg/L)	0,35	-0,05	0,04	-0,27	0,09	0,09	-0,25	0,29	0,08	0,45	0,23	-0,29	0,05	-0,23	0,08						
Potássio (mg/L)	-0,42	-0,35	0,08	-0,36	-0,45	-0,33	0,01	0,36	0,06	0,05	0,05	-0,43	0,03	-0,44	0,10	0,30					
Sódio (mg/L)	0,32	0,74	-0,20	0,77	0,62	0,65	0,55	-0,26	-0,26	-0,14	-0,28	0,85	-0,03	0,79	-0,16	-0,19	-0,47				
Titânio (µg/L)	0,11	0,31	0,46	0,18	0,16	0,27	0,14	-0,19	0,41	-0,45	-0,28	-0,01	0,29	0,01	0,37	-0,09	0,14	0,01			
Urânio (µg/L)	0,20	0,37	-0,14	0,55	0,20	0,24	0,43	-0,25	-0,17	-0,10	-0,23	0,64	-0,02	0,44	-0,23	-0,14	-0,40	0,74	-0,01		
Vanádio (µg/L)	0,42	0,62	0,14	0,61	0,54	0,53	0,53	-0,47	0,07	-0,22	-0,32	0,69	0,25	0,57	0,35	-0,37	-0,49	0,62	-0,10	0,12	
Zinco (µg/L)	-0,07	-0,27	-0,14	-0,29	0,00	0,04	-0,22	0,12	-0,03	0,30	0,31	-0,24	-0,10	-0,27	-0,09	0,38	0,19	-0,18	-0,10	-0,03	-0,19

**Coeficiente de correlação: Verde = $r > 0,900$; Azul = $0,900 > r > 0,800$; Amarelo = $0,800 > r > 0,700$.

Tabela 9 – Correlação Linear entre os parâmetros da água do SAG (1º Sem./2015)

	Alcali B	CE	Durez	pH	SDT	ST	Temp	Bário	Cálcio	Cobal	Cobre	CrômT	Estrôn	Lítio	Magné	Níquel	Potássio	Sódio	Titânio	Urânio	Vanádi
Condutividade Elétrica (µS/cm)	0,53																				
Dureza (mg/L)	0,62	0,28																			
pH	0,43	0,84	0,11																		
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	0,30	0,91	-0,08	0,70																	
Sólidos Totais (mg/L)	0,39	0,93	0,05	0,73	0,98																
Temperatura (°C)	0,42	0,65	0,12	0,64	0,50	0,44															
Bário (µg/L)	-0,36	-0,39	-0,21	-0,46	-0,30	-0,45	-0,27														
Cálcio (mg/L)	0,66	0,26	0,99	0,10	-0,04	0,09	0,10	-0,23													
Cobalto (µg/L)	-0,33	-0,31	-0,38	-0,49	-0,25	-0,19	-0,46	0,27	-0,33												
Cobre (µg/L)	-0,20	-0,26	-0,27	-0,38	-0,12	-0,10	-0,16	0,45	-0,30	0,48											
CrômioTotal (µg/L)	0,27	0,55	-0,18	0,67	0,63	0,65	0,47	-0,43	-0,18	-0,29	-0,17										
Estrôncio (µg/L)	0,58	0,30	0,81	0,24	-0,11	0,01	0,19	-0,29	0,76	-0,25	-0,25	-0,04									
Lítio (µg/L)	0,24	0,73	-0,19	0,76	0,57	0,63	0,63	-0,31	-0,20	-0,24	-0,21	0,64	-0,03								
Magnésio (mg/L)	0,40	0,41	0,80	0,10	0,11	0,24	0,12	-0,01	0,68	-0,17	-0,02	-0,05	0,71	-0,11							
Níquel (µg/L)	0,25	0,23	0,23	-0,12	0,30	0,36	-0,18	0,15	0,32	0,67	0,00	-0,18	0,07	0,02	0,21						
Potássio (mg/L)	-0,35	-0,35	0,16	-0,38	-0,60	-0,60	-0,05	0,37	0,10	0,09	0,03	-0,44	0,09	-0,47	0,16	-0,08					
Sódio (mg/L)	0,15	0,82	-0,30	0,79	0,81	0,80	0,60	-0,32	-0,31	-0,10	-0,11	0,74	-0,17	0,84	-0,22	0,02	-0,50				
Titânio (µg/L)	0,22	0,45	0,46	0,29	0,28	0,36	0,18	-0,21	0,41	-0,39	-0,27	0,08	0,35	0,22	0,40	-0,03	0,08	0,16			
Urânio (µg/L)	0,31	0,54	-0,13	0,62	0,65	0,66	0,36	-0,28	-0,11	-0,09	-0,29	0,61	0,00	0,56	-0,18	-0,08	-0,40	0,68	0,17		
Vanádio (µg/L)	0,40	0,64	0,11	0,65	0,49	0,53	0,61	-0,48	0,09	-0,28	-0,12	0,65	0,25	0,56	0,34	-0,10	-0,44	0,60	0,04	0,18	
Zinco (µg/L)	0,24	0,20	0,34	0,02	0,08	0,13	-0,20	0,03	0,37	-0,02	-0,10	-0,11	0,12	-0,04	0,18	0,28	-0,02	-0,03	0,35	-0,19	-0,15

