

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta dissertação será
disponibilizado a partir de
19/02/2026.

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

ISADORA VITALI LOBO

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE PARÂMETROS DA QUALIDADE
DA ÁGUA NO SISTEMA AQUÍFERO BAURU E SUA CORRELAÇÃO COM OS
ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS**

Ilha Solteira
2024

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ISADORA VITALI LOBO

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE PARÂMETROS DA
QUALIDADE DA ÁGUA NO SISTEMA ÁQUIFERO BAURU E SUA
CORRELAÇÃO COM OS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – Área de Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Orientador
Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

L799v Lobo, Isadora Vitali.
Variabilidade espacial e temporal de parâmetros da qualidade da água no sistema aquífero Bauru e sua correlação com os índices pluviométricos / Isadora Vitali Lobo. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
198 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2024

Orientador: César Gustavo da Rocha Lima

Inclui bibliografia

1. Sazonalidade. 2. Geoestatística. 3. Krigagem. 4. Qualidade da água. 5. Água subterrânea.


Amanda Sertori dos Santos
Biblioteca - CRB-1001
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Em resumo, a pesquisa destaca a dinâmica dos parâmetros de qualidade da água no Sistema Aquífero Bauru, uma das principais fontes de água potável utilizada para o abastecimento e consumo humano no estado de São Paulo. As descobertas não só contribuem para o entendimento científico, mas também fornecem ferramentas práticas para a gestão sustentável da água subterrânea, como mapas com concentrações de parâmetros para locais não amostrados, e equações que possibilitam a determinação da concentração de parâmetros de qualidade mais complexos por meio de outro mais simples. Essa abordagem alinha-se com o sexto Objetivo do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, que visa garantir água potável e saneamento para todos.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The present research highlights the dynamics of water quality parameters in the Bauru Aquifer System, one of the main sources of drinking water used for water supply and human consumption in the state of São Paulo. The findings not only contribute to scientific understanding, but also provide practical tools for sustainable groundwater management, such as maps with parameter concentrations for unsampled sites, and equations that make it possible to determine the concentration of more complex quality parameters by means of simpler ones. This approach aligns with the United Nations' sixth Sustainable Development Goal, which aims to ensure safe drinking water and sanitation for all.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA NO SISTEMA AQUÍFERO BAURU E SUA CORRELAÇÃO COM OS INDÍCES PLUVIOMÉTRICOS

AUTORA: ISADORA VITALI LOBO

ORIENTADOR: CESAR GUSTAVO DA ROCHA LIMA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Engenharia Civil, área: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CESAR GUSTAVO DA ROCHA LIMA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Documento assinado digitalmente
gov.br CESAR GUSTAVO DA ROCHA LIMA
Data: 19/02/2024 11:35:40-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. JOSE AUGUSTO DI LOLLO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSE AUGUSTO DI LOLLO
Data: 19/02/2024 12:07:52-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. VITOR MATHEUS BACANI (Participação Virtual)
Câmpus Universitário de Três Lagoas / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS

Documento assinado digitalmente
gov.br VITOR MATHEUS BACANI
Data: 19/02/2024 17:53:32-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Ilha Solteira, 19 de fevereiro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder sabedoria e determinação para perseverar e concluir essa importante etapa da minha vida. À minha família, expresso minha profunda gratidão. Ao meu pai, Antônio Lúcio Ávila Lobo, e à minha mãe, Jane Marcia Vitali, meus maiores incentivadores.

Ao meu marido, Gabriel de Carvalho Silva, por ser meu pilar emocional, por me apoiar e ajudar durante toda essa jornada. Sua paciência e incentivo foram imprescindíveis para que eu alcançasse este momento.

Minha sincera gratidão ao meu orientador, Dr. Cesar Gustavo da Rocha Lima, por toda atenção, pela orientação dedicada, paciência e expertise que contribuíram significativamente para o desenvolvimento desta dissertação e para minha formação acadêmica.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais da Unesp, agradeço pelo conhecimento transmitido e pela dedicação em proporcionar um ambiente acadêmico enriquecedor, e a Univesp pela bolsa concedida.

Não posso deixar de mencionar a contribuição do Dr. Luís Fernando Rossi Léo e Inovatec Engenharia, obrigada pelo apoio, compreensão e incentivo.

E a todos que de alguma forma contribuíram para minha jornada acadêmica, o meu mais profundo agradecimento. Que esta conquista seja compartilhada como uma vitória coletiva.

RESUMO

A ocorrência das chuvas em uma região pode ter um impacto significativo na qualidade das águas subterrâneas, com variações sazonais influenciando diretamente a variabilidade espacial dos parâmetros de qualidade. Este estudo procurou analisar a variabilidade espacial e temporal dos parâmetros de qualidade da água subterrânea no Sistema Aquífero Bauru (SAB) e sua potencial correlação com variações sazonais. Foram utilizados dados de 97 poços de monitoramento e 291 postos pluviométricos para os anos de 2016 a 2018 disponibilizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Agência Nacional de Águas (ANA) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Foram avaliados dez parâmetros: Bário (Ba), Alumínio (Al), Cloreto (Cl), Condutividade Elétrica (CE), Crômio Total (Cr), Nitrato (NO_3^-), Vanádio (Va), Dureza (DU), pH e Sólidos Totais Dissolvidos (SD). A análise da estatística descritiva demonstrou uma elevada variabilidade para os dados. Parâmetros Ba, Cr, NO_3^- e Va apresentaram valores acima do valor máximo permitido estipulado por legislação. A análise geoestatística indicou dependência espacial para todos os dados analisados com bons ajustes semivariográficos, resultando em apreciáveis mapas de krigagem. Os resultados indicaram possíveis mudanças nos padrões de comportamentos entre os parâmetros comparando período seco e chuvoso. Foram conduzidas análises de correlação linear entre os parâmetros de qualidade e entre o parâmetro de qualidade e a pluviosidade. Verificou-se coeficientes de correlações positivas (variando de moderado a forte) entre Ba e DU, Cl e SD, Cl e NO_3^- , CE e SD, CE e DU, Cr e pH, Cr e Va, DU e SD, Va e pH. As análises das correlações entre os parâmetros de qualidade e os períodos de elevada pluviosidade (primavera/verão) revelaram inconsistências e comportamentos divergentes com correlações oscilando entre positivas e negativas, resultando em conclusões não definitivas. Já para o período de menor precipitação (outono/inverno) o comportamento das correlações, apesar de apresentarem coeficiente de correlação mais discretos, indicaram que as variações nas concentrações de Ba, Cl, Cr e SD possivelmente estão associadas às variações na pluviosidade no SAB.

Palavras-chave: sazonalidade; geoestatística; krigagem; qualidade da água; água subterrânea.

ABSTRACT

The occurrence of rainfall in a region can have a significant impact on groundwater quality, with seasonal variations directly influencing the spatial variability of quality parameters. This study aimed to analyze the spatial and temporal variability of groundwater quality parameters in the Bauru Aquifer System (BAS) and its potential correlation with seasonal variations. Data from 97 monitoring wells and 291 rainfall stations for the years 2016 to 2018 were made available by the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB), the National Water Agency (ANA) and the Department of Water and Electric Energy (DAEE). Ten parameters were evaluated: Barium (Ba), Aluminum (Al), Chloride (Cl), Electrical Conductivity (EC), Total Chromium (Cr), Nitrate (NO_3^-), Vanadium (Va), Hardness (DU), pH and Total Dissolved Solids (SD). The analysis of descriptive statistics showed a high variability for the data. Parameters Ba, Cr, NO_3^- and Va showed values above the maximum allowable value stipulated by legislation. The geostatistical analysis indicated spatial dependence for all the analyzed data with good semivariographic adjustments, resulting in appreciable kriging maps. The results indicated possible changes in the patterns of behavior between the parameters comparing dry and rainy periods. Linear correlation analyses were conducted between the quality parameters and between the quality parameter and rainfall. There were positive correlation coefficients (ranging from moderate to strong) between Ba and DU, Cl and SD, Cl and NO_3^- , CE and SD, CE and DU, Cr and pH, Cr and Va, DU and SD, Va and pH. The analysis of the correlations between the quality parameters and the periods of high rainfall (spring/summer) revealed inconsistencies and divergent behaviors with correlations oscillating between positive and negative, resulting in non-definitive conclusions. On the other hand, for the period of lower rainfall (autumn/winter), the behavior of the correlations, despite presenting more discrete correlation coefficients, indicated that the variations in the concentrations of Ba, Cl, Cr and SD are possibly associated with variations in rainfall in the BAS.

Keywords: seasonality; geostatistics; kriging; water quality; groundwater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.	18
Figura 2 – Capacidade de infiltração do solo brasileiro.	23
Figura 3 – Mapa dos Domínios Hidrogeológicos brasileiros.	24
Figura 4 – Perfil de caracterização das zonas saturadas e não saturadas.	25
Figura 5 – Gráfico com o perfil de utilização da água subterrânea no Brasil.	27
Figura 6 – Índice de aquíferos no Estado de São Paulo.	28
Figura 7 - Mapa de uso e cobertura da terra no Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo.	30
Figura 8 – Geomorfologia predominante no Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo.	31
Figura 9 – Tipos de solos predominantes no Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo.	32
Figura 10 – Hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo.	34
Figura 11 – Processos comuns de contaminação das águas subterrâneas.	36
Figura 12 – Exemplo de semivariograma contendo todos os seus elementos.	43
Figura 13 – Modelos de semivariância teóricos.	44
Figura 14 – Etapas da metodologia adotada para o estudo.	51
Figura 15 – Área de estudo com os poços monitorados pela CETESB.	52
Figura 16 – Área de estudo com os postos pluviométricos.	55
Figura 17 – Mapas de concentrações do Bário ($\mu\text{g/L}$) para o período de 2016 a 2018.	81
Figura 18 – Variações de área para valores de Bário acima do VMP ($700 \mu\text{g/L}$) durante o período chuvoso (primeiro período) e seco (segundo período) de 2016 a 2018.	83
Figura 19 – Mapas de concentrações do Alumínio ($\mu\text{g/L}$) para o período de 2016 a 2018.	85
Figura 20 – Variações de área para concentrações de 15 a $20 \mu\text{g/L}$ para o Alumínio durante o período chuvoso (primeiro período) e seco (segundo período) de 2016 a 2018 na Região de Presidente Prudente.	86
Figura 21 – Mapas de concentrações do Cloreto (mg/L) para os anos de 2016 a 2018 durante o primeiro e segundo período.	88

