



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

WILLIAN DA SILVA SANTOS

**O FLÚOR NA PORÇÃO NORTE DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO DAS CINZAS-PR:  
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SOB A ÓTICA  
DA GEOGRAFIA DA SAÚDE**

---

Londrina  
2019

WILLIAN DA SILVA SANTOS

**O FLÚOR NA PORÇÃO NORTE DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO DAS CINZAS-PR:  
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SOB A ÓTICA  
DA GEOGRAFIA DA SAÚDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia: Dinâmica Espaço Ambiental da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção de título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Peccinini  
Pinese

Londrina  
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Santos, Willian da Silva.

O flúor na porção norte da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas-PR : qualidade das águas subterrâneas sob a ótica da geografia da saúde / Willian da Silva Santos. - Londrina, 2019.  
135 f. : il.

Orientador: José Paulo Peccinini Pinese.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Geografia da saúde - Tese. 2. Bacia hidrográfica - Tese. 3. Anomalia geoquímica - Tese. 4. Flúor - Tese. I. Pinese, José Paulo Peccinini. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

**WILLIAN DA SILVA SANTOS**

**O FLÚOR NA PORÇÃO NORTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
DAS CINZAS-PR:  
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SOB A ÓTICA DA  
GEOGRAFIA DA SAÚDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia: Dinâmica Espaço Ambiental da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção de título de Mestre em Geografia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Raul Borges Guimarães  
Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Presidente Prudente

---

Prof. Dr. André Celligoi  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 25 de Fevereiro de 2019.

## AGRADECIMENTOS

Desde de que cheguei a Londrina tive o prazer de conhecer pessoas incríveis que fizeram parte da minha trajetória, e aqui vou citar alguns nomes como forma de gratidão e eternizá-los nessas páginas.

A princípio, ao meu orientador Prof. José Paulo Peccinini Pinese por prontamente aceitar orientar-me, obrigado por partilhar seus saberes e por ser um ótimo professor.

Aos professores André Celligoi e Professora Eloiza C. Torres pelas primeiras correções e apontamentos no direcionamento desta pesquisa e ao professor Raul Borges Guimarães por compor minha banca avaliadora, muito obrigado.

Aos professores do programa de pós-graduação da UEL que tive o prazer de ouvi-los em aula: Fábio Cesar A. Cunha, Jeani Delgado Paschoal Moura, Luciano Nardini Gomes e, vocês são muito bons no que fazem! E um sempre e necessário obrigado a professora Maria Cristina Perusi que representa minhas origens geográficas da Unesp Ourinhos, você é minha inspiração.

Muito obrigado aos funcionários do Departamento de Geociências e de Pós-Graduação do CCE, em especial Anderson Pereira, sempre disposto a nos ajudar.

A quem me ajudou no início, quando tudo era desconhecido, minha amiga à primeira vista Fabiana Bezerra Mangili, você foi e é muito importante para mim, obrigado.

Às boas companhias da pós-graduação em especial Rosana Kostecki e Thamy Gioia, gostei muito de conviver com vocês.

Aos parceiros do Laboratório de Geoquímica Diego Vila Guimarães e Vinicius Genaro, vocês são ótimos. Um OBRIGADO EM CAIXA ALTA ao Glauber Stefan que para além de um bom amigo topou ser o motorista durante meu trabalho de campo, sem você não sei o que teria feito, valeu mesmo.

Ao meu “amiguinho” do grupo de estudos QGIS UEL João Vitor Gonçalves, obrigado pela parceria e por dividir seus conhecimentos.

À minha primeira família londrinense da República Maria Joana: Carla Hayashi, Júlia Plaza e Letícia de Castro, pelos dias inesquecíveis que vivemos. À atual formação Caroline Ogata, Danyele Rodrigues, Hercílio Neto e Thiara Gonçalves, é muito bom conviver com vocês!

Aos meus amigos da Livraria da Vila, parceiros de trabalho e amizade fortemente mantida: Barbara Lazari, Juliana Alves, Karine Leme, Manuela Slonski, Marcela Martins e Wanderley Gonçalves, livreiros unidos!

Ao meu amigo, vizinho e irmão para todas as horas, de muitos almoços e longas conversas: Bruno Nomura, obrigado à vida por te encontrar.

Te agradeço João Nakao pelos dias felizes de antes e de agora, é muito bom estar contigo.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio, amo vocês.

E por fim, grato pela estrutura oferecida pela Universidade Estadual de Londrina, ao RU e pelo apoio financeiro da Capes, da Fundação Araucária do Estado do Paraná, Brasil, órgão oficial de financiamento científico e tecnológico - Processos 13.015, 15.580, 19.733, 41.593 e ao CNPq processo 310.608/2017. Também ao edital 01-2016 do CEPED/FUNESPAR/SANEPAR e dos projetos do Convênio CNPq/Fundação Araucária: 61.0088/06-8 e Convênio Fundação Araucária/UEL: 063/08.

Me sinto privilegiado de estar aqui e me comprometo a devolver toda essa gratidão à sociedade através dos meus conhecimentos aqui adquiridos.

“Ensinar a pesquisar: essa é uma das grandes alegrias do professor, somente comparável à do pai que vê o filho partindo sozinho como pássaro jovem que, pela primeira vez, se lança sobre o vazio com suas próprias asas. O professor vê o discípulo partindo para o desconhecido, para voltar como os mapas que ele mesmo irá fazer, de um mar onde ninguém mais esteve. É isso que deve ser uma pesquisa e uma tese: uma aventura por um mar que ninguém mais conhece.”

RUBEM ALVES  
*Variações sobre o prazer* (2011)

SANTOS, Willian da Silva. **O flúor na porção norte da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas-PR: qualidade das águas subterrâneas sob a ótica da geografia da saúde.** 2019. 135 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## RESUMO

Esta pesquisa lança um olhar sobre a qualidade das águas subterrâneas e riscos oferecidos pelos teores de flúor naturalmente dissolvidos pelo contato água – rocha e seus impactos à saúde. A Geografia da Saúde apoiada nos saberes da Geologia Médica busca compreender a comunicação entre os fatores geológicos do ambiente e sua interação com o organismo humano por desequilíbrios em cenários de alta concentração, denominados esses, anomalias geoquímicas. O elemento químico Flúor (F) tem sido empregado na prevenção dos dentes contra a cárie dental, através da diluição de valores pré-estabelecidos na água de abastecimento público no Brasil e no mundo. Entretanto, algumas áreas dos sistemas aquíferos possuem concentrações elevadas do elemento, o que resulta nas doenças geoquímicas Fluorose dental e Fluorose óssea, dentre outras possíveis morbidades também associadas. A portaria nº635/Bsb de dezembro de 1975 do Ministério da Saúde, delimita valores máximos de flúor para consumo humano, esses regulados pelas médias térmicas máximas diárias, possibilitando, portanto, caracterizar áreas de baixa e alta concentração. Através da cartografia e técnicas geoespaciais analisou-se a distribuição do elemento flúor nos 14 municípios da porção Norte da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas – PR, em 73 amostras coletadas em poços tubulares, além de informações de parâmetros da água como Temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Turbidez e Oxigênio dissolvido. Verificou-se que além dos 54 poços com valores deficientes de flúor (0,01 - 0,6 mg/L), 15 poços apresentaram valores elevados (0,8 mg/L – 4,7 mg/L), caracterizando áreas fluoranômalas contínuas e pontuais sobretudo na porção Leste e Noroeste da área de estudo, esta área sob a formação geológica Serra Geral associada a afinidade geoquímica do flúor em rochas ígneas vulcânicas. Sobretudo a porção Leste, quando sobreposta com estudos anteriores para o mesmo elemento, na mesma área, apresentou correlação distributiva dos pontos de anomalia geoquímica, reforçando a hipótese da existência de um “cinturão anômalo” nos municípios limítrofes de Jacarezinho, Santo Antônio da Platina, Jundiá do Sul e Guapirama. Somado a isto, a prevalência de morbidades secundárias associadas ao flúor reforça a possibilidade de impactos a saúde num ambiente de altas concentrações. A saúde das populações inseridas na porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas-PR necessita de um olhar atento às manifestações de doenças relacionadas ao consumo excessivo elemento flúor pela água subterrânea consumida.