Nas Figuras 4, 5 e 6 são apresentados os gráficos de linha de tendência resultante do teste de modelagem entre os parâmetros de qualidade de água que apresentaram as maiores correlações.

Como a condutividade elétrica está relacionada à liberação de sais, a Alcalinidade Bicarbonato pode elevar a solidificação do solo e diminuir a concentração de cálcio e magnésio (MAIA, LACERDA; 2012). Como dito por Sharma e Chhipa (2016), condutividade elétrica está diretamente relacionado à sais dissolvidos em água.

O cálcio interfere na Dureza da água porque dificulta essa água para fazer sabão – espuma – por exemplo, e a alcalinidade consiste em uma substância capaz de neutralizar ácidos, ao qual em águas de minas a alcalinidade se relaciona aos carbonatos e aos bicarbonatos de cálcio (GOMES, 2009).

Figura 4 – Linha de Tendência entre Cálcio x Dureza Total no SAG (1º Sem./2015)

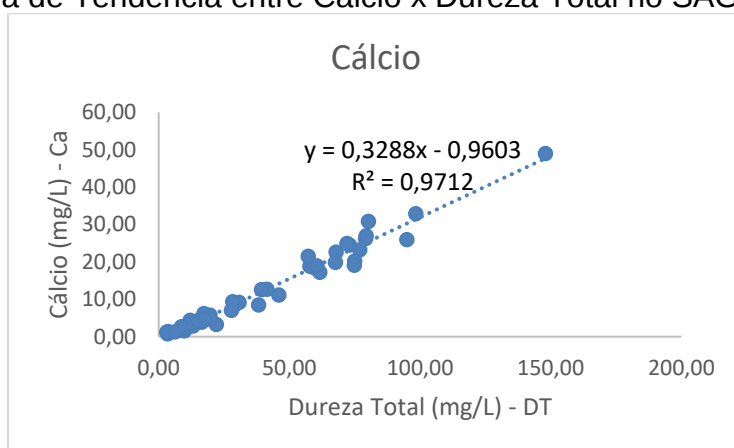


Figura 5 – Linha de Tendência entre Condutividade Elétrica x Dureza Total no SAG (2º Sem./2015)