Figura 22 – Variações de área para concentrações de Cloreto (9 a 21 mg/L) durante o período chuvoso (primeiro período) e seco (segundo período) de 2016 a 2018.....	89
Figura 23 – Mapas para a Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nos anos de 2016 a 2018.	92
Figura 24 – Variações de área para valores de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para a Condutividade Elétrica durante o período chuvoso (primeiro período) e seco (segundo período) de 2016 a 2018.....	93
Figura 25 – Mapas de concentrações do Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L) para os anos de 2016 a 2018 durante o primeiro e segundo período.	95
Figura 26 – Variações de área para concentrações de SD (270 mg/L a 420 mg/L) no período chuvoso (primeiro período) e seco (segundo período) de 2016 a 2018.	97
Figura 27 – Mapas de concentrações de Dureza (mg/L de CaCO_3) para os anos de 2016 a 2018 durante o primeiro e segundo período.	99
Figura 28 – Variações de área para valores de 100 mg/L de CaCO_3 a 250 mg/L de CaCO_3 correspondentes a Dureza durante o período chuvoso (primeiro período) e seco (segundo período) de 2016 a 2018.....	100
Figura 29 – Mapas de variações de pH para os anos de 2016 a 2018.	101
Figura 30 – Mapas de concentrações de Nitrato (mg/L) para os anos de 2016 a 2018.	104
Figura 31 – Variações de área para valores de Nitrato acima do VMP (10 mg/L) durante o período chuvoso (primeiro período) e seco (segundo período) de 2016 a 2018.....	105
Figura 32 – Mapas de concentrações de Crômio ($\mu\text{g}/\text{L}$) para os anos de 2016 a 2018 durante o primeiro e segundo período.....	107
Figura 33 – Variações de área para valores de Crômio acima do VMP (50 $\mu\text{g}/\text{L}$) durante o período chuvoso (primeiro período) e seco (segundo período) de 2016 a 2018.....	108
Figura 34 – Variações de área para valores de Crômio acima do VMP (50 $\mu\text{g}/\text{L}$) durante o período de 2016-1 vs chuva mensal para janeiro de 2016.	110
Figura 35 – Mapas de concentrações de Vanádio ($\mu\text{g}/\text{L}$) para os anos de 2016 a 2018 durante o primeiro e segundo período.....	111

Figura 36 – Variações de área para valores de Vanádio acima do VMP (50 µg/L) durante o período chuvoso (primeiro período) e seco (segundo período) de 2016 a 2018.....	112
Figura 37 – Mapas de chuva mensal para os meses de janeiro a junho de 2016. .	115
Figura 38 – Mapas de chuva mensal para os meses de julho a dezembro de 2016.	116
Figura 39 – Mapas de chuva mensal para os meses de janeiro a junho de 2017. .	117
Figura 40 – Mapas de chuva mensal para os meses de julho a dezembro de 2017.	118
Figura 41 – Mapas de chuva mensal para os meses de janeiro a junho de 2018. .	119
Figura 42 – Mapas de chuva mensal para os meses de julho a dezembro de 2018.	120
Figura 43 – Ajustes das principais correlações observadas para os parâmetros de qualidade da água no SAB nos períodos de verão e inverno de A a H.	128
Figura 44 – Ajustes das principais correlações observadas para os parâmetros de qualidade da água no SAB nos períodos de verão e inverno de I a P.	129
Figura 45 – Ajustes das principais correlações observadas para os parâmetros de qualidade da água no SAB nos períodos de verão e inverno de Q a R.	130
Figura 46 – Ajuste para correlação observada entre Bário e Pluviosidade (Agosto/2016) junto aos mapas de concentrações de Bário e chuva mensal no SAB.	137
Figura 47 – Ajuste para correlação observada entre Cloreto e Pluviosidade (Agosto/2016) junto aos mapas de concentrações de Cloreto e chuva mensal no SAB.	139
Figura 48 – Ajuste para correlação observada entre Crômio e Pluviosidade (junho/2016) junto aos mapas de concentrações de Crômio e chuva mensal no SAB.	140
Figura 49 – Ajuste para correlação observada entre Sólidos Totais Dissolvidos e Pluviosidade (agosto/2016) junto aos mapas de concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos e chuva mensal em agosto de 2016 no SAB.	141
Figura 50 – Ajuste para correlação observada entre Bário e Pluviosidade (agosto/2017) junto com seus respectivos mapas de concentrações e chuva mensal no SAB.	143

Figura 51 – Ajuste para correlação observada entre Crômio e Pluviosidade (agosto/2017) junto com seus respectivos mapas de concentrações e chuva mensal no SAB.....	144
Figura 52 – Ajuste para correlação observada entre Sólidos Totais Dissolvidos e Pluviosidade (agosto/2017) junto com seus respectivos mapas de concentrações e chuva mensal no SAB.	145
Figura 53 – Ajuste para correlação observada entre Bário e Pluviosidade (agosto/2018) junto com seus respectivos mapas de concentrações e chuva mensal no SAB.....	147
Figura 54 – Ajuste para correlação observada entre Crômio e Pluviosidade (agosto/2018) junto com seus respectivos mapas de concentrações e chuva mensal no SAB.	148
Figura 55 – Ajuste para correlação observada entre Sólidos Totais Dissolvidos e Pluviosidade (agosto/2018) junto com seus respectivos mapas de concentrações e chuva mensal no SAB.	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais características das divisões litoestratigráficas e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo.....	33
Tabela 2 – Estudos com influência das variações sazonais na qualidade da água subterrânea (Continua).....	37
Tabela 3 - Métodos utilizados na análise dos parâmetros de qualidade de água.....	53
Tabela 4 – Estatística descritiva de parâmetros da Qualidade de Água Subterrânea para o Sistema Aquífero Bauru (2016-2018) (Continua).	60
Tabela 5 - Estatística descritiva de dados pluviométricos na região do Sistema Aquífero Bauru (2016-2018).	67
Tabela 6 - Modelos e parâmetros de ajuste dos semivariogramas experimentais para alguns parâmetros da Qualidade de Água Subterrânea para o SAB nos anos de 2016 a 2018 (Continua).	69
Tabela 7 – Modelos e parâmetros de ajuste dos semivariogramas experimentais para os dados de chuva mensal para os anos de 2016, 2017 e 2018 no Sistema Aquífero Bauru (Continua).....	76
Tabela 8 – Matriz de correlação entre os parâmetros de qualidade da água no Sistema Aquífero Bauru para o verão: coleta da Água (Março 2016, Março 2017, Março 2018).	122
Tabela 9 – Matriz de correlação entre os parâmetros de qualidade da água no Sistema Aquífero Bauru para o inverno: coleta da Água (setembro 2016, setembro 2017, setembro 2018).....	123
Tabela 10 – Regressão Múltipla Stepwise (Verão).	130
Tabela 11 - Regressão Múltipla Stepwise (Inverno)	131
Tabela 12 – Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade da água e Pluviosidade no SAB para períodos de elevada precipitação em 2016.....	132
Tabela 13 – Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade da água e Pluviosidade no SAB para período de elevada precipitação em 2016 (primavera) e 2017 (verão).	134
Tabela 14 – Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade da água e Pluviosidade no SAB para período de elevada precipitação em 2016 (primavera) e 2017 (verão).	135

Tabela 15 – Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade da água e Pluviosidade no SAB para períodos de baixa precipitação em 2016 (outono e inverno).....	136
Tabela 16 – Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade da água e Pluviosidade no SAB para períodos de baixa precipitação em 2017 (outono e inverno).....	142
Tabela 17 – Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade da água e Pluviosidade no SAB para períodos de baixa precipitação em 2018 (outono e inverno).....	146

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1	CICLO HIDROLÓGICO	17
3.2	PRECIPITAÇÃO E RECARGA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	19
3.3	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	21
3.4	PANORAMA SOBRE AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL E NO ESTADO DE SÃO PAULO	26
3.5	SISTEMA AQUÍFERO BAURU.....	29
3.6	QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	35
3.7	GEOESTATÍSTICA.....	41
3.7.1	Componentes da análise geoestatística	42
3.8	USO DE TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS NA ANÁLISE DE PRECIPITAÇÃO E PARÂMETROS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	45
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E BANCO DE DADOS UTILIZADOS	50
4.1.1	Dados de qualidade da água subterrânea.....	52
4.1.2	Dados pluviométricos	54
4.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA, GEOESTATÍSTICA E DE CORRELAÇÃO	56
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1	ESTATÍSTICA DESCRITIVA	60
5.2	ANÁLISE GEOESTATÍSTICA	68
5.3	MAPAS DE KRIGAGEM E ANÁLISE DE PADRÕES ESPACIAIS	80
5.3.1	Parâmetros da Qualidade da água.....	80
5.3.1.1	Bário	80
5.3.1.2	Alumínio.....	84
5.3.1.3	Cloreto	87
5.3.1.4	Condutividade Elétrica.....	90
5.3.1.5	Sólidos Totais Dissolvidos	94

5.3.1.6 Dureza.....	97
5.3.1.7 pH.....	100
5.3.1.8 Nitrato.....	103
5.3.1.9 Crômio.....	106
5.3.1.10 Vanádio.....	110
5.3.2 Chuva mensal.....	113
5.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÕES E AJUSTES DE TENDÊNCIA.....	121
5.4.1 Parâmetros de Qualidade da Água x Parâmetros de Qualidade da Água.....	121
5.4.2 Parâmetros da Qualidade da água x Pluviosidade.....	132
5.4.2.1 Verão.....	132
5.4.2.2 Inverno.....	136
6 CONCLUSÕES.....	150
REFERÊNCIAS.....	152
APÊNDICE A.....	173
APÊNDICE B.....	183

1 INTRODUÇÃO

Ao longo de décadas de uso intensivo das águas subterrâneas, a governança desses recursos hídricos composta por instituições, regulamentos, políticas, e práticas para orientar sua gestão, enfrentam sérios desafios que resultam em problemas como a superexploração e a poluição dos aquíferos (Villar, 2016). De modo geral, tem-se observado uma preocupante diminuição na qualidade da água subterrânea devido às atividades humanas (Bertolo; Hirata; Aly Junior, 2019). À medida que a exploração da água subterrânea se expande, também aumentam os problemas relacionados à sua qualidade (Stradioto; Teramoto; Chang, 2019).