**Palavras-chave:** Geografia da saúde. Bacia hidrográfica. Anomalia geoquímica. Flúor.

SANTOS, Willian da Silva. **fluorine in the northern portion of Rio das Cinzas' hydrographic basin**: quality of groundwaters from the perspective of health geography. 2019. 135 p. Dissertation (Master's Degree in Geography) - State University of Londrina, Londrina, 2019.

### ABSTRACT

This research reflects about the quality of groundwater and the risks offered by fluorine levels naturally dissolved by water-rock contact and its health impacts. Health Geography, based on the knowledge of Medical Geology, seeks to understand the communication between the geological factors of the environment and its interaction with the human organism, analyzing possible geochemical anomalies. The chemical element Fluor (F) has been used to prevent dental caries through its dilution in public water supply in Brazil and the world. However, some areas of the aquifer systems have high concentrations of the element, which results in geochemical diseases as Dental fluorosis and Skeletal fluorosis, among other possible associated morbidities. Brazil Health Ministry's decree No. 635 of December 1975 delimits maximum values of fluorine for human consumption according to the maximum daily thermal averages of each region, thus making it possible to characterize areas of low and high concentration. Through cartography and geospatial techniques, the distribution of the fluorine element in the 14 municipalities of northern portion of Rio das Cinzas' hydrographic basin (Paraná state) was analyzed in 73 samples collected at tubular wells, in addition to water parameters information such as temperature, pH, electrical conductivity, turbidity and dissolved oxygen. It was verified that, besides 54 wells with deficient fluorine values (0.01-0.6 mg/L), 15 wells presented high values (0.8 mg/L - 4.7 mg/L), characterizing continuous and punctual anomalous areas, especially in East and Northwest portions of the studied area, those under the geological formation Serra Geral, associated with the fluorochemical affinity of fluorine in volcanic igneous rocks. Specially the eastern portion, considering previous studies about the same element, presented a distributive correlation of points of geochemical anomaly, reinforcing the hypothesis of the existence of an "anomalous belt" in the bordering municipalities of Jacarezinho, Santo Antônio da Platina, Jundiá do Sul and Guapirama. In addition, the prevalence of secondary fluorine-associated morbidities reinforces the potential for health impacts in a high-concentration environment.

**Keywords:** Health geography. Hydrographic basin. Geochemical anomaly. Fluorine.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapeamento do casos de óbito por cólera.....	21
Figura 2	Quadro de elementos químicos e metais. ....	29
Figura 3	Quadro de classificação de fluorose dentária por Dean .....	44
Figura 4	Caso de fluorose óssea .....	47
Figura 5	Atual amostra P33 e leitor de multiparâmetros.....	53
Figura 6	Potenciômetro durante leitura de amostra.....	54
Figura 7	Localização dos 73 poços tubulares amostrados .....	56
Figura 8	Caminho procedimental seguido nesta pesquisa .....	58
Figura 9	Mapa de localização dos municípios .....	59
Figura 10	Mapa Geológico .....	63
Figura 11	Mapa Geomorfológico .....	65
Figura 12	Mapa Altimétrico.....	66
Figura 13	Mapa Pedológico.....	68
Figura 14	Climograma da área de estudo .....	70
Figura 15	Mapa das Unidades Aquíferas .....	74
Figura 16	Quantidade de poços amostrados.....	75
Figura 17	Finalidades de uso dos poços amostrados.....	76
Figura 18	Gráfico de prevalência em patologias apontadas como possíveis efeitos nocivos do flúor. ....	82
Figura 19	Mapa da Prevalência por patologias apontadas como possíveis efeitos nocivos do flúor .....	84
Figura 20	Mapa dos valores de Temperatura (°C) (IDW) .....	87
Figura 21	Mapa dos valores de Temperatura (Círculos proporcionais) .....	88
Figura 22	Mapa dos valores de Potencial Hidrogeniônico (pH) (IDW).....	89
Figura 23	Mapa dos valores de Potencial Hidrogeniônico (pH) (Círculos proporcionais).....	90
Figura 24	Mapa dos valores de Condutividade Elétrica (mS/cm) (IDW).....	92
Figura 25	Mapa dos valores de Condutividade Elétrica (mS/cm) (Círculos proporcionais).....	93
Figura 26	Mapa dos valores de Turbidez (NTU) (IDW) .....	94

Figura 27	Mapa dos valores de Turbidez (Círculos proporcionais) .....	95
Figura 28	Mapa dos valores de Oxigênio Dissolvido (mg/L) (IDW) .....	97
Figura 29	Mapa dos valores de Oxigênio Dissolvido (mg/L) (Círculos proporcionais).....	98
Figura 30	Mapa dos valores de Flúor (mg/L) Segundo Portaria nº5, de setembro 2017 (2018) (IDW) .....	100
Figura 31	Mapa dos valores de Flúor (mg/L). Segundo Portaria nº635/Bsb, de dezembro 1975 (2018) (IDW) .....	101
Figura 32	Mapa dos valores de Flúor (mg/L) Segundo Portaria nº635/Bsb, de dezembro 1975 (2018) (Círculos proporcionais) .....	102
Figura 33	Mapa síntese do "Cinturão anômalo" de flúor nas águas subterrâneas e superficiais.....	109

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores do índice CPO-D em escolares de 7 a 12 anos .....	39
Tabela 2	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da temperatura média diária.....	40
Tabela 3	Precipitação anual acumulada (mm) .....	71
Tabela 4	Médias anuais de temperatura máxima (°C) .....	71
Tabela 5	Pontos de anomalia positiva para teores de Flúor .....	105

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius (medida de temperatura)
(OH) <sup>-</sup>	Hidroxila
a.c.	Antes de Cristo
ANA	Agência Nacional de Águas
CDC	<i>Centers of Disease Control and Prevention. U. S.</i>
Cfa	Tipo Climático Subtropical Mesotérmico Úmido
Cfb	Tipo Climático Temperado Mesotérmico Úmido
CID	Classificação Internacional de Doenças
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPO-D	Dentes Cariados, Perdidos e Obturados
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DATASUS	Departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
DDI	<i>Iodine Deficiency Disorders</i>
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IAPAR	Instituto Agrônomo Do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW	Inverse Distance Weighted - Inverso do Quadrado da Distância
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
ITCG	Instituto de Terras, Cartografias e Geologia
Km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
M.a.	Milhões de anos
mg/L	miligramas por litro
Mm	milímetro
mS/cm	milisiemens por centímetro (medida de condutividade elétrica)
NTU	Unidades Nefelométricas
OD	Oxigênio dissolvido
OMS	Organização Mundial de Saúde
PGAGEM	Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica
pH	Potencial hidrogeniônico

ppm	Partes por milhão
SAG	Sistema Aquífero Guarani
SASG	Sistema Aquífero Serra Geral
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento
TP	Taxa de prevalência
UAPMS	Unidade Aquífera Paleozóica Média Superior
UAPS	Unidade Aquífera Paleozóica Superior
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UTM	Universal Transversa de Mercator
VMP	Valor Máximo Permitido
VMR	Valor Máximo Recomendado
WHO	<i>World Health Organization</i>