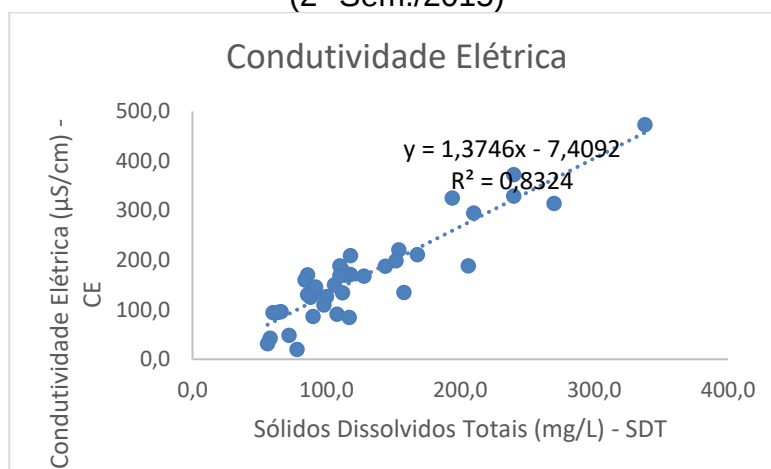
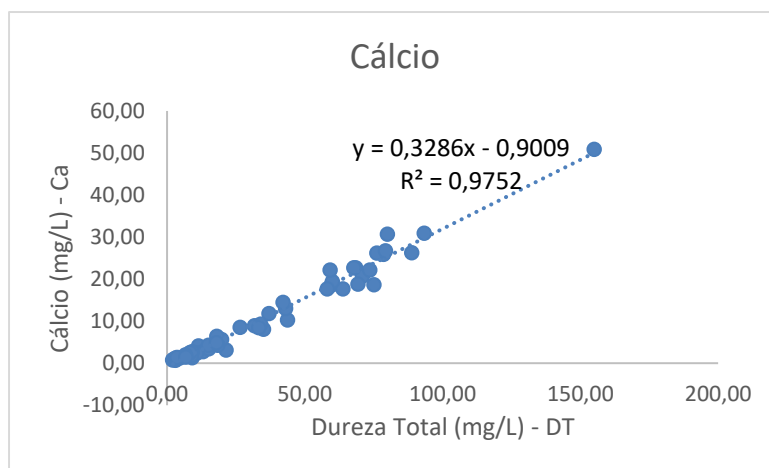


Figura 6 – Linha de Tendência entre Cálcio x Dureza Total no SAG (2º Sem./2015)



5. CONCLUSÕES

As concentrações de Sólidos Dissolvidos Totais são grandes ao longo de todos os aquíferos estudados nesta pesquisa, demonstrando uma alta variabilidade dos dados.

O aquífero Bauru apresentou um número considerável de poços onde as concentrações do Nitrato estavam em níveis acima do máximo permitido (15 amostras).

Já o Aquífero Pré-Cambriano possui grandes concentrações de Ferro (91 amostras ao longo dos 3 anos).

Por fim, o Aquífero Guarani sofre com o Bário em excesso, contendo 190 amostras nos 3 anos. Este parâmetro encaminha para águas subterrâneas através da lixiviação, sendo assim sua contaminação pelo solo se dá através do manuseio de produtos, decomposição inapropriada de resíduos ou por atividades agropecuárias indevidas.

A estatística descritiva indicou que os Aquíferos Bauru, Pré-Cambriano, Serra Geral e Guarani apresentaram coeficientes de variação (CV) considerados baixos,

médios e muito altos, sendo que nenhum aquífero apresentou CV baixo, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (2002).

Do ponto de vista das correlações, as melhores interações no SAB foram observadas entre Os Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, os Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais em 2015-1 e em 2015-2 foram o Cálcio e a Dureza Total, Magnésio e a Dureza Total, Sólidos Totais e os Sólidos Dissolvidos Totais. Por fim no SAG as correlações principais em 2015-1 são Sólidos Totais e Condutividade Elétrica, Cálcio e Dureza Total, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais, e em 2015-2 apresentou a correlação de Sólidos Dissolvidos Totais e a Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e a Condutividade Elétrica, Cálcio e Dureza Total, Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais.

As equações geradas a partir da modelagem podem ser utilizadas (com apreciável resposta) para estimar as concentrações dos parâmetros da qualidade de água no SAB e SAG quando houver problemas de coletas/análises em algum poço de monitoramento.

6. REFERÊNCIAS

ALLEY, W. M. The importance of monitoring to groundwater management. In: HOLLIDAY, L.; MARIN, L.; VAUX, H. Sustainable Management of Groundwater in Mexico: Proceedings of a workshop. Washington: The Nacional Academy, p. 76-85, 2007.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO N. 396, DE 03 DE ABRIL DE 2008. Classificação dos corpos de água e diretrizes

ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União nº 066, de 07/04/2008, págs. 64-68. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 06 fev. 2021.