A análise da qualidade da água destinada ao abastecimento público demanda a avaliação de vários parâmetros, os quais frequentemente apresentam desafios na interpretação e análise, em decorrência do elevado volume de dados envolvidos (Rocha; Pereira; 2016). A quase irreversibilidade da degradação química dos aquíferos, junto aos elevados custos de tratamento de águas poluídas e as dificuldades operacionais para diagnosticar sua contaminação (Hirata, 1993), faz com que seja mais sensato direcionar os esforços e investimentos para a prevenção e o monitoramento das águas subterrâneas (Löbner; Silva, 2015).

O monitoramento ambiental das águas subterrâneas tem como finalidade detectar alterações em parâmetros físico-químicos e identificar valores que excedam os limites máximos permitidos pela legislação para a qualidade da água, porém, na prática, os custos elevados para realizar esse monitoramento nem sempre estão proporcionais à sua eficácia (Diniz *et al.*, 2023).

Assegurar a gestão sustentável das águas subterrâneas requer uma abordagem eficiente no seu monitoramento. Incorporar métodos alternativos e tecnologias emergentes, como sensores remotos e imagens de satélite (Shaikh; Birajdar, 2024), sensores *in situ* que permitem uma coleta de dados mais precisa e localizada (Silva *et al.*, 2022), e técnicas de amostragem passiva para monitorar continuamente a qualidade da água de forma econômica (Pinasseau *et al.*, 2020), pode reduzir os custos do monitoramento sem prejudicar a qualidade dos resultados. Além disso, a modelagem numérica e a simulação hidrogeológica contribuem para entender o comportamento do aquífero e prever tendências futuras (Song *et al.*, 2020). O envolvimento da comunidade por meio do monitoramento participativo e do

crowdsourcing também pode expandir a cobertura espacial do monitoramento, engajando os cidadãos na proteção dos recursos hídricos e reduzindo os custos operacionais (Speir *et al.*, 2022). Essas estratégias são fundamentais para garantir a sustentabilidade a longo prazo dos recursos hídricos subterrâneos.

A avaliação do potencial de contaminação das águas subterrâneas também pode ocorrer por meio de atributos geológicos, hidrológicos e hidrogeológicos, que consiste em uma abordagem eficiente para a proteção e conservação dos recursos hídricos subsuperficiais (Piga *et al.*, 2017). A análise da concentração e dispersão de substâncias no ambiente pode ser realizada por meio do estudo de fatores climáticos, aspectos pedológicos e geológicos, topografia e alterações causadas pela atividade humana, uma vez que a interação entre esses fatores resulta em processos de escoamento superficial e infiltração de água no solo, o que contribui intimamente para o transporte de contaminantes para as águas subterrâneas (Mendes *et al.*, 2023).

O Sistema Aquífero Bauru (SAB) consiste em uma das principais unidades hidrogeológicas do Brasil (Campos; Gastmans; Santarosa, 2023) e na principal e mais acessível fonte de água subterrânea em São Paulo, um dos estados mais rico e populoso do país (Stradioto; Teramoto; Chang, 2020).

O uso de ferramentas de análise espacial no estudo dos recursos hídricos subterrâneos permite o levantamento de dados fundamentais para sua gestão. Assim, a geoestatística se apresenta como uma ferramenta eficaz para a investigação espaço-temporal de fenômenos naturais, promovendo uma maior compreensão de suas dinâmicas (Santarosa; Manzione; Gonçalves, 2017), ela desempenha um papel fundamental na gestão dos recursos hídricos subterrâneos (Masood *et al.*, 2024). Essas ferramentas não apenas permitem uma compreensão mais profunda das dinâmicas hidrológicas, mas também auxiliam na tomada de decisões e contribuem significativamente para a sustentabilidade e uso responsável desses recursos essenciais.

Em vista disso, o presente trabalho buscou realizar uma análise considerando a amplitude espacial de dados da distribuição mensal das chuvas junto a dados de parâmetros de qualidade da água subterrânea, inseridos na área de abrangência do Sistema Aquífero Bauru (no Estado de São Paulo), com o objetivo de estudar a variabilidade e as possíveis correlações lineares e espaço-temporais que possam existir entre eles, a fim de auxiliar na gestão da qualidade das águas na região.

6 CONCLUSÕES

Os resultados expressos pela estatística descritiva demonstram uma elevada variabilidade dos dados analisados. No que se refere a geoestatística, todos os anos e parâmetros de qualidade da água subterrânea apresentaram dependência espacial e bons ajustes semivariográficos, com apreciáveis resultados apresentados na forma de mapas por krigagem com boas correlações entre valores observados e estimados.

A partir da observação dos mapas foi identificado que a sazonalidade representa um possível fator de influência para o comportamento das concentrações da grande maioria dos parâmetros de qualidade avaliados. Padrões como aumento ou diminuição das variações espaciais dos seus maiores valores de concentração foram observados, apresentando diferenças nítidas entre o período seco e chuvoso.

As análises de correlações e testes gráficos entre parâmetros de qualidade e chuva mensal identificaram que as variações de parâmetros como o Bário, Cloreto, Crômio e Sólidos Totais Dissolvidos podem ser parcialmente explicadas por meio das variações da pluviosidade, principalmente no período de menores precipitações (outono/inverno).

As correlações observadas entre os parâmetros de qualidade e os períodos de maior pluviosidade (primavera/verão) não demonstraram consistência, revelando um padrão de comportamento divergente para um mesmo parâmetro com correlações variando entre positivas e negativas, sendo inconclusivas.

Os baixos coeficientes de correlação e determinação encontrados para alguns parâmetros podem estar relacionados à possibilidade de que características regionalizadas do SAB podem interagir com os padrões pluviométricos e afetar as correlações em análise.

Sugere-se realizar uma investigação mais detalhada através de recortes regionais, agrupando características ambientais semelhantes por região como as relacionadas à possibilidade de transporte de sedimentos, considerando fatores como solo, relevo, bacias hidrográficas, entre outros, buscando uma melhor compreensão das influências locais nas correlações em questão.

Foram realizadas também correlações entres os parâmetros de qualidade da água obtendo-se apreciáveis interações de aplicação prática que podem ser utilizadas na determinação de variações de parâmetros mais complexos por meio de outros de mais fácil determinação. O uso desse método traz vantagens significativas para o

monitoramento ambiental, simplificando o processo, reduzindo tempo e custos para as análises.

A contaminação da água subterrânea representa uma séria ameaça à saúde humana e ao meio ambiente. Os contaminantes presentes nessa fonte hídrica podem incluir substâncias químicas tóxicas que podem causar danos à saúde das comunidades que dependem dessa água para consumo além de afetar a biodiversidade e comprometer os serviços ecossistêmicos. É crucial realizar estudos mais aprofundados sobre a qualidade da água subterrânea, a fim de compreender melhor os riscos associados e desenvolver estratégias eficazes de gestão e remediação.

Assim, o presente estudo apresenta ferramentas valiosas para apoiar a gestão da qualidade das águas subterrâneas no SAB por meio dos resultados apresentados tanto na forma de mapas de krigagem, que apresentam valores de parâmetros de qualidade da água para locais não amostrados, quanto nas equações de regressão linear, que permitem prever uma variável dependente mais complexa por meio de outra menos complexa.

REFERÊNCIAS

- ABANYIE, S. K. *et al.* Sources and factors influencing groundwater quality and associated health implications: a review. **Emerging Contaminants**, [S. l.], v. 9, n. 2, jun. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.emcon.2023.100207>.
- ABDALLA, K. V. P *et al.* Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário-MA. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2010.
- AGOU, V. D. *et al.* Geostatistical analysis of precipitation in the island of Crete (Greece) based on a sparse monitoring network. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S. l.], v. 191, n. 6, mai. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-019-7462-8>.
- ALMODOVAR, M. L. N. **Estudo da anomalia de cromo nas águas subterrâneas da região noroeste do estado de São Paulo**. 1995. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- ALVES DE SOUZA, F. Identificação das zonas de recarga e caracterização dos sistemas freáticos de Iporá –GO. **Geoambiente**, Jataí, n. 33, p. 22-44, 2019.
- ANDRADE, A. R. S. *et al.* Geoestatística aplicada à variabilidade espacial e padrões nas séries temporais da precipitação no agreste pernambucano. **Journal Of Environmental Analysis and Progress**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 126-145, jan. 2018. Journal of Environmental Analysis and Progress - JEAP. <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.3.1.2018.1668.126-145>.
- ANDRADE, J. C. Química analítica básica: os conceitos acido-base e a escala de ph. **Revista Chemkeys**, [S. l.], n. 1, p. 1-6, 17 set. 2018. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/chemkeys.v0i1.9642>.
- ANDRADE, T. S. *et al.* Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 16, n. 5, p. 496-504, maio 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662012000500005>.
- ARUMUGAM, T. *et al.* An integration of soil characteristics by using GIS based Geostatistics and multivariate statistics analysis Sultan Batheri block, Wayanad District, India. **Urban Climate**, [S. l.], v. 46, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101339>.
- ATAÍDE, D. H. S. *et al.* Métodos geoestatísticos e determinísticos na espacialização da altura dominante em povoamento de eucalipto. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 43, n. 1, mai. 2020. Revista de Ciências Agrárias. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA.18347>.
- AZEVEDO, J. H.; CAMPOS, J. E. G. Flow patterns and aquifer recharge controls under Amazon rainforest influence: The case of the Alter do Chão aquifer system. **Journal of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 112, 2021.
- BAGNARA, D.; PRIETTO, P. D. M.; TIMBOLA, R. S. Aplicação da krigagem ordinária na modelagem do pH e da dureza da água subterrânea na área central de Passo Fundo–RS. **Teoria e prática na engenharia civil**, n. 20, p. 15-22, 2012.

BALACCO, G. *et al.* Assessment of groundwater nitrate pollution using the Indicator Kriging approach. **Groundwater For Sustainable Development**, [S. l.], v. 21, mai. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100920>.

BALBINO, R. *et al.* O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 131-149, abr. 2008.

BARBOSA, C. M. S.; MATTOS, A. Conceitos e diretrizes para recarga artificial de aquíferos. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23657>.

BERTOLO, R. A.; HIRATA, R.; ALY JUNIOR, O. Método de Valoração da Água Subterrânea Impactada por Atividades Contaminantes no Estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 303-313, 26 ago. 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i3.29479>.