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
2.	OBJETIVO .....	17
2.1	Objetivos específicos.....	17
3.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
3.1	Breve histórico: da geografia médica à geografia da saúde .....	18
3.2	Contribuições da geologia médica e hidrogeoquímica.....	26
3.2.1	Elementos Químicos e a saúde humana .....	27
3.2.2	Hidrogeoquímica .....	31
3.3	Flúor: aspectos gerais .....	33
3.3.1	A fluoretação.....	33
3.3.2	Benefícios do flúor .....	41
3.3.3	Malefícios do flúor .....	42
3.3.4	A Fluorose dentária .....	43
3.3.5	A Fluorose óssea.....	46
4.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	49
4.1	Revisão bibliográfica.....	49
4.2	Dados para a Caracterização Física.....	49
4.3	Dados secundários de saúde .....	50
4.4	Dados de fluorose dental.....	51
4.5	Coleta de amostras.....	51
4.6	Análise química .....	53
4.7	Parâmetros para teores de flúor .....	55
4.8	Tabulação e elaboração cartográfica.....	55
5.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	59
5.1	Geologia .....	60
5.2	Geomorfologia .....	64

<b>5.3</b>	<b>Pedologia</b> .....	<b>67</b>
<b>5.4</b>	<b>Clima</b> .....	<b>69</b>
<b>5.5</b>	<b>Hidrografia</b> .....	<b>72</b>
<b>5.5.1</b>	<b>Águas subterrâneas</b> .....	<b>72</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Sistema Aquífero Serra Geral – SASG</b> .....	<b>76</b>
<b>5.5.3</b>	<b>Sistema Aquífero Guarani – SAG</b> .....	<b>78</b>
<b>5.5.4</b>	<b>Unidade Aquífera Paleozóica Média Superior – UAPMS</b> .....	<b>79</b>
<b>5.5.5</b>	<b>Unidade Aquífera Paleozóica Superior - UAPS</b> .....	<b>80</b>
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>81</b>
<b>6.1</b>	<b>Dados secundários</b> .....	<b>81</b>
<b>6.2</b>	<b>Espacialidade dos multiparâmetros</b> .....	<b>85</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Temperatura</b> .....	<b>85</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Potencial hidrogeniônico</b> .....	<b>86</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Condutividade Elétrica</b> .....	<b>91</b>
<b>6.2.4</b>	<b>Turbidez</b> .....	<b>91</b>
<b>6.2.5</b>	<b>Oxigênio dissolvido</b> .....	<b>96</b>
<b>6.3</b>	<b>Espacialidade do flúor</b> .....	<b>99</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>110</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>113</b>
	<b>APÊNDICE</b> .....	<b>125</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>131</b>
	<b>Anexo I</b> .....	<b>131</b>
	<b>Anexo II</b> .....	<b>132</b>
	<b>Anexo III</b> .....	<b>134</b>
	<b>Anexo IV</b> .....	<b>135</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A premissa frequentemente proferida de que águas subterrâneas são completamente benéficas ao organismo humano ou serem normalmente puras precisa ser mais cuidadosa ou até mesmo reformulada. Pensar o consumo de águas de subsuperfície implica uma compreensão de fatores antrópicos ou naturais relacionados ao espaço que as cercam, estes podem ocasionar desequilíbrios químicos e/ou biológicos significativos aos seus consumidores.

Segundo Hirata (2008), mais de 1,5 bilhão de pessoas suprem suas necessidades por mananciais subterrâneos em áreas urbanas e rurais. Estes dados têm se mostrado superados num crescimento mundial pela escolha desta fonte de captação, isso tem ocorrido principalmente em países em desenvolvimento, que nesta escolha obtêm um custo menor na obtenção desta água por sua usual qualidade apresentada. Na maioria das vezes mostram-se nas águas subterrâneas satisfatórios índices químicos, físicos e microbiológicos que não demandam nenhum tratamento, embora algumas contaminações podem ocorrer, colocando em alerta a população consumidora e seu bem-estar. Estes contágios geralmente estão associados e relacionados a infiltrações de esgoto (fossas e latrinas), aterros sanitários, resíduos industriais, fertilizantes e pesticidas além de mecanismos naturais que podem afetar a qualidade das águas.

A geologia soma-se a este cenário como fator principal na disponibilização de água subterrânea devido a competência de algumas formações rochosas armazenarem e promoverem seu fluxo através de poros ou falha litológicas (KARMANN, 2008). O intercâmbio entre água e rocha faz com que a água transporte algumas substâncias, estas que em determinados acúmulos podem torná-la não potável ou prejudicial. Quando os teores dos elementos se expressam de forma anormal em concentração define-se como uma anomalia geoquímica, ou seja, fora dos parâmetros estimados normais numa determinada localidade (LICHT, 1983).

Juntamente a estes elementos, o clima, regimes pluviométricos em diferentes proporções e outros fatores naturais e antrópicos podem refletir de alguma maneira na qualidade de vida e na saúde humana. Reflexões sobre essas conexões do ambiente associadas ao funcionamento biológico do corpo lançaram bases a uma vertente da ciência geográfica denominada Geografia da Saúde e seus desmembramentos. Fato também observado na Geologia Médica.

Dentre os elementos em solução hídrica, o fluoreto, como forma iônica do flúor (F)<sup>1</sup>, elemento não essencial, tem demonstrado em diversas pesquisas que, em concentrações adequadas, promove uma satisfatória prevenção de cárie dentária e um bom desenvolvimento ósseo.

Porém, a exposição de flúor em excesso a longo prazo tem sido relacionada a algumas doenças, dentre elas, em diferentes intensidades a ocorrência da fluorose. Diversos resultados sobre a relação anômala entre flúor e a fluorose no Estado do Paraná foram publicados, comprovando seus impactos no organismo humano, a priori por Licht (2001), expondo análises a nível estadual dos indícios de concentração e detalhado por estudos recentes (PIRES, E. O. 2008, ALIEVI, 2012; NASCIMENTO, R. E. 2015; ROSS, A. 2015; PINESE ET AL, 2017).

Historicamente no Brasil, a cárie dental representou um sério problema de saúde coletiva.

Essa doença é causada por bactérias que num ambiente favorável torna o dente vulnerável à cavitação. Quando descoberto os efeitos do flúor no aumento da resistência do esmalte dos dentes, passou-se a inseri-lo na água de abastecimento público, contando então com uma manutenção diária do elemento na dentição da população (BUENDIA, 1996; FUNASA, 2012).

O método de adição do flúor no consumo humano pautado em concentrações adequadas às presentes na água é denominado fluoretação, este visa atingir níveis de flúor padronizados correspondentes à legislação no controle e precaução da cárie (RAMIRES; BUZALAF, 2007).

Entretanto, como consequência de uma exposição inadequada, o Ministério da Saúde e a Organização Mundial de Saúde delimitam valores considerados propensos ao desenvolvimento da cárie e da fluorose dentária, condicionados aos diferentes climas de cada região.

A problemática deste estudo sobre os níveis de flúor na porção Nordeste do Estado do Paraná também é trabalhada na pesquisa de Golono de Deus (2016), nesse estudo revelaram-se anomalias<sup>2</sup> do elemento em águas superficiais, além de correlações entre as morbidades a ele atribuídos, em especial a fluorose dentária.

---

<sup>1</sup> Cabe ressaltar que é entendido nesse trabalho que o termo 'flúor' engloba a definição de fluoreto, sua forma iônica dissolvida em água.

<sup>2</sup> O uso do termo 'anomalia' nesta pesquisa diz respeito a valores inferiores ou superiores referentes à normas de saúde apenas, e não o estabelecimento de teores médios de background geoquímico.

A área de estudo está localizada no nordeste paranaense e assentada sobre quatro unidades aquíferas, sendo que 8 dos 14 municípios analisados tem o abastecimento público captado em águas subterrâneas e 4 por captação conjunta - subterrânea e superficial (BRASIL, 2010). Se faz necessário, portanto, uma investigação que incremente às pesquisas anteriores para caracterização do cenário de flúor nas águas profundas desta área.