CAMPOS, H. C. N. S. Caracterização e cartografia das províncias hidrogeoquímicas do estado de São Paulo. 1993. 177 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Poluição das águas subterrâneas no estado de São Paulo: estudo preliminar. São Paulo, 1977. 88 p.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2010-2012. São Paulo: CETESB, 2013. p. 1-241. Série Relatórios.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013-2015. São Paulo: CETESB, 2016. p. 1-308. Série Relatórios.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Aquífero Guarani, 2007. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede->

de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Aquifero-Guarani-2617.html>. Acesso em: 22 ago. 2020.

DAEE. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA. ESTUDO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Regiões administrativas 7, 8 e 9 (Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba). São Paulo: DAEE, 1976. v. 3.

FERNANDES, L. A. Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil), 1998. 216 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

GOMES, L. H. Alterações de propriedades físico-químicas da água tratada com preparados homeopáticos de carbonato de cálcio. 2009. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Filotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S.. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. 2. ed. São Paulo: Secretaria do Estado do Meio Ambiente, 2009. 104 p.

LAROCQUE, M; MANGIN, A; RAZACK, M; Contribution of correlation and spectral analyses to the regional study of a large karst aquifer (Charente, France). Journal of Hydrology,. v. 205, Issues 3 – 4, p. 217-231, 1998. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169497001558?via%3Di>hub>. Acesso em: 30 jan. 2020.

MAIA, C. E.; RODRIGUES, K. K. R. P.; LACERDA, V. da S. Relação entre Bicarbonato e Cloreto em águas para fins de irrigação. Irriga, [S. l.], v. 1, n. 01, p. 206–219, 2012. DOI: 10.15809/irriga.2012v1n01p206. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/448>. Acesso em: 5 nov. 2021.

MANZIONE, R. L. Águas Subterrâneas: Conceitos e Aplicações sob uma Visão Multidisciplinar. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. 388 p.

MENDONÇA, L. A. R.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, F. S.; FILHO, J. M. Estudo da Conexão Hidráulica dos Aquíferos Rio Da Batateira e Missão Velha por Análise Isotópica e de Condutividade Elétrica. Revista de Geologia, v. 11, p. 15-22, 1998. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/13922/1/1998_art_larmendonca.pdf>, acesso em: 16 nov. 2020.

MORAES, J. F. V; FREIRE, C. J. S. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos à inundação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia, Brasília, DF, v.9, n.9, 9:35-43, 1974.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PURVANCE, D. T.; ANDRICEVIC, R. On the electrical-hydraulic conductivity correlation in aquifers. *Water Resources Research*, [s.l.], v. 36, n. 10, p. 2905-2913, out. 2000. American Geophysical Union (AGU).

SERRA, E. M.; PARALTA, E.; NASCIMENTO, J. N.; RIBEIRO, L. F. Análise comparativa de dois índices de poluição agrícola no Sistema Aquífero dos Gabros de Beja, sector da margem esquerda do Rio Guadiana. In: *Jornadas Luso-Espanholas sobre Águas Subterrâneas no Sul da Península Ibérica*, Faro, Portugal, p. 23-27, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/476/1/33617.pdf>> Acesso em: 30 jan. 2021.

SHARMA, S.; CHHIPA, R. C. Seasonal variations of ground water quality and its agglomerates by water quality index. *Global Journal of Environmental Science Management*, Tehran, v. 1, n. 2, p. 79-86, 2016.

SILVA, R. B. G. da. Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas do aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. 1983. Tese (Doutorado em Geologia Geral e de Aplicação) - Instituto de Geociências, University of São Paulo, São Paulo, 1983. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44131/tde-28082015-135247/publico/Silva_Doutorado.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2021.

VICENTE, G. Z.; LIMA, C. G. R.; MARQUES, S. M. Variabilidade espacial e temporal do Nitrato e Cloreto no Sistema Aquífero Bauru, estado de São Paulo. *Águas Subterrâneas*, v. 32, n 3, p 295-306, 2018. Disponível em:

<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29099/18876>>.

Acesso em: 02 mar. 2020.

ZAMORA, J. R. Z. Parâmetros físico-químicos de dureza total em cálcio e magnésio, pH, condutividade e temperatura da água potável analisados em conjunto com as Associações de Administradores de Aquedutos (ASADAS), de cada distrito da Grécia, cantão de Alajuela, novembro. Pensamiento Actual, vol.9, n12-13, pp. 125-134, 2009.