BERTOLO, R. A.; MARCOLAN, L. N. O.; BOUROTTE, C. L. M.. Relações Água-Rocha e a Hidrogeoquímica do Cromo na Água Subterrânea de Poços de Monitoramento Multiníveis de Urânia, SP, Brasil. **Geologia Usp. Série Científica**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 47-62, 1 jun. 2009. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.5327/z1519-874x2009000200003>.

BERTOLO, R. *et al.* Água subterrânea para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo: é possível utilizá-la em larga escala?. **Revista DAE**. São Paulo, v. 63, n. 199, p. 6-17, 2015.

BERTOLO, R. *et al.* Anomalous content of chromium in a Cretaceous sandstone aquifer of the Bauru Basin, state of São Paulo, Brazil. **Journal Of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 69-80, fev. 2011b. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2010.10.002>.

BERTOLO, R. *et al.* Geochemistry of natural chromium occurrence in a sandstone aquifer in Bauru Basin, São Paulo State, Brazil. **Applied Geochemistry**, [S. l.], v. 26, n. 8, p. 1353-1363, ago. 2011a. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.05.009>.

BODRUD-DOZA, M. *et al.* Delineation of trace metals contamination in groundwater using geostatistical techniques: a study on dhaka city of bangladesh. **Groundwater for Sustainable Development**, [S. l.], v. 9, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsd.2019.03.006>.

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. da. **A integração das águas. Revelando o verdadeiro Aquífero Guarani**. Curitiba: Edição da Autora, 2011. 276 p.

BOROH, A. W. *et al.* Comparison of geostatistical and machine learning models for predicting geochemical concentration of iron: case of the nkout iron deposit (south cameroon). **Journal Of African Earth Sciences**, [S. l.], v. 195, nov. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104662>.

BRAGA, E. A. S. *et al.* Classificação da água subterrânea com base nos sólidos totais dissolvidos estimado. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 35, n. 2, jul. 2021. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v35i2.30051>.

BRASIL. Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília: ANA, 2021a.

BRASIL. Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. **Ciclo Hidrológico e Águas Subterrâneas**. Brasília: ANA, 2014a.

BRASIL. Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. **Mapa de áreas de afloramento dos aquíferos do Brasil**. Brasília: ANA, 2014b.

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Sistema Aquífero Bauru-Caiuá nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná**. Belo Horizonte: CPRM, 2012. 40 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. 2011. **Portaria n.º 2.914, de 12 de Dezembro de 2011**. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. [portaria e anexos]. Brasília: SVS, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. 2021b. **Portaria n.º 888, de 04 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. [portaria e anexos]. Brasília, 2021b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. 2014c. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: FUNASA, 2014c.112 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

BRASÍLIA. Companhia de Planejamento do Distrito Federal – Codeplan. **Relações entre as áreas de recarga dos aquíferos e áreas destinadas à urbanização: estudo dos padrões de ocupação do solo da unidade hidrográfica do Lago Paranoá – DF**. Brasília: Codeplan, 2018.

CÂMARA, G. *et al.* Spring: integrating remote sensing and gis by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 395-403, mai. 1996. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0097-8493\(96\)00008-8](http://dx.doi.org/10.1016/0097-8493(96)00008-8).

CAMPOS, J. C. V. *et al.* GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS NA ÁREA DE OCORRÊNCIA DO SISTEMA AQUÍFERO BAURU. **Águas Subterrâneas**, 2018.

CAMPOS, J. C. V.; GASTMANS, D.; SANTAROSA, L. V. Utilização do GRACE no cálculo da recarga das águas subterrâneas no Sistema Aquífero Bauru na Bacia do Rio São Jerônimo - Triângulo Mineiro. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 37, n. 2, fev. 2023. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v37i2.30168>.

CANATO, H. M. *et al.* Caracterização hidrogeoquímica do aquífero adamantina na área urbana de Bauru, SP. **Ciência & Engenharia**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 39-47, 11 mar. 2014. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/19834071.2014.24758>.

CAPPI, N. *et al.* Avaliação sazonal da qualidade das águas subterrâneas da Bacia do Córrego Fundo, Aquidauana-MS. **Geosul**, [S. l.], v. 26, n. 50, 2010. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2010v26n50p151>.

CARMO, J. C. C. do; OLIVEIRA, I. B. de. Correlação Espacial do Alto Teor de Ferro na Água Subterrânea dos Aquíferos Sedimentar e Metassedimentar do Estado da Bahia e os atributos, Clima, Pluviometria e Litologia. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 34, n. 3, set. 2020. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v34i3.29943>.

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S. l.], v. 47, n. 9, p. 1235-1242, set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2012000900008>.

CASTILHO-BARBOSA, I. N. B. *et al.* Conhecer para conservar aquíferos: como torná-los visíveis? **Terræ Didática**, v. 16, p. 1-12, 2020.

CASTRO, J. *et al.* Potabilidade das águas subterrâneas para o consumo humano na área do polo industrial de Barcarena-Pará. **Enciclopédia Biosfera**, [S. l.], v. 10, n. 19, 2014.

CETESB (São Paulo). Companhia Ambiental de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. 2017. **Ficha de Informações toxicológicas [Bário]**.

CETESB (São Paulo). Companhia Ambiental de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. 2022. **Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2019-2021**. (Série Relatórios). São Paulo, CETESB, 242p.

CETESB (São Paulo). Companhia Ambiental de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. 2019. **Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo: 2016-2018**. (Série Relatórios). São Paulo, CETESB, 291p.

CHANG, H. K.; STRADIOTO, M. R.; SILVA, F. P. Tipos hidroquímicos do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo. **Águas subterrâneas**. [S. l.], v. 30, n. 2, p. 224-245, 2016.

CHARLES, T. S. *et al.* Estimating average annual rainfall by ordinary kriging and TRMM precipitation products in midwestern Brazil. **Journal Of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 118, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103937>.

CHEN, X. *et al.* Quantifying natural recharge characteristics of shallow aquifers in groundwater overexploitation zone of North China. **Water Science and Engineering**, [S. l.], v. 14, p. 184-192, 2021.

CHIARELLI, R. *et al.* Toxic effects induced by vanadium on sea urchin embryos. **Chemosphere**, [S. l.], v. 274, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129843>.

CONCEIÇÃO, F. *et al.* Influências Naturais e Antrópicas na Qualidade da Água Subterrânea de Poços de Abastecimento Público na Área Urbana de Marília (SP). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 227-238, 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n3.p227-238>.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. CNRH. **Resolução CNRH nº 15, de 11/01/2001**. Brasília: MMA, 2001.

CORAÇA, A. L. S.; HELENE, L. P. I. Determinação da vulnerabilidade natural do Aquífero Bauru na Ba-cia Hidrográfica do Rio Itaquerê. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 35, n. 3, fev. 2022. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v35i3.30113>.

CORSON-DOSCH, H. *et al.* **The Water Cycle (Poster, PDF)**, Water Science School. 2022.
 COSTA, I. *et al.* A sazonalidade de contaminantes em águas subterrâneas e superficiais entorno de um aterro sanitário na região Amazônica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. 371-382, jul. 2020a. Companhia Brasileira de Produção Científica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.006.0030>.

COSTA, C. T. F. *et al.* Análise multivariada aplicada ao estudo hidroquímico das águas subterrâneas na bacia sedimentar do Araripe – CE. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 34, n. 2, 14 mai. 2020b. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v34i2.29874>.

COSTA, I. S. *et al.* Mapeamento da precipitação em uma Região do Nordeste Brasileiro por meio de técnicas geoestatística. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 12, n. 5, p. 761-769, mar. 2021. Companhia Brasileira de Produção Científica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.005.0059>.

CRESSIE, N. A. C. 1991. **Statistics for spatial data**. New York, John Wiley & Sons, 920p.

CURZIO, D.; RUSI, S.; SIGNANINI, P. Advanced redox zonation of the San Pedro Sula alluvial aquifer (Honduras) using data fusion and multivariate geostatistics. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 695, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133796>.

DELLA TOGNA, R. J. B.; MANTILLA, J. Estudo das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. **Revista DAE**, São Paulo, n. 86, 1972.

DHAL, B. *et al.* Chemical and microbial remediation of hexavalent chromium from contaminated soil and mining/metallurgical solid waste: a review. **Journal Of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 250-251, p. 272-291, abr. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.01.048>.

DINIZ, C. C. M. *et al.* Challenges in the management of groundwater in the municipality of Sete Lagoas - MG. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 12, n. 4, 2023. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i4.40887>

DINIZ, C. C. M. *et al.* Desafios na gestão das águas subterrâneas no município de Sete Lagoas – MG. **Research, Society And Development**, [S. l.], v. 12, n. 4, mar. 2023. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i4.40887>.

DINIZ, J. A. O. *et al.* **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo: nota técnica**. Recife. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014. 45 p.

DUNKERLEY, D. L. Light and low-intensity rainfalls: A review of their classification, occurrence, and importance in landsurface, ecological and environmental processes. **Earth-Science Reviews**, [S. l.], v. 214, 2021.

FARD, A. K. *et al.* Barium removal from synthetic natural and produced water using MXene as two dimensional (2-D) nanosheet adsorbent. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 317, p. 331-342, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2017.02.090>.

FATOLA, O. I. *et al.* Trends in vanadium neurotoxicity. **Brain Research Bulletin**, [S. l.], v. 145, p. 75-80, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainresbull.2018.03.010>.

FEITOSA, F. A. C. *et al.* **Hidrogeologia, conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2008. 812 p.

FERREIRA, I. O. *et al.* Estudo sobre a utilização adequada da krigagem na representação computacional de superfícies batimétricas. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 65, n. 5, out. 2013. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv65n5-43864>.

FOSTER, S. *et al.* **Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies**. Banco Mundial: Washington: 2007, 103 f. Disponível em: <<http://twixar.me/y9Rm>>. Acesso em: 9 de junho de 2021.

FRANCISCO, P. R. M. *et al.* POLLO, R. A. *et al.* Geoestatística aplicada ao estudo da variabilidade espacial de indicadores de qualidade dos solos. *In*: FRANCISCO, P. R. M. *et al.* (Ed.), **Agrociências: Natureza & Conservação**. Campina Grande: EPTEC, 2023. p. 34-48.

FRANCO, A. O.; ARCOS, F. O. Vulnerabilidade natural de aquíferos e a potencial contaminação dos recursos hídricos subterrâneos no Estado do Acre. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 34, n. 1, 2020.

FREDDO FILHO, V. J. **Relatório SIAGAS 2020: coleta, consistência, armazenamento e difusão de informações hidrogeológicas**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2020. 35 p.