Os processos de análise estão apoiados na interpretação diagnóstica de dados primários amostrados em poços tubulares e por fim cartografados, possibilitando assim uma leitura espacial do elemento flúor e associações desta concentração a morbidades. Como resultados, espera-se contribuir na caracterização hídrica quanto ao elemento flúor na região estudada e possíveis enfermidades correlatas.

Este estudo está estruturado em três capítulos teóricos, trazendo no primeiro as contribuições e desenvolvimento da Geografia da Saúde e aspectos da Geologia Médica que nortearão conceitualmente as discussões. O segundo versa sobre subsídios teóricos e técnicos da Geologia médica, e por fim, o terceiro capítulo elucida as características do elemento flúor numa síntese histórica sobre a fluoretação no mundo e no Brasil. Este mesmo capítulo traz ainda aspectos sobre a fluorose dental e outras doenças de possível acometimento por desequilíbrios das concentrações deste elemento.

Seguidamente, os procedimentos metodológicos que guiaram essa pesquisa são detalhados além de informações sobre a área de estudo em suas características físicas e sociais.

A concluir, traz-se os resultados cartográficos e interpretativos sobre a distribuição do elemento flúor e alguns parâmetros físicos das águas coletadas e por fim, as considerações finais.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo dessa pesquisa visa caracterizar a distribuição de flúor nas águas subterrâneas dos 14 municípios da porção norte da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas-PR a partir de amostras coletadas em poços tubulares. Também detectar anomalias de saúde a partir dos teores de flúor nos aquíferos e apresentar os possíveis impactos ao organismo humano em decorrência ao excesso do elemento, sobretudo a fluorose.

### **2.1 Objetivos específicos**

Estabelecer os parâmetros físicoquímicos das águas da região estudada como complemento à caracterização hídrica.

Quantificar e estruturar outras morbidades possivelmente relacionadas ao consumo excessivo de flúor através de dados de saúde e sua distribuição espacial.

Correlacionar os dados coletados e analisados por pesquisas anteriores em águas superficiais da mesma área, assim, culminando na identidade hídrica do elemento flúor nas águas de consumo humano dessa região.

Elaborar uma cartografia de síntese que reúna os principais resultados desta pesquisa.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 breve histórico: da geografia médica à geografia da saúde

A busca por compreender as dinâmicas espaciais e temporais de saúde e doença nas populações e suas condições de vida foi exercida por diversos pesquisadores que extrapolaram a prática médica, buscando contribuições da Epidemiologia, Toxicologia, Odontologia, Geologia e pela Ciência Geográfica.

Na Geografia, o campo científico que visa relacionar os elementos naturais e sociais, possibilitou desse modo estudos voltados à saúde dos indivíduos e dos lugares por meio da denominada Geografia da Saúde.

A Geografia da Saúde trabalha no encontro entre os conceitos geográficos, médicos, biológicos, das ciências físicas e sociais de maneira interdisciplinar, sendo uma nova especialização de uma antiga perspectiva de aproximar estudos do ambiente e de saúde (ROJAS, 2003).

Faz-se necessário resgatar num conciso histórico a incorporação desses complexos objetos da ciência médica aos saberes e técnicas espaciais da Geografia, com destaque aos principais acontecimentos que agregaram essa evolução.

Essa interação vivenciou períodos que caminharam em sincronia com a história do pensamento geográfico, tais estudos em saúde possuíram em suma um perfil de horizontalidade e interesses nos elementos naturais e da sociedade, sobretudo os primeiros pesquisadores que evidenciaram os elementos naturais (MAZETO, 2008). Assim, o objeto de estudo da Geografia da Saúde vivenciou diferentes perspectivas de acordo com os métodos e análises da própria epistemologia, buscando interpretar a correlação do espaço geográfico com o processo saúde-doença.

Inicialmente, a compreensão que envolvia as práticas médicas e geografia remetem a antiguidade, antes mesmo da crença mitológica de que as doenças provinham ao intento dos deuses.

Para Lemos e Lima (2002), as origens conceituais traçadas por Hipócrates (480 a.c.) com a obra *Dos ares, das águas e dos lugares*, rompem esse período, trazendo a relação entre o surgimento das doenças e as mudanças sazonais dos

ventos, dos climas, da temperatura e da qualidade das águas no corpo humano (VIEITES & FREITAS, 2007).

Os escritos hipocráticos valorizaram a observação empírica sob um viés epidemiológico da problemática saúde-doença, não limitando às observações do paciente apenas, mas seu ambiente, sustentando assim um conceito ecológico. Nessa obra surge a ideia de *miasma*, originária do latim ‘maus ares’, referindo a “[...] emanações de regiões insalubres capazes de causar doenças como a malária, muito comum no sul da Europa e uma das causas do declínio do Império Romano” (SCLIAR, 2007, p.33).

A cientificidade do pensamento hipocrático finda o misticismo concebido à origem das doenças, mesmo desprovido de tecnologias de pesquisa. Essas ideias afirmaram por meio de uma ótica determinista que os padrões das doenças resultavam nas diferenças geográficas, evidenciando principalmente o clima, a hidrografia e a vegetação, em conclusão, a saúde dependia do ambiente habitado. Guimarães (2014) relata que segundo Hipócrates, ao entrar numa cidade, o médico

[...] deveria considerar sua situação em relação aos ventos e ao nascer do Sol. Deveria considerar também se a cidade estaria posicionada em relação ao norte ou ao sul, para o nascente ou ao poente, assim como a qualidade de suas águas. Se as águas são pantanosas e suaves, ou se saem de rocha e de partes elevadas, se salobras e impróprias para cozinhar. Se a terra está nua e deficiente em água, ou arborizada e bem regada, e se está em uma depressão ou em partes elevadas (GUIMARÃES, 2014, p.52).

Na gênese da chamada Geografia Médica procurou-se evidenciar a relevância do meio no surgimento e arranjo de determinadas doenças, buscando estabelecer e descrever as relações entre as morbidades distribuídas entre os lugares da superfície terrestre (LACAZ, 2003).

A suspensão do pensamento hipocrático na Idade Média (séc. V – XV) repete-se na atribuição de causas sobrenaturais, sobretudo pelo viés religioso como causa das morbidades, relacionando essas ao pecado e ao castigo manifestado (RIBEIRO, 2004, DUTRA, 2011; BATISTELLA, 2013).

O advento das grandes navegações e a conquista de novas terras entre os séculos XV e XVII permitiu o contato com doenças das populações locais até então

desconhecidas, que acometiam os comerciantes e viajantes, a saber, a Cólera, a Febre Amarela, o Escorbuto e a Sífilis. Nesse período surgem atualizações no campo da Geografia Médica, sobretudo o pensamento sobre as dinâmicas epidêmicas (Martins, 1997).

Segundo Pessoa (1960), no final do século XIX os escritos de Louis Pasteur e Köch sobre a microbiologia e a descoberta dos parasitas e bactérias passaram a validar que a origem de doenças se davam por um caráter unicamente bacteriológico, trazendo à tona as doenças infecciosas e depreciando as influências do meio físico sobre a saúde humana, desestruturando, portanto, a teoria dos miasmas trazidas por Hipócrates e desassociando as causas ambientais no processo saúde-doença. “[...] [na] penetração e multiplicação de uma bactéria e nada mais do que isto, perdeu-se de vista o conjunto das causas que atuam sobre o homem são ou enfermo, bem como o ambiente deixou de apresentar importância [...]” (PESSOA, 1960, p. 24).

Em meados de 1830 e 1875, o dinamismo resultante das indústrias e aglomerações dos centros urbanos evidenciou a qualidade associada à saúde da população. O chamado Período Sanitarista, influenciado pela medicina francesa, teve como objetivo garantir a saúde coletiva. Para isso, motivou o poder público na elaboração de medidas de planejamento por meio de saneamento e obras técnicas urbanas voltadas a ambientes degradados e doenças infectocontagiosas (ROSEN, 2006). Quando aplicado na América Latina, a medicina social comportava-se de forma higienista, “limpava” as cidades das doenças, realizando de fato uma prática gentrificadora, ou seja, pela eliminação e deslocamento de classes sociais menos favorecidas e focos de rebelião para áreas periféricas, atendendo os interesses dos governantes (MENEHEL, 2007).