FREITAS, R. C. S. *et al.* Contaminação ambiental por metais pesados provenientes do descarte irregular de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v.12, n.9, p.433-441, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0033>

FUCKNER, M. A. **Geomorfologia do Brasil**. Agência Nacional das Águas. 2003.

GARPELLI, L. N.; GASTMANS, D. Potencial hidromineral dos aquíferos do estado de São Paulo. **Pesquisas em Geociências**, [S. l.], v. 47, n. 3, 2020.

GODOY, M. C. T. F. *et al.* Contaminação das águas subterrâneas por nitrato em Presidente Prudente – SP, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [S. l.], v. 63, n. 2, p. 208–14, 2004.

GOMES, M. C. R.; CAVALCANTE, I. N. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água subterrânea. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 134-149, 7 fev. 2017. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v31i1.28617>.

GONÇALVES, M. V. P. *et al.* Comportamento sazonal dos níveis do fluoreto nas águas subterrâneas (2010 a 2012) e riscos à saúde bucal em Serra do Ramalho, Bahia (BR). **Concilium**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 44-63, jun. 2022. União Atlântica de Pesquisadores. <http://dx.doi.org/10.53660/clm-291-306>.

GONÇALVES, V. F. M. Estimativa da recarga para o Sistema Aquífero Bauru no município de Assis/SP. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], mar. 2017. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v0i0.28726>.

GONÇALVES, V. F. M.; MANZIONE, R. L. Estimativa da recarga das águas subterrâneas no Sistema Aquífero Bauru (SAB). **Geo Uerj**, [S. l.], n. 35, p. 1-9, 21 dez. 2019. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2019.37063>.

GREEN, T. R. *et al.* Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 405, p. 532-560, ago. 2011.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. O. Conceitos básicos da geoestatística. *In*: OLIVEIRA, R. O.; GREGO C. R.; BRANDÃO, Z. N. (Ed.), **Geoestatística aplicada na Agricultura de Precisão utilizando o Vesper**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 41-62.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P.; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão. *In*: BERNARDI, A. C. de C. et al (Ed.), **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**, Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 74-83.

GROTT, S. L. *et al.* Variação espaço-sazonal de parâmetros da qualidade da água subterrânea usada em consumo humano em Macapá, Amapá, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 645-654, ago. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018162018>.

GRYNYSHYNA-POLIUGA, O. Characteristic of modelling spatial processes using geostatistical analysis. **Advances In Space Research**, [S. l.], v. 64, n. 2, p. 415-426, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2019.04.020>.

GUNDOGDU, I. B. Usage of multivariate geostatistics in interpolation processes for meteorological precipitation maps. **Theoretical And Applied Climatology**, [S. l.], v. 127, n. 1-2, p. 81-86, set. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-015-1619-3>.

HARRINGTON, J. M. *et al.* Internal dose of vanadium in rats following repeated exposure to vanadyl sulfate and sodium orthovanadate via drinking water. **Toxicology and Applied Pharmacology**. [S. l.], v. 412, 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.taap.2021.115395>.

HIERA, M. D.; SOUZA FILHO, E. E.; BORSATO, V. A. As chuvas de junho e a primeira onda de frio intenso de 2013: a atuação dos sistemas atmosféricos e o ritmo climático para a região de Maringá. **Geingá**, Maringá, v. 6, n. 1, p. 78-94, 2014.

HIRATA, R. C. A. *et al.* **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 2019. 66p.

HIRATA, R. C. A. Os recursos hídricos subterrâneos e as novas exigências ambientais. **Revista do Instituto Geológico**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 39-62, 1993. Instituto Geológico. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929x.19930009>.

HIRATA, R.; CONICELLI, B. P. Groundwater resources in Brazil: a review of possible impacts caused by climate change. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S. l.], v. 84, n. 2, p. 297–312, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/s0001-37652012005000037>.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A. V. How much do we know about the groundwater quality and its impact on Brazilian society today? **Acta Limnologica Brasiliensia**, [S. l.], v. 31, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x4419>.

HOSSAIN, M.; PATRA, P. K. Contamination zoning and health risk assessment of trace elements in groundwater through geostatistical modelling. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S. l.], v. 189, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110038>.

HU, K. *et al.* Hydrogeological characterisation of groundwater over Brazil using remotely sensed and model products. **Science Of The Total Environment**, [S. l.], v. 599-600, p. 372-386, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.188>.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. 3. ed. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, 2012. 106p.

JACOBSEN, B. H. *et al.* Health-economic valuation of lowering nitrate standards in drinking water related to colorectal cancer in Denmark. **Science of The Total Environment**, v. 906, p. 167368, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167368>

JUNIOR, J. L. S. *et al.* Condições de potabilidade de águas subterrâneas utilizadas para consumo humano no município de Campina Grande, Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 8, p. 58870-58883, 2020.

JYRKAMA, M. I.; SYKES, J. F. The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the grand river watershed (Ontario). **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 338. p. 237-250, mai. 2007.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. **Journal South African**. Institute. Mining Metttal, n. 52, p. 119-139, 1951.
LANDIM, P. M. B. Sobre Geoestatística e Mapas. **Terræ Didatica**, v.2, p.19-33, 2006.

LAUREANO, J. J. *et al.* Análise da qualidade da água subterrânea: estudo de caso na microbacia do Igarapé Nazaré (Rondônia, Amazônia ocidental). **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 35, n. 1, p. 1-1, 21 dez. 2020. Lepidus Tecnologia.
<http://dx.doi.org/10.14295/ras.v35i1.29972>.

LEE, J. *et al.* A review on the metallurgical recycling of vanadium from slags: towards a sustainable vanadium production. **Journal Of Materials Research And Technology**, [S. l.], v. 12, p. 343-364, mai. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.02.065>.

LE MOS, M. M. *et al.* Qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo, em poços tubulares utilizados para abastecimento público. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], n. 1, 2002. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22333>.

LIMA, C. G. R. *et al.* Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1233-1244, 2007.

LIMA, C. G. R. *et al.* Metodologias indiretas de mensuração da erodibilidade do solo e caracterização da variabilidade espacial. **Mercator** (Fortaleza), v. 20, 2021.
<https://doi.org/10.4215/rm2021.e20023>

LIMA, C. G. 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**, [S. l.], v. 47, n. 2, out. 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1807-9806.108582>.

LIMA, C. G. 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**, [S. l.], v. 47, n. 2, out. 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1807-9806.108582>.

LIMA, C. G. 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**, [S. l.], v. 47, n. 2, p. 096380-10, 22 out. 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1807-9806.108582>.

LIU, C. *et al.* Analysis and visualization of vanadium mineral diversity and distribution. **American Mineralogist**, [S. l.], v. 103, n. 7, p. 1080-1086, 1 jul. 2018. Mineralogical Society of America. <http://dx.doi.org/10.2138/am-2018-6274>.

LIU, J. *et al.* Hydrochemical evaluation of groundwater quality and human health risk assessment of nitrate in the largest peninsula of China based on high-density sampling: a case study of weifang. **Journal Of Cleaner Production**, [S. l.], v. 322, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129164>.

LÖBLER, C. A.; SILVA, J. L. S. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S. l.], v. 10, n. 1, jan. 2015. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente.1390>.

LOBO, I. V. *et al.* Spatial and Temporal Variability of Groundwater Quality Parameters in the Bauru Aquifer System (São Paulo State, Brazil). **Anuário do Instituto de Geociências**, [S. l.], v. 46, abr. 2023. Universidade Federal do Rio de Janeiro. http://dx.doi.org/10.11137/1982-3908_2023_46_53748.

LORENZI, V. *et al.* Recharge assessment of the Gran Sasso aquifer (Central Italy): Time-variable infiltration and influence of snow cover extension. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, [S. l.], v. 41, 2022.

LOURENCETTI, J. *et al.* Comparação da superexploração do Aquífero Bauru nos anos de 2002 e 2012. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, out. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.9176>.

LUCON, T. N. *et al.* Recharge sources and hydraulic communication of karst aquifer, São Miguel watershed, MG, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 100, 2020.

LUENGO-OROZ, N.; BELLOMOS, S.; D'ALESSANDRO, V. 2014. High vanadium concentrations in groundwater at el Hierro (Canary Islands, Spain). *In*: International Hydrogeological Congress, 10, 2014, Thessaloniki. **Anais [...]**. Thessaloniki: Aristotle University of Thessaloniki, 2014. 427- 435p. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/41153410>

LUGON, J. Jr.; RODRIGUE, P. P. G. W. Hidrologia e ciclo hidrológico. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, [S. l.], v. 2, n. 2, dez. 2008.

LUNDGREN, W. J. C. *et al.* A Precisão da Estimativa do Erro da Krigagem pela Validação Cruzada. **Floresta e Ambiente**, [S. l.], v. 24, out. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.124114>.

MACHADO, A. L. S.; PACHECO, J. B. Serviços ecossistêmicos e o ciclo hidrológico da bacia hidrográfica amazônica. **Geonorte**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 71-89, 2010.

MAGERSKI, J. M.; FILHO, J. S. D. Avaliação da técnica de krigagem ordinária utilizando o modelo geoestatístico estável no preenchimento de falhas de séries de precipitação pluviométrica nas sub-bacias hidrográficas localizadas em regiões de classificação climática distintas no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 04, p. 2149-2171, 2021.

MÄLICHE, M. *et al.* SciKit-GStat Uncertainty: a software extension to cope with uncertain geostatistical estimates. *Spatial Statistics*, [S. l.], v. 54, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spasta.2023.100737>.

MANCUSO, M. A.; CAMPOS, J. E. 2005. Aquífero Bauru. In: G. Rocha (coord.) **Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo, DAEE/IG/IPT/CPRM, 2005, p. 30-38.

MANUEL, L. *et al.* Estudo da variabilidade espacial da concentração de cobre e cádmio ao longo da margem do rio Meuse. **Pubvet**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. 802-807, ago. 2017. Editora MV Valero. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n8.802-807>.

MANZIONE, R. L. Mapeamento das características dinâmicas do nível freático do Sistema Aquífero Bauru como instrumento de gestão de recursos hídricos. **Geologia Usp. Série Científica**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 227-240, mar. 2018. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-137819>

MANZIONE, R. L. Mapeamento das características dinâmicas do nível freático do Sistema Aquífero Bauru como instrumento de gestão de recursos hídricos. **Geologia Usp. Série Científica**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 227-240, mar. 2018. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-137819>.