Ainda no contexto dos precursores da história da Geografia Médica, o nome mais notável do primeiro mapeamento relacionando a ambiente e saúde é do médico londrino John Snow, em 1854. Quando a cidade de Londres vivia uma extraordinária epidemia de cólera, John Snow mapeou as habitações de vítimas da doença no bairro de Soho e as bombas públicas de água que abasteciam as casas. Por essa técnica conseguiu detectar e provar sua hipótese de que contaminação da cólera era veiculada pela água e não pelo ar, como se acreditava até então.

Seu mapa destaca dois elementos básicos que o auxiliaram a esclarecer como se deu a transmissão da doença. O primeiro elemento foi notar uma

aglomeração de casas em certa região da cidade, ou seja, por apresentar certo padrão de arranjo espacial. Logo, por este fenômeno, sugeriu que os sinais e mortes comuns deveriam estar relacionados a uma causa também comum. O segundo elemento foi espacializar as bombas públicas de água. As características do ambiente destacavam possíveis fontes de risco: a água como transmissora dessa epidemia. A bomba que mais concentrava mortes ao seu redor foi a de Broad Street, desativada por John Snow e seu grupo investigativo, logo, uma diminuição dos casos comprovou que o mapeamento do médico londrino contribuiu para a solução do problema (figura 01).

**Figura 1 Mapeamento dos casos de óbito por cólera e bombas públicas de água em Londres realizado por John Snow, em 1854.**



Fonte: Disponível em: <https://goo.gl/GVyver>

Entre sua proposta em 1849, até que as autoridades de Londres acatassem sua teoria, passaram-se 20 anos de intervalo. Esse foi o primeiro registro da utilização de dados e mapas para compreender e impedir uma doença (BRASIL, 2006).

Na década de 50, anos após a tendência da Teoria Microbiana, um expoente da aproximação entre a saúde e os estudos geográficos foi Max Sorre, na França, sob uma tônica higienista. Influenciado por ideias de Vidal de la Blache, Jean Brunhes, Demangeo, De Martonne e outros, sua obra sugeriu entender a doença como um fenômeno espacialmente localizável, delimitável. Para além do determinismo natural, os trabalhos do autor voltavam-se à climatologia médica.

Contribuiu essencialmente com a criação do conceito de complexo patogênico, que relaciona as condições de vida, sobretudo nos planos econômicos, sociais e políticos (alimentação, vestimenta, moradia) aos agentes causais, seus vetores e aos perfis epidemiológicos, lançando a base da Geografia Médica recente (GUIMARÃES, 2001, LEMOS; LIMA, 2002; FERREIRA, 1991). Nos primeiros dois terços século XX, as interpretações das dinâmicas de adoecimento foram fortemente vinculadas às questões deterministas.

No Brasil, durante o período militar, a Geografia médica esteve vinculada a interesses das classes dominantes e do governo da época, por isso os fatores culturais, econômicos e sociais não se destacavam. Samuel Pessoa, influenciado pelos escritos de Sorre e Pavlovsky, cria a Medicina Tropical, uma escola de estudos de Geografia Médica voltada a doenças prevalentes no país, sobretudo as transmissíveis por vetores como a doença de Chagas, Filariose, Esquistossomose e Malária (CZERESNIA & RIBEIRO, 2000). Nesse período o autor defendia o resgate das ideias hipocráticas, com o intuito de tratar o ambiente não como um meio físico apenas, mas um conjunto de causas atuantes na saúde humana, pensando os climas tropicais como fatores favoráveis de propagação e incidência de doenças.

Obras como 'Climatologia e Nosologia do Ceará' de Gavião Gonzaga em 1925, 'Geografia da Fome' de Josué de Castro em 1946, 'Ensaio Médico-Sociais' de Pessoa em 1949 e 'Introdução à Geografia Médica no Brasil' de Lacaz et al. em 1972 representam o primeiro período nos estudos que aproximaram os saberes geográficos, socioambientais e de saúde no território nacional (LEMOS; LIMA, 2002; LACAZ, 2003). Essas obras, em grande parte elaboradas por médicos estavam, entretanto, associadas a descrições das doenças, com destaque às infecciosas, devido ao contexto higienista, em especial na cidade do Rio de Janeiro (MEADE et al., 1988).

Ao surgir a Nova Geografia, ou Geografia quantitativa, em meados de 1960, as tendências do pensamento geográfico eram guiadas pela lógica e pela racionalidade matemática, favorecendo, portanto, a modelização e mensuração de variáveis, quanto à saúde. Nesse período favoreceu-se o modelo biomédico, ou seja, novamente a doença como um processo físico, não considerando o fator social ou a subjetividade do indivíduo (NOSSA, 2005; ANNANDALE, 1998). Dedicou-se a utilização de técnicas temáticas de cartografia, emprego dos Sistemas de Informação Geográfica e ferramentas do geoprocessamento, visando analisar

padrões espaciais de morbidade e mortalidade. Nesse mesmo contexto houve uma busca pela relação entre a epidemiologia e a espacialidade estatística e em estudos de difusão (DUTRA, 2011)

Adiante, a Geografia Médica foi paulatinamente se consolidando pelo do advento da Escola Nacional de Geografia Médica, em 1970, até obter colaborações da Geografia Crítica, especialmente do aporte teórico do geógrafo Milton Santos (1961 – 2001) sobretudo nas duas últimas décadas do século XX. Ele motivou uma perspectiva de análise renovada na integração do ambiente e do social na Geografia brasileira, opondo-se completamente à Nova Geografia e ao pensamento neopositivista.

Como parte dos geógrafos dessa escola de pensamento desconsiderava a quantificação e modelização empregada na compreensão dos fenômenos, por tais práticas não revelavam as dinâmicas sociais contraditórias e em constante transformação, se valiam do materialismo histórico como método analítico (MENDOZA et al. 1982).

Nessa interação entre as teorias da Geografia Crítica e Geografia Médica surge uma reformulação de saberes da área denominada Geografia da Saúde. Mesmo Milton Santos não tendo construído um referencial teórico voltado à epidemiologia, houve uma incorporação da concepção de espaço elaborada por ele, sobretudo por possibilitar a compreensão das patologias pelo viés social, resultantes dos processos de transformação e organização da sociedade (ROJAS, 2003).

O declínio da Geografia Médica tradicional ocorreu por sua ampliação de temas e abordagens, ao reformular conceitos e voltar-se às questões políticas, econômicas e sociais, como por exemplo a utilização e acesso aos serviços de saúde e a teoria social foram incorporadas como ferramentas de interpretação da realidade e diminuição do empirismo exclusivo (PEREIRA, 2008).

Com o espaço abordado como produto das relações de produção, a Geografia Crítica contribuiu na análise espacial das morbidades e sua etiologia associada aos fatores socioeconômicos, não mais somente como fatores biológicos ou climáticos, como a tendência vigente de pesquisa (JUNQUEIRA, 2009). A atenção não é mais focada apenas no enfermo, mas no contexto da doença, sua situação socioeconômica, cultural e ambiental cotidiana.

Pensar a relação entre espaço e doença passou a ter como referência os conceitos de Milton Santos, morbidades endêmicas e epidêmicas agora podiam ser

vistas então como distribuições resultantes da organização social do espaço, onde, teoricamente, segundo o autor era considerado como “um conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ações” (SANTOS, 1996) e “um conjunto de fixos e fluxos que interagem” (SANTOS, 1978)

Em síntese, as contribuições epistemológicas desenvolvidas extrapolaram a ciência geográfica ao apresentar condições sociais como indispensáveis e não apenas a concentração na doença. Constitui um dos suportes teóricos primários aos estudos de saúde, especialmente no Brasil (CZERESNIA E RIBEIRO, 2000).

Nos últimos 20 anos as complexas noções de lugar têm sido absorvidas por geógrafos para além da descrição das doenças e arranjo dos serviços de saúde, juntamente a esse fenômeno, houve uma mobilização no aumento de métodos qualitativos de pesquisa (KEARNS & MOON, 2002; PARR, 2004). A abordagem humanista somada à Geografia Cultural surge sob influência das correntes fenomenológicas e existencialistas, tendo como protagonista a subjetividade e a metodologia qualitativa em geral (DUTRA, 2011). A fenomenologia, ao também questionar os conhecimentos do positivismo, destaca a importância do indivíduo, suas experiências, ações e valores na elaboração do conhecimento. Essa ruptura epistemológica dá lugar a um novo horizonte do pensamento, tendo como essência o conhecimento pela percepção. (RELPH, 1979; DUTRA 2011).

A tendência das pesquisas na Geografia da Saúde brasileira tem ido além de compreender a relação entre saúde e ambiente. Elas também buscam propor melhorias no sistema de saúde e na gestão, contribuições na identificação de espaços críticos de morbidades, planos de promoção e prevenção em saúde.

Esse campo da ciência geográfica tem resultado em propostas que subsidiam escolhas econômicas e políticas na saúde, como por exemplo o arranjo e dinâmica distributiva de recursos no território fomentado pelos avanços da epidemiologia (TOBAR et al, 2001). A Geografia da Saúde tem se alicerçado na solução de problemas, diagnosticando áreas e situações de risco por ações de planejamento territorial e desenvolvimento de práticas voltadas à promoção e prevenção de saúde.

A utilização de geotecnologias, geoestatística e ferramentas de interlocução têm sido empregadas para compreender a relação entre os lugares e os indivíduos. A qualidade dessas relações evidencia exposição das pessoas aos riscos, aos adoecimentos e a possibilidade de acesso aos serviços de saúde.

A Geografia da Saúde tem servido de modo interdisciplinar, visando compreender a complexidade das relações entre território, sociedade e ambiente através de diferentes metodologias de análise, sendo essas materialistas, humanistas e por técnicas matemático-espaciais a captar e analisar a conjuntura cotidiana das pessoas sob influência das características dos lugares (BARCELLOS, 2008; DUTRA, 2011).

Santos reforça que:

O que se percebe, é que essa nova denominação, de Geografia da Saúde, é mais sistêmica [...]. Enquanto que na Geografia Médica tradicional, os estudos epidemiológicos, a relação entre ambiente e enfermidade permite explicar as doenças no espaço, principalmente às doenças infecciosas (SANTOS, 2010, p.50).

Os casos mais recentes em que se percebe o destaque dos estudos da Geografia da Saúde em larga escala foram as grandes epidemias que assolaram o mundo. O Vírus influenza H1N1 em abril de 2009, originada em porcos, no México, conhecida como Gripe Suína, assolou populações de todo o planeta, demandando conhecimentos espaciais adquiridos em toda a história da Geografia da Saúde.

Guimarães (2014) reforça a ideia de uma Geografia da Saúde integrada aos especialistas de diferentes profissões. O campo da saúde sendo de tamanha importância tende a ampliar seus debates ao não impor fronteiras epistemológicas e divisões frente às problemáticas. Se antes a ciência se organizava em nichos semelhantes por afinidades de conhecimento, o cenário atual se mostra como o contrário, quanto mais diversidade de especialistas, melhor.

Por fim, conclui-se que cabe ao Geógrafo, junto a outros profissionais de maneira holística e multidisciplinar, a possibilidade de compreender o espaço como produtor diário de enfermidades nas populações, analisar e agregar nos processos de adoecimento as causas ambientais, naturais e antrópicas, possíveis tratamentos e soluções sob uma ótica integradora e relacional entre o indivíduo e seu contexto físico e socioeconômico. As técnicas de geoprocessamento como tecnologia aliada para estes fins proporcionam a este profissional uma diversidade de variáveis acumuladas sobre a localização, a distribuição e a padronização das doenças, somada às características físicas e socioeconômicas do espaço, possibilitando conhecer o comportamento das patologias e proporcionar saúde e bem-estar às pessoas através de soluções propostas aos gestores públicos (BARCELLOS; BASTOS, 1996).

### **3.2 Contribuições da geologia médica e hidrogeoquímica**

A aproximação das ciências biológicas, humanas e naturais contribuíram de maneira interdisciplinar nos estudos da ciência geográfica, sobretudo como visto no desenvolvimento da Geografia da Saúde, que ao lançar luz sobre a relevância ambiental como fator contribuinte à saúde humana pode incorporar ciências como a Geologia mediante a distribuição geográfica de doenças ocasionadas por elementos químicos liberados pelas rochas, pelo solo e sedimentos através da água (MARTINS JR; PINESE, 2003, 2005).

Guerra (1969) define a Geologia como o conhecimento científico que se debruça sobre a organização estrutural da crosta terrestre, sua história, seu arranjo e suas fases de desenvolvimento. Mesmo que pareçam distantes do cotidiano humano, os aspectos geológicos possuem completa afinidade e reflexos na saúde. Para além das dinâmicas geológicas de grande magnitude como os vulcanismos e os sismos que impactam um contingente elevado de populações, condições geológicas específicas podem prejudicar o organismo humano de forma lenta e silenciosa. As formações geológicas comportam o maior estoque natural de elementos químicos existentes, esses alojados e distribuídos desigualmente na superfície da Terra e permanentemente interagindo à fisiologia humana (KOMATINA, 2004).

Pensar os diferentes processos intempéricos resultantes na deterioração das rochas e sua evolução em solos, o ciclo hidrológico e a percolação da água, a vegetação derivada desses componentes e o consumo dos cultivos destinados à alimentação conecta conclusivamente a relação entre os nutrientes, os elementos e suas concentrações inaladas e ingeridas refletidas na saúde humana.

A Geologia tem colaborado na compreensão relacional entre a saúde e o meio ambiente, sobretudo por uma de suas vertentes: a geoquímica. Essa significativa ferramenta tem sido útil para a Geografia da Saúde na análise química dos elementos, particularmente os metálicos e metalóides em seu comportamento distributivo, desequilíbrios por excessos ou ausência de origens antrópicas e naturais e desdobramentos expressos por impactos prejudiciais à saúde vegetal e animal (SCARPELI, 2003).

A Geologia Médica resulta desses saberes como a ciência voltada a entender os elementos geológicos relacionados ao arranjo geográfico das doenças pela comunicação dos fatores litológicos naturais e a saúde (SELINUS, 2006). Interações intrincadamente biológicas e geológicas configuram o ambiente natural que sustenta a vida, nessa interação podem ocorrer cenários de elevada concentração e a ausência de determinados elementos químicos demandados pelos indivíduos e danos causados por tais desequilíbrios. Para a Geologia Médica esses desequilíbrios são denominados anomalias geoquímicas, podendo, uma vez identificados e especializados, adotar ações não apenas corretivas, mas sobretudo preventivas no tocante ao consumo desses elementos e seus efeitos na saúde (ARAÚJO, 2006). No Brasil, o Serviço Geológico (CPRM) ativou a Geologia Médica pelo Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM) como um programa individual interdisciplinar.