MANZIONE, R. L.; CASTRIGNANÒ, A. A geostatistical approach for multi-source data fusion to predict water table depth. A geostatistical approach for multi-source data fusion to predict water table depth. **Science Of the Total Environment**, [S. l.], v. 696, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133763>.

MANZIONE, R. L.; CASTRIGNANÒ, A. A geostatistical approach for multi-source data fusion to predict water table depth. **Science Of the Total Environment**, [S. l.], v. 696, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133763>.

MANZIONE, R. L.; SILVA, C. O. F.; CASTRIGNANÒ, A. A combined geostatistical approach of data fusion and stochastic simulation for probabilistic assessment of shallow water table depth risk. **Science Of the Total Environment**, [S. l.], v. 765, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142743>.

MAPBIOMAS. **Coleção da Série Mapas de Uso e Cobertura do Solo Brasileiro**. [S. l.]: Maobiomass, 2017. (Série Coleção de Mapas de Cobertura e Uso do Solo Brasileiro). Disponível em: <http://mapbiomas.org/>.

MARCOLAN, L. N. O. **Investigação hidrogeoquímica do cromo no aquífero Adamantina no município de Urânia – SP**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MARQUES, C. H. G. *et al.* Evolução espacial e temporal da contaminação por nitrato no aquífero urbano de Urânia (SP). **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 258-269, 15 jun. 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i3.29524>.

MARQUES, S. M. Análise espacial e temporal de parâmetros de qualidade das águas do Aquífero Bauru de 2010. 2018. 92 f. Dissertação (Mestrado Curso de Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2018.

MARQUES, S. M.; LIMA, C. G. R. Análise da Variação Espacial do Parâmetro pH no Aquífero Bauru nos anos 2010, 2011 e 2012. **Periódicos Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**. [S. l.], v. 13, n. 04, 2017.

MARTINS, S. M. B.; FIGUEIREDO, R. A. Diagnóstico sobre o conhecimento da comunidade em uma área de recarga do Aquífero Guarani, região de São Carlos, SP, Brasil. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 3, p. 465 – 477, 2010.

MASOOD, M. U. *et al.* Exploring Groundwater Quality Assessment: A Geostatistical and Integrated Water Quality Indices Perspective. **Water**, v. 16, n. 1, p. 138, 2024.

MASOUD, A. A. *et al.* Assessment of groundwater and soil quality degradation using multivariate and geostatistical analyses, Dakhla Oasis, Egypt. **Journal Of African Earth Sciences**, [S. l.], v. 142, p. 64-81, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.03.009>.

MASOUD, A. A. Groundwater quality assessment of the shallow aquifers west of the Nile Delta (Egypt) using multivariate statistical and geostatistical techniques. **Journal Of African Earth Sciences**, [S. l.], v. 95, p. 123-137, jul. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2014.03.006>.

MATAVELI, L. R. V. *et al.* Avaliação dos níveis de cromo total em águas para consumo humano. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [S. l.], v. 77, p. 1-11, 2018.

MATHERON, G. **Traité de Géostatistique Appliquée** - Tome I: Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières: Editions Technip, vol. 14., 1962. 333p.

MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T. M. N. Análise Estatística e Geoestatística da Precipitação Média para o Município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S. l.], v. 31, n. 2, p. 229-239, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778631220150040>.

MENDES, L. S. A. S. *et al.* Influência dos atributos naturais no carreamento de substância tóxicas em águas subterrâneas no município de Russas - CE. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 20., 2023, Florianópolis. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/influencia-dos-atributos-naturais-no-carreamento-de-substancia-toxicas-em-aguas?lang=pt-br>

MESTRINHO, S. S. P. Qualidade de águas subterrâneas e hidrogeoquímica para o agronegócio. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], n. 1, 2005. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23234>.

MIDÕES, C.; FERNANDES, J.; COSTA, C. G. da. Água subterrânea: conhecer para proteger e preservar. **Publicação sob o projecto Nº P-IV-1052, do Programa Ciência Viva**, 2001.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Copam nº 05, de 14 de setembro de 2017**. Diário executivo de Minas Gerais de 20. set. 2017. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo. Belo Horizonte, MG.

MIRANDA, R. A. C. de.; OLIVEIRA, M. V. S. de.; SILVA, D. F. da. Ciclo hidrológico planetário: abordagens e conceitos. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 21, 2010.

MONTANHEIRO, F.; KIANG, C. H. Nitrato no Aquífero Adamantina: o caso do município de Monte Azul Paulista, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 25-44, 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.20160007>

MONTENEGRO, A. *et al.* Dinâmica Hidro-salina em Aquífero Aluvial Utilizado para Agricultura Irrigada Familiar em Região Semi-árida. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 85-92, 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v8n2.p85-92>.

MOREIRA, E. V. *et al.* Espacialidade dos atributos químicos de águas subterrâneas do município de Granito, PE. **Research, Society And Development**, [S. l.], v. 9, n. 12, dez. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10779>.

MOREIRA, E. V. *et al.* Espacialidade dos atributos químicos de águas subterrâneas do município de Granito, PE. **Research, Society And Development**, [S. l.], v. 9, n. 12, dez. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10779>.

MOREIRA, M. H; KOPP, K. A.; NARDOCCI, A. C. Avaliação da qualidade da água para consumo humano proveniente de poços rasos e do risco de infecção desta por exposição a patógenos emergentes em um bairro de Goiânia, Goiás. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 6-9, 27 out. 2021. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v35i2.30043>.

MOURA, C. C. *et al.* Concentrações de nitrato nas águas subterrâneas em áreas rurais do município de São José do Rio Preto (SP). **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 268-284, 8 dez. 2015. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v29i2.27980>.

NERY, J. T. Dinâmica climática da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. [S. l.], v. 1, n. 1, dez. 2005.

NERY, J. T.; CARFAN, A. C.; PARIZOTTO, T. M. Análise da precipitação pluvial na bacia do Paranapanema. **Revista Brasileira de Climatologia**. [S. l.], v. 5, 2009. Disponível em: <<http://twixar.me/9nRm>>. Acesso em: 26 de maio de 2021.

NOBRE, M. E. S. *et al.* Estudo hidroquímico-ambiental do aquífero aluvionar do baixo Jaguaribe, Itaiçaba – Ceará. **Revista do Instituto Geológico**, [S. l.], v. 39, n. 3, abr. 2018. Instituto Geológico. <http://dx.doi.org/10.33958/revig.v39i3.601>.

NOVO, M. E. *et al.* Projecto Bingo: o impacto das alterações climáticas na componente subterrânea do ciclo hidrológico. **Revista Recursos Hídricos**, [S. l.], v. 39, n. 2, p. 59-74, out. 2018. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rh39n2-cti3>.

NUNES, M. A.; ARAVENA, R.; PARKER, B. L. Geochemical and isotopic evidence for pumping-induced impacts to bedrock groundwater quality in the City of Guelph, Canada. **Science Of The Total Environment**, [S. l.], v. 800, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149359>.

OLIVEIRA JUNIOR, H. S. **Monitoramento e mapeamento das águas subterrâneas de abastecimento urbano do município de Mossoró-RN**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Manejo Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. *et al.* Análise da precipitação e determinação de equações de chuvas intensas para o município de Crato-CE situado no semiárido do Brasil. **GEAMA**, v. 5, n. 3, p. 56-65, 2019.

OLIVEIRA, A. C. G.; CARFAN, A. C.; NERY, J. T. Análises da precipitação pluvial da bacia do São José dos Dourados - SP. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [S. l.], p. 1432-1444, fev. 2017. Instituto de Geociências - UNICAMP. <http://dx.doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2052>.

OLIVEIRA, A. L. G. *et al.* The importance of modeling the effects of trend and anisotropy on soil fertility maps. **Computers And Electronics In Agriculture**, [S. l.], v. 196, mai. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2022.106877>.

OLIVEIRA, B. R.; ANTÔNIO, G. B. Modelagem geoestatística aplicada a geologia de engenharia. Boletim Paranaense de Geociências. **Boletim Paranaense de Geociências**, [S. l.], v. 73, n. 1, jul. 2017. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v73i1.43417>.

OLIVEIRA, D. B. C. SOARES, W. A.; HOLANDA, M. A. C. R. Análise de Desempenho de Modelos de Infiltração Unidimensional de Água no Solo. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 35-42, 2018.

OLIVEIRA, F. L. V. *et al.* Exposição potencial a baixas doses de cromo por via oral e mortalidade por câncer de estômago na população do interior do Estado de São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, [S. l.], v. 37, n. 4, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00020020>.

ORDÓÑEZ, J. A. *et al.* Geostatistical estimation and prediction for censored responses. **Spatial Statistics**, [S. l.], v. 23, p. 109-123, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spasta.2017.12.001>.

PANAGIOTOU, C. F. *et al.* Application of geostatistical methods to groundwater salinization problems: a review. **Journal Of Hydrology**, [S. l.], v. 615, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128566>.

PANDE, C. B.; MOHARIR, K. Spatial analysis of groundwater quality mapping in hard rock area in the Akola and Buldhana districts of Maharashtra, India. **Applied Water Science**, [S. l.], v. 8, n. 4, jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-018-0754-2>.

PAVESI, T.; MOREIRA, J. C. Mechanisms and individuality in chromium toxicity in humans. **Journal Of Applied Toxicology**, [S. l.], v. 40, n. 9, p. 1183-1197, 12 mar. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jat.3965>.

PELEG, N.; GVIRTZMAN, H. Groundwater flow modeling of two-levels perched karstic leaking aquifers as a tool for estimating recharge and hydraulic parameters. **Journal of Hydrology**. [S. l.], v. 388, p. 13-27, jun. 2010.

PELISSARI, A. *et al.* Modelagem geoestatística da dinâmica espacial da altura dominante de *Tectona grandis* L.f. (TECA). **Enciclopedia Biosfera**, [S. l.], v. 8, n. 15, 2012.

PI, X. *et al.* Association between concentrations of barium and aluminum in placental tissues and risk for orofacial clefts. **Science Of The Total Environment**, [S. l.], v. 652, p. 406-412, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.262>.

PICETTI, R. *et al.* Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. **Environmental Research**, v. 210, p. 112988, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112988>

PIGA, F. G. *et al.* Multi-criteria potential groundwater contamination and human activities: araras watershed, Brazil. **Rbrh**, [S. l.], v. 22, out. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.0217170052>.

PILEGGI, F. *et al.* Support method for interpretation of regional groundwater monitoring in urban areas. **Brazilian Journal Of Geology**, [S. l.], v. 51, n. 2, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2317-4889202120200053>.

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

PINASSEAU, L. *et al.* Calibration and field application of an innovative passive sampler for monitoring groundwater quality. **Talanta**, v. 208, p. 120307, 2020.

PINO, F. A. A questão da não normalidade: Uma revisão. *Revista de economia agrícola*, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 17-33, 2014.

PINTO, A. L. *et al.* Alguns métodos estatísticos voltados às unidades de informação. **Biblios**, Peru, n. 46, p. 1-13, 2012. DOI: 10.5195/biblios.2012.21

PODDALGODA, D. *et al.* Development of biomonitoring equivalents for barium in urine and plasma for interpreting human biomonitoring data. **Regulatory Toxicology And Pharmacology**, [S. l.], v. 86, p. 303-311, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.03.022>.

POLLO, R. A. *et al.* Geotecnologias aplicadas ao manejo de bacias hidrográficas: o caso da bacia do rio lavapés em Botucatu (SP). In: AMÉRICO-PINHEIRO, J. H; BENINI, S. (Ed.), **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. Tupã: ANAP, 2018. p.57-71.

PONSADAILAKSHMI, S. *et al.* Evaluation of water quality suitability for drinking using drinking water quality index in Nagapattinam district, Tamil Nadu in Southern India. **Groundwater For Sustainable Development**, [S. l.], v. 6, p. 43-49, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsd.2017.10.005>.

QGIS Development Team. (2023). QGIS geographic information system. QGIS Association.

QURESHI, S. S. *et al.* Assessment of physicochemical characteristics in groundwater quality parameters. **Environmental Technology & Innovation**, [S. l.], v. 24, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eti.2021.101877>.

RANSOM, K. M. *et al.* Machine learning predictions of nitrate in groundwater used for drinking supply in the conterminous United States. **Science Of The Total Environment**, [S. l.], v. 807, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151065>.

RASHID, A. *et al.* Potentially harmful metals, and health risk evaluation in groundwater of Mardan, Pakistan: application of geostatistical approach and geographic information system. **Geoscience Frontiers**, [S. l.], v. 12, n. 3, mai. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2020.12.009>.

REGINATO, P. A. R. *et al.* Análise da influência de fraturas, da precipitação e da produção de poços no pH e na condutividade elétrica (CE) das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, [S. l.], v. 48, n. 2, jun. 2021. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1807-9806.103908>.

REGUEIRA DA COSTA, M. *et al.* Os valores médios dos sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas e a precipitação do semiárido do Estado De Pernambuco. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29414>. Acesso em: 18 abr. 2024.

REIS, T. E. S. *et al.* Landscape dynamics and spatial correlation of forest fragments by Kriging. **Concilium**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 1021-1030, 5 mar. 2023. União Atlântica de Pesquisadores. <http://dx.doi.org/10.53660/clm-950-23b84>.

REZENDE, C. R. *et al.* Qualidade da água subterrânea na área urbana de Uberaba-MG: avaliação de risco à saúde. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 19, n. 2, mar. 2023. Associacao Sergipana de Ciencia. <http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2023.024301>.

RIBEIRO, J. P. M. *et al.* Análise da recarga no sistema aquífero granular e fissural na área do Campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais. **Geonomos**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 28-43, 2014.

RIBEIRO, P. G. *et al.* Qualidade da água subterrânea e tratamento simplificado para abastecimento humano do Instituto Eterna Misericórdia de Lavras-MG. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 8, n. 3, out. 2019. Anima Educação. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e32019566-581>.

RICARDI, A. M. **Variabilidade espacial e temporal da Erosividade das chuvas (EI30) no Estado de São Paulo, Brasil**. 2020. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2020.

RICARDI, A. M.; LIMA, C. G. R. Variabilidade espacial e temporal da erosividade das chuvas (EI30) no estado de São Paulo, Brasil. **Geosciences = Geociências**, [S. l.], v. 40, n. 4, p. 965-985, fev. 2022. UNESP - Universidade Estadual Paulista. <http://dx.doi.org/10.5016/geociencias.v40i04.15492>.

RIOS, A. P. *et al.* 2016. Caracterização hidroquímica do sistema aquífero Bauru no espigão de Marília (SP). **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2017. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v0i0.28725>.

ROBERTSON, G. P. 2004. **GS+: Geostatistics for the environmental sciences (GS+ User's Guide)**. Plainwell, Gamma Desing Software, 176p.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A. M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S. l.], v. 11, n. 1, jan. 2016. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1590>.

ROCHA, J. M. L. *et al.* Dinâmica espacial dos parâmetros físicos e químicos da água em viveiros de piscicultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 602-606, jul. 2017. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i3.4844>.

ROCHA, R. E. *et al.* Variações espaciais na condutividade hidráulica do solo em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani. **Revista do Instituto Geológico**, [S. l.], v. 40, n. 2, p. 35-51, 1 out. 2019. Instituto Geologico. <http://dx.doi.org/10.33958/revig.v40i2.646>.

RODRIGUES, J. B. *et al.* Qualidade da água utilizada na irrigação de produtos orgânicos: o caso de um polo agrícola em Paço Lumiar/MA. **Nature and Conservation**, v.13, n.1, p.16-21, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.001.0003>

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F. **Fundamentos e benefícios do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta para os recursos hídricos**. Brasília: EMBRAPA, 2019.

ROMAGNOLI, I.; MANZIONE, R. L.. Mapeamento da vulnerabilidade e riscos de contaminação das águas subterrâneas na região do Pontal Do Paranapanema (UGRHI-22). **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 307-326, 30 set. 2018. Universidade Estadual Paulista - Campus de Tupa. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2018v12n3p307-326>.

ROMANELLI, A. *et al.* A biological and nitrate isotopic assessment framework to understand eutrophication in aquatic ecosystems. **Science Of The Total Environment**, [S. l.], v. 715, mai. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136909>.

ROSENBERGER, M. *et al.* Vulnerabilidade natural à contaminação do Sistema Aquífero Bauru na área urbana do município de Bauru (SP). **Revista do Instituto Geológico**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 51-67, 2013. Instituto Geologico. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929x.20130009>.

ROSSI, M. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: Revisado e Ampliado**. 2017. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal.

SANTANA, A. T.; VICENTINI, C. F.; CUBA, R. M. F. Avaliação da presença de nitrato e coliformes em águas subterrâneas de Presidente Prudente – SP. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 8, n. 12, nov. 2012. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. <http://dx.doi.org/10.17271/198008278122012364>.

SANTAROSA, L. V.; MANZIONE, R. L.; GONÇALVES, V. F. M. Modelagem da oscilação do nível freático para mensurar o volume explorável da água subterrânea. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28710>.

SANTOS, B. C.; FONTÃO, P. A. B.; SOUZA, P. H. O efeito do relevo nas chuvas na porção central do Estado de São Paulo em anos padrão extremos. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 40, 2020.

SANTOS, C.; DIAS, C. Note on the coefficient of variation properties. **Brazilian Electronic Journal of Mathematics**, v. 2, n. 4, p. 101-11, 2021.

SANTOS, D. Uma Introdução do Semivariograma e sua Importância dentro da Geoestatística. *In*: I Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial, 1.; Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, 44., 2018, Londrina. **Anais [...]**. Londrina, 2018. Disponível em: <https://anais.uel.br/portal/index.php/sinagget>

SANTOS, dos. A. S. D. *et al.* Águas subterrâneas: poço tubular. **Brazil Journal of Bususiness**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 550-563, jan./mar. 2020.

SANTOS, R. M. dos.; KOIDE, S. Avaliação da Recarga de Águas Subterrâneas em Ambiente de Cerrado com Base em Modelagem Numérica do Fluxo em Meio Poroso Saturado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 451-465, jun. 2016.

SANTOS, R. S. Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. **Revista Contexto & Saúde**, [S. l.], v. 13, n. 24-25, p. 46–53, 2014. DOI: 10.21527/2176-7114.2013.24-25.46-53.

SANTOS, T. O.; BONOTTO, D. M. ^{222}Rn , ^{226}Ra and hydrochemistry in the Bauru Aquifer System, São José do Rio Preto (SP), Brazil. **Applied Radiation and Isotopes**, [S. l.], v. 86, p. 109-117, abr. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2013.12.003>.

SANTOS, V. C. D. *et al.* Análise do efeito orográfico na distribuição espacial das chuvas no município de Itirapina-SP. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 13., 2018, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: SBCG, 2018. Disponível em: <https://sites.usp.br/climatologia/wp-content/uploads/sites/267/2018/11/EFEITO-OROGR%C3%81FICO.pdf>

SÃO PAULO (Estado). DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica; IG - Instituto Geológico; IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo escala 1:1.000.000**. São Paulo: DAEE/IG/IPT/CPRM, 119 p., 2005.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação; Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Geológico. **Sistema Aquífero Bauru. Delimitação de Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento Público**. São Paulo: IPT/IG, 2016. 71 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Instituto Geológico; Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos, Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Projeto São José do Rio Preto: restrição e controle de uso de água subterrânea**. São Paulo: IG/DAEE, 2011. 140 p.

SCHEFFLER, J. *et al.* Qualidade das águas subterrâneas de consumo humano em comunidades rurais no noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 72–92, 2022. DOI: 10.59306/rgsa.v11e1202272-92.

ŚCIBIOR, A. *et al.* Vanadium: risks and possible benefits in the light of a comprehensive overview of its pharmacotoxicological mechanisms and multi-applications with a summary of further research trends. **Journal Of Trace Elements In Medicine And Biology**, [S. l.], v. 61, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126508>.

ŚCIBIOR, A.; WNUK, E.; GOLEBIOWSKA, D. Wild animals in studies on vanadium bioaccumulation - Potential animal models of environmental vanadium contamination: a comprehensive overview with a polish accent. **Science Of The Total Environment**, [S. l.], v. 785, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147205>.

SENA, J. P. O.; MORAES NETO, J. M.; LUCENA, D. B. Variabilidade da precipitação em Sumé e São João do Cariri e suas consequências na agropecuária. **Revista Brasileira de Climatologia**. [S. l.], v. 25, 2019.

SHAIKH, M.; BIRAJDAR, F. Advancements in Remote Sensing and GIS for Sustainable Groundwater Monitoring: Applications, Challenges, and Future Directions. **International Journal of Research in Engineering, Science and Management**, v. 7, n. 3, p. 16-24, 2024.