### **3.2.1 Elementos Químicos e a saúde humana**

Selinus (2006) e Scarpelli (2003) destacam que determinados elementos químicos distribuídos naturalmente na superfície terrestre são responsáveis pelo bom funcionamento e manutenção do organismo humano, entretanto alguns são sabidamente tóxicos. Figueiredo (2000) distribui esses elementos em quatro classes, apoiado pelos acúmulos presentes no mecanismo biológico humano: Elementos essenciais à vida humana e vegetal, que compõem Carbono (C), Cálcio (Ca), Cloro (Cl), Hidrogênio (H), Potássio (K), Magnésio (Mg), Nitrogênio (N), Sódio (Na), Oxigênio (O), Fósforo (P) e Enxofre (S); Elementos necessários em nível de traços (concentrações inferiores): Arsênio (As), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Iodo (I), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Selênio (Se), Silício (Si), Vanádio (V) e Zinco (Zn); Elementos necessários em nível de ultratraço: Alumínio (Al), Flúor (F), Lítio (Li) e Estanho (Sn) e por fim, elementos não essenciais (tóxicos): Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb). A toxicidade dos metais pesados que compõem os não essenciais tem sido pauta de grande importância na sociedade, pois possuem potencial de danos elevados provocados ao organismo, causando mal funcionamento e óbito. Compreender o dano ocasionado por algum composto químico, demanda perceber a dosagem, o tempo exposto, a físico-química do mesmo e a via absorvida pelo organismo (inalado, exposto ocularmente,

contato tópico...), a partir dessas informações denomina-se a nocividade (OMS, 1998; ARCURI E FERNÍCULA, 2003).

Invariavelmente, os elementos ingeridos em dosagens muito altas colocam em risco o bom funcionamento do corpo e a saúde do indivíduo, mesmo esse sendo parte da classe de elementos essenciais.

O flúor, por exemplo, se enquadra na categoria dos elementos necessários em ultratraço, ou seja, traz benefícios quando em baixas quantidades. Segundo Klaassen e Watkins (2012), o comportamento de um organismo reage individual e gradualmente a quantidades diversas do elemento, para representar a sensibilidade e a resistência aos efeitos dos elementos utiliza-se a curva dose-resposta. Em homeostase (equilíbrio metabólico), a dosagem específica proporciona as melhorias demandadas pelo corpo. Por conseguinte, doses inferiores podem ser prejudiciais ao funcionamento do organismo, no flúor, doses adequadas previnem o avanço da cárie dentária e limitações de crescimento, como dosagens superiores provocam a ocorrência de doenças como a fluorose em diferentes níveis (CORTECCI, 2004), assunto este melhor abordado no capítulo seguinte.

Doenças geoquímicas estão associadas às carências e excessos destes elementos químicos e minerais presentes nos organismos vivos, a toxicidade e a importância de alguns destes elementos podem ser exemplificados no quadro síntese elaborado por Araújo e Pinese (2006) a seguir (figura 02).

**Figura 2 Quadro de elementos químicos e metais: essenciais, necessários, nível de traço e toxicidade.**

<b>Elemento</b>	<b>Ocorrência no ambiente e utilização comercial</b>	<b>Benefícios a saúde</b>	<b>Malefícios a saúde humana (provocados por deficiência ou toxicidade)</b>
<p><b>Ca (Cálcio)</b></p> <p>Elemento essencial</p>	<p>Fontes naturais: plagioclásios e o dióxido de silício. Fontes artificiais (usos): redutor de processos industriais, desulfurante e descarbonizante. Na construção civil é utilizado no tratamento de água e outros processos industriais.</p>	<p>Essenciais à vida animal e vegetal. Desempenha importante papel na coagulação sanguínea, nas paredes celulares, fluidos do corpo e ossos.</p>	<p>Sua carência, no corpo humano, provoca raquitismo e osteoporose. Seu excesso pode provocar dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo, cálculos e insuficiência renal.</p>
<p><b>I (Iodo)</b></p> <p>Elemento necessário em nível de traço</p>	<p>Fontes naturais: como subproduto do salitre do Chile e recuperado das águas salgadas de poços petrolíferos e gás natural. Fontes artificiais (usos): Utilizado em vários produtos químicos e farmacêuticos além de suplementos alimentares</p>	<p>Necessário em nível de traços. É fundamental para o hormônio tireoidal, controle da temperatura, crescimento e reprodução</p>	<p>Sua deficiência (DDI) causa bócio e hipotireoidismo. No feto aumenta a incidência de partos de natimortos, abortos, anormalidades congênitas, nanismo e cretinismo endêmico. Seu excesso pode trazer problemas de hipertireoidismo.</p>
<p><b>Alumínio (Al)</b></p> <p>Elemento necessário em nível de ultratraço</p>	<p>Fontes naturais: gabros, granitos e micaxistos. Fontes artificiais (usos) fabricação de utensílios domésticos e industriais e materiais de construção</p>	<p>Necessário em nível de ultratraço, empregado no tratamento de úlceras e insuficiência renal. Algumas vacinas contêm os compostos de alumínio reforçam o sistema imunológico.</p>	<p>Seu excesso pode reduzir a assimilação de fosfato e flúor, provocar osteomalacia e prejudicar a função renal. Detectado nas células cerebrais de pacientes com Alzheimer</p>
<p><b>Cádmio (Cd)</b></p> <p>Elemento não essencial</p>	<p>Fontes naturais: Rochas básicas, vulcanismo, fundições de Zn, Pb ou Cu e o tabaco. Fontes artificiais (usos): Mineração e refino de metais não ferrosos, combustão de combustíveis fósseis, incineração de lixo, efluentes de aterros sanitários (lama de esgoto), indústria de ferro e aço e produtos com Zn. Como pigmento em plásticos coloridos, anticorrosivos de aço, estabilizador de plástico PVC e baterias recarregáveis.</p>	<p>Em quantidades extremamente pequenas atuam como estimulantes do metabolismo</p>	<p>Altamente tóxicos para humanos. Impede a ação do Zn no organismo, causando deficiências renais, doenças respiratórias, doenças nos ossos, deformidades congênitas e cancerígenas</p>

**Fonte: Adaptado de ARAÚJO e PINESE (2006)**

Considerando que o solo, a vegetação e as águas levam consigo aspectos geológicos, tornam-se notáveis os estudos descritivos e analíticos de áreas que apresentam anomalias geoquímicas, sejam elas por origens artificiais antrópicas ou naturais no favorecimento da ingestão de elementos acima dos recomendados no

organismo humano. Nesse cenário é usual ocorrerem morbidades sobrepostas a porções geológicas de composição anômala, como demonstrado no município de Itambaracá, na porção Nordeste do Estado do Paraná, nos casos de fluorose dentária constatado por Pires (2002) e Pinese et al. (2002). Martins Jr e Pinese (2003) confirmam que na relação entre determinadas doenças e o ambiente, configura-se de forma evidente a ligação entre estas a água e alimentos consumidos pelas populações locais no entorno destes fenômenos. Isso se manifesta particularmente no ambiente rural, que supre todas suas necessidades alimentares e hídricas derivadas do solo e do aporte geológico onde estão assentados.

Vejamos alguns exemplos factuais dos desequilíbrios geoquímicos antrópicos ou naturais e suas implicações ao organismo humano.

Selinus (2006) nos dá um exemplo clássico da Geologia médica na relação entre a alimentação – doença – água – geologia: o iodo (I). Elemento essencial, compõe o hormônio tiroxina na tireoide e sua deficiência ocasiona diversos agravos à saúde, sendo o Bócio Endêmico (*Iodine Deficiency Disorders – IDD*) o mais comum e acrescenta:

O bócio ocorre devido ao crescimento da glândula tireoide como tentativa para compensar a insuficiência do iodo. Como exemplo, numa estimativa acerca da população de 17 milhões no Sri Lanka, aproximadamente 10 milhões apresentam risco para desenvolver o bócio. A deficiência de iodo em mulheres grávidas pode também levar ao cretinismo e prejuízo da função cerebral da criança. A OMS estima que 1,6 bilhão de pessoas apresentam risco relacionado à deficiência de iodo e que, hoje, é a maior causa de retardamento mental no mundo. Só a China tem 425 milhões de pessoas com risco de desenvolver algum tipo de IDD (SELINUS, 2006, p.4).

Essa doença foi registrada em antigas civilizações como Grécia, Egito, China e Incas, manifesta-se naturalmente em locais específicos como topos de montanhas e porções continentais centrais (longe do mar). Desde 1974, o Brasil pratica a adição de iodo (iodação) no sal refinado de uso comum pela lei Nº 6.150/74<sup>3</sup> como forma de solucionar a ausência do elemento no território nacional.

Como exemplo de agravos à saúde por desequilíbrio antrópico, Cunha et al. (2006) descrevem a contaminação pelo elemento chumbo (Pb) em Adrianópolis, PR. Após 50 anos de atividade mineira pela usina de beneficiamento de minérios e refino *Plumbum*, em 1996 descartou-se rejeitos e equipamentos oriundos dessa atividade

---

<sup>3</sup> “Dispõe sobre a obrigatoriedade da iodação do sal, destinado ao consumo humano, seu controle pelos órgãos sanitários e dá outras providências”. Disponível em: <https://goo.gl/vUBQYX>. Acesso em 24 jan. 2019.

nas margens do rio Ribeira. Durante seu funcionamento, o material particulado contendo chumbo foi lançado na atmosfera e por consequência depositado nos solos das proximidades, além do uso dos rejeitos do material terem sido utilizados pelas populações do entorno como calçamento de ruas. Exames sanguíneos realizados em crianças e adultos do entorno e em amostras de solo indicaram valores quatro vezes mais altos do que recomenda o CDC (1991) e WHO (1995) em crianças e teores maiores ainda em adultos, caracterizando um evidente dano à saúde. Além disso, os solos mais próximos à antiga usina foram diagnosticados contaminados, que incluem o convívio das crianças e até mesmo hortas.

Outras pesquisas desenvolvidas pelo PGAGEM revelam que no Pará análises em 77 amostras de água de abastecimento público apresentaram teores anômalos de até 145 vezes para valores máximos permitidos pela Organização Mundial de Saúde - OMS e o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA para Chumbo (Pb) e Alumínio (Al), além de desequilíbrios para Boro (B), Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Potássio (K), Manganês (Mn), Fósforo (P) e Zinco (Zn) apontando evidências de prevalência endêmicas para hepatite, anemia, cáries dentárias, anomalias do aparelho digestório e verminoses (MACAMBIRA & VIGLIO, 2006)

A finalidade da Geologia Médica se apoia, portanto, em abordagens e metodologias providas de outros saberes científicos por compreender a saúde de uma população de um domínio e sua relação com a geologia, sendo alguns deles a Geoquímica, Biologia, Geografia, Hidrologia, Meteorologia e a Climatologia por exemplo (KOMATINA, 2004). Em conjunto, a Geografia da Saúde utiliza-se desses saberes na tentativa de solucionar problemáticas envolvendo o contexto geográfico do indivíduo.

### **3.2.2 Hidrogeoquímica**

Voltada à identificação e à quantificação dos compostos químicos e propriedades das águas subterrâneas, a hidrogeoquímica atua como ferramenta complementar à Geologia Médica e a Geografia da Saúde, na compreensão dos arranjos prejudiciais à saúde das populações locais (SANTOS, 1997).

A interação das águas no meio natural inevitavelmente dissolve, reage, transporta e concentra elementos químicos presentes nas rochas de diferentes aquíferos e solos durante o movimento de percolação. Sendo o principal e mais

abundante solvente, a água cumpre a função de incorporar elevadas quantidades de substâncias orgânicas e inorgânicas quando em contato com minerais que compõem o solos e litologias envolvidas em seu fluxo (SANTOS, 1997). Segundo o autor, nas águas subterrâneas há o predomínio de substâncias dissolvidas sob forma iônica, podendo apresentar-se também de maneira molecular.

Os desvios de normalidade dos padrões hidrogeoquímicos das águas numa determinada área são denominadas anomalias geoquímicas (LICHT, 1983).

Selinus (2006), ao abordar o futuro deste segmento da ciência geológica discorre:

Os serviços geológicos, universidades e sociedades geológicas deverão dar continuidade e fornecer as informações geológicas necessárias, relacionadas à geologia médica e apoiar o desenvolvimento de grupos de trabalho locais multidisciplinares, de geologia médica. Se necessário, desenvolver estudos de metodologias para estudar os fatores geológicos na medicina ambiental e formular recomendações para mitigação dos efeitos danosos naturais e induzidos pelo homem (SELINUS, 2006, p 5).

Todo esse escopo de técnicas e ferramentas interdisciplinares têm sustentado e garantido à Geologia Médica ascensão na compreensão e espacialização de efeitos danosos a população humana e das biodisponibilidades naturais de elementos em rochas, minerais e águas. Porém, a viabilidade e o êxito em ressaltar a importância dos aspectos geológicos e sua ligação com a saúde demandam incentivos e cooperação em diferentes escalas, sobretudo entre países em desenvolvimento e os países desenvolvidos (SELINUS, 2006).

### 3.3 Flúor: aspectos gerais

O flúor é um elemento químico não-metálico pertencente ao grupo químico dos halogênicos, sendo esse o mais leve e o mais abundante, seu comportamento difere do grupo como único isótopo com número de massa 18,998. O mais eletronegativo dos elementos e soluções, se apresenta em forma de íons fluoreto (F<sup>-</sup>). Não é encontrado na natureza de forma pura, mas como compostos: os fluoretos. Em sua forma livre possui aspecto amarelo claro em condições normais de pressão e temperatura. (RUSSEL, 1994; LUCAS, 1988 apud MARIMON, 2006; DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009).

No ambiente superficial é comum encontrá-lo junto a complexos de ferro, boro e alumínio e em meios ácidos (PITTER, 1985) concentra-se em rochas ígneas ácidas, intermediárias e alcalinas (850 – 1200 ppm) em estado sólido, nos solos e nos recursos hídricos. É intensamente corrosivo em substâncias inorgânicas e orgânicas possuindo odor irritante. É um elemento não essencial à fisiologia humana, mas aproveitável em baixas quantidades tendo sua via de ingestão principal a água (SELINUS ET AL., 2010).

Metabolicamente, quando solubilizado em água, os compostos de flúor se desassociam ionicamente devido ao ácido clorídrico sintetizado pelo estômago, tendo absorção em grande parte pela parede estomacal. O flúor, junto ao plasma do sangue, percorre todo o corpo, sendo absorvido e assimilado 10% e desprezado 70% pela diurese, 15% pela evacuação e 5% pela sudorese. O que é absorvido, fixa-se nos tecidos duros: dentição e sistema ósseo (Buendia, 1996).

#### 3.3.1 A fluoretação

A cárie dentária é classificada como uma doença infecciosa que se data desde o começo da humanidade. Ela se manifesta na colonização de microrganismos – principalmente o *Streptococcus mutans*, na superfície esmaltada dos dentes no processo metabólico do açúcar, resultando em ácidos que levam à dissolução do fosfato de cálcio das camadas superiores. O desenvolver deste processo de eliminação do mineral pode atingir um grau de formação de uma cavidade, em casos severos ruir a coroa dentária. Todo o cenário cariogênico depende do papel essencial do açúcar (NARVAI, 2000).

Segundo Narvai (2000), o Brasil, durante o séc. XVI, foi protagonista no engenho de açúcar, favorecendo um amplo consumo deste produto na escala global, e por consequência transformando a cárie dentária numa pandemia. Na obra *Casa grande e senzala*, Gilberto Freyre relata alguns aspectos da condição nutricional da sociedade brasileira “[...] tudo faltava: carne fresca de boi, aves, leite, legumes, frutas (...) Fartura só a de doce, geleias e pastéis...”, e ainda relata:

Mas foi no século XIX, com a popularização do açúcar de cana em todo o mundo ocidental, que a cárie começou a fazer explodir a boca das pessoas, ganhar características de pandemia e