SHUQAIR, S. M. S. 2002. **Estudo da contaminação do solo e água subterrânea por elementos tóxicos originados dos rejeitos das minas de carvão de Figueira no Estado do Paraná**. São Paulo, SP. 117p. (Tese de Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais, Universidade de São Paulo.

SILVA, F. P. *et al.* Hidroestratigrafia do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 1-2, 28 jun. 2005. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v19i2.8225>.

SILVA, F. P. *et al.* Perfis de referência do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. *Geociências*, São Paulo, v. 22, p. 21-32, 2003.

SILVA, F. P. *et al.* Sedimentation of the Cretaceous Bauru Group in São Paulo, Paraná Basin, Brazil. **Journal Of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 25-39, jul. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2009.02.008>.

SILVA, J. F. A.; PEREIRA, R. G. Panorama global da distribuição e uso de água doce. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. [S. l.], v. 10, n. 3, p. 263-280, 2019.

SILVA, L. P. *et al.* Análise exploratória de dados da qualidade da água de poços amazonas na cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 43-51, 23 fev. 2018b. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v32i1.28941>.

SILVA, R. A. A comparative analysis between the Geostatistics and Machine Learning methods for mineral resource estimation. **International Journal of Geoscience, Engineering and Technology**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 14-22, 2020.

SILVA, R. S. B. *et al.* Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S. l.], v. 13, n. 2, abr. 2018a. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2072>.

SISTE, N. A., SOUZA, A. T. A qualidade da água das minas utilizadas para fins de potabilidade em pontos de afloramentos do Aquífero Bauru no entorno de Presidente Prudente/SP. **Colloquium Exactarum**, [S. l.], v. 4, p. 141-148, out. 2013. Associação Prudentina de Educação e Cultura (APEC). <http://dx.doi.org/10.5747/ce.2013.v05.nesp.000064>.

SOFFA, A. F. *et al.* Água para consumo humano e dessedentação no meio rural de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 23-43, 20 abr. 2020. Anima Educação. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e1202023-43>.

SOLGI, E.; JALILI, M. Zoning and human health risk assessment of arsenic and nitrate contamination in groundwater of agricultural areas of the twenty-two village with geostatistics (Case study: chahardoli plain of qorveh, kurdistan province, iran). **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 255, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107023>.

SOLTANI, S. S.; ATAIE-ASHTIANI, B.; SIMMONS, C. T. Review of assimilating GRACE terrestrial water storage data into hydrological models: Advances, challenges and opportunities. **Earth-Science Reviews**, [S. l.], v. 213, 2021.

SONG, K. *et al.* Research on drinking-groundwater source safety management based on numerical simulation. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 15481, 2020.

SOUSA, R. G. *et al.* Mapeamento da distribuição espacial da qualidade da água em função do uso e da ocupação do solo e da precipitação na Bacia do Rio Pará, MG. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 817-829, ago. 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220200369>.

STATSOFT, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com

STRADIOTO, M. R. *et al.* Water-Rock Interactions in the Bauru Aquifer System – São Paulo State, Brazil. **Procedia Earth And Planetary Science**, [S. l.], v. 17, p. 388-391, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeps.2016.12.098>.

STRADIOTO, M. R.; TERAMOTO, E. H.; CHANG, H. K. Nitrato em águas subterrâneas do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, [S. l.], v. 40, n. 3, p. 1-12, 31 dez. 2019. Instituto Geológico. <http://dx.doi.org/10.33958/revig.v40i3.672>.

STRADIOTO, M. R.; TERAMOTO, E. H.; CHANG, H. K. Rock-solute reaction mass balance of water flowing within an aquifer system with geochemical stratification. **Applied Geochemistry**, [S. l.], v. 123, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2020.104784>.

STRADITO, M. R.; TERAMOTO, E. H.; CHANG, H. K. Nitrato em águas subterrâneas do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 1-12, 2019. <https://doi.org/10.33958/revig.v40i3.672>

SUN, H.; SU, F. Precipitation correction and reconstruction for streamflow simulation based on 262 rain gauges in the upper Brahmaputra of southern Tibetan Plateau. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 590, nov. 2020.

TAVARES, C. M. G.; FERREIRA, C. C. M. A relação entre a orografia e os eventos extremos de precipitação para o município de Petrópolis-RJ. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 26, 2020.

TAVARES, T. 2013. **Investigação de anomalias hidrogeoquímicas de bário em aquíferos do estado de São Paulo**. São Paulo, SP. 192p. (Tese de Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

TERASSI, P. M. B. *et al.* Rainfall and erosivity in the municipality of Rio de Janeiro - Brazil. **Urban Climate**, [S. l.], v. 33, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100637>.

TIRKEY, P. *et al.* Assessment of groundwater quality and associated health risks: a case study of ranchi city, jharkhand, india. **Groundwater For Sustainable Development**, [S. l.], v. 5, p. 85-100, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsd.2017.05.002>.

UDDIN, M. G. *et al.* Spatial variability in the distribution of trace metals in groundwater around the Rooppur nuclear power plant in Ishwardi, Bangladesh. **Groundwater For Sustainable Development**, [S. l.], v. 7, p. 220-231, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsd.2018.06.002>.

UECHI, D. A. *et al.* Qualidade das Águas Subterrâneas em Aquífero Sedimentar do Tipo Livre em Área Fertirrigada com Efluente de Suinocultura em São Gabriel do Oeste, MS. **Anuário do Instituto de Geociências**, [S. l.], v. 45, dez. 2022. Universidade Federal do Rio de Janeiro. http://dx.doi.org/10.11137/1982-3908_2022_45_45460.

UECHI, D. A.; GABAS, S. G.; LASTORIA, G. Análise de metais pesados no Sistema Aquífero Bauru em Mato Grosso do Sul. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 155-167, nov. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016142430>.

VALDIVIELSO, S. *et al.* Characterization of precipitation and recharge in the peripheral aquifer of the Salar de Atacama. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 806, 2022.

VARNIER, C. *et al.* Contaminação das águas subterrâneas por nitrato e a expansão urbana em Presidente Prudente (SP). **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2010.

VASCONCELOS JUNIOR, T. V. N. *et al.* Diagnóstico quantitativo da determinação de elementos-traços das águas subterrâneas no entorno do Bairro das Flores, município de Benevides-PA. *In*: XV Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia. 1., 2018, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju: SBE, 2018.

VENANCIO, L. *et al.* Monitoramento da qualidade e hidrogeoquímica das águas subterrâneas do setor noroeste da região metropolitana de Fortaleza CE. **Geochimica Brasiliensis**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 138-160, 21 dez. 2020. *Geochimica Brasiliensis*. <http://dx.doi.org/10.21715/gb2358-2812.2020342138>.

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. **Revista Águas Subterrâneas**. [S. l.], v. 32, n. 3, p. 295-306, ago. 2018. *Lepidus Tecnologia*. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v32i3.29099>.

VICENTE, G. Z. **Geoestatística aplicada à análise de parâmetros da qualidade das águas subterrâneas do Aquífero Bauru**. 78 f. Dissertação (Mestrado Curso de Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2018.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 83-102, jan./mar. 2016.

VISSER, A. *et al.* Geostatistical analysis of tritium, groundwater age and other noble gas derived parameters in California. **Water Research**, [S. l.], v. 91, p. 314-330, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.004>.

VOLTERA, P. H. **Correlação linear entre parâmetros de qualidade das águas em diferentes aquíferos no estado de São Paulo, Brasil**. 2022. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Profágua, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2022.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 4. ed. Belho Horizonte: Editora UFMG, 2014. 452 p.

WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C. D.; CARVALHO, F. O. D. Interpolação espacial da precipitação no Estado de Alagoas utilizando técnicas geoestatística. **Revista Campo Digital**, [S. l.], v. 8, n. 1, 2013.

WANG, L. *et al.* The changing trend in nitrate concentrations in major aquifers due to historical nitrate loading from agricultural land across England and Wales from 1925 to 2150. **Science Of the Total Environment**, [S. l.], v. 542, p. 694-705, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.127>.

WEHRLI, B.; STUMM, W. Vanadyl in natural waters: adsorption and hydrolysis promote oxygenation. **Geochimica Et Cosmochimica Acta**, [S. l.], v. 53, n. 1, p. 69-77, jan. 1989. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(89\)90273-1](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(89)90273-1).

WHO. World Health Organization. 2000. **Air quality guidelines - Vanadium**. 2.ed. Copenhagen, WHO, 9p.

WHO. World Health Organization. 2011. **Guidelines for drinking-water quality**. 4.ed. Geneva, WHO, 541p.

WOLFF, W. *et al.* Spatialization of the annual and seasonal average precipitations in the state of Santa Catarina, Brazil. **Journal Of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 103, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102735>.

WOLLENHAUPT, N. C. *et al.* Soil sampling and interpolation techniques for mapping spatial variability of soil properties. **The state of site specific management for agriculture**, p. 19-53, 1997. <https://doi.org/10.2134/1997.stateofsitespecific.c2>

WRIGHT, M. T.; BELITZ, K. Factors Controlling the Regional Distribution of Vanadium in Groundwater. **Ground Water**, [S. l.], v. 48, n. 4, p. 515-525, 20 jan. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.2009.00666.x>.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215 p.

YAN, T. *et al.* Continental-scale spatial distribution of chromium (Cr) in China and its relationship with ultramafic-mafic rocks and ophiolitic chromite deposit. **Applied Geochemistry**, [S. l.], v. 126, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.104896>.

YANG, D.; YANG, Y.; XIA, J. Hydrological cycle and water resources in a changing world: a review. **Geography and Sustainability**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 115-122, jun. 2021.

ZAKERI, F.; MARIETHOZ, G. A review of geostatistical simulation models applied to satellite remote sensing: methods and applications. **Remote Sensing of Environment**, [S. l.], v. 259, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2021.112381>.

ZHANG, Z.; COSTA, M. P62 functions as a signal hub in metal carcinogenesis. **Seminars In Cancer Biology**, [S. l.], v. 76, p. 267-278, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.semcancer.2021.04.014>.

ZHAO, B.; SUN, Z.; LIU, Y. An overview of in-situ remediation for nitrate in groundwater. **Science Of the Total Environment**, [S. l.], v. 804, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149981>.

ZIHAD, S. M. R. A. *et al.* Fuzzy logic, geostatistics, and multiple linear models to evaluate irrigation metrics and their influencing factors in a drought-prone agricultural region. **Environmental Research**, [S. l.], v. 234, out. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2023.116509>.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23802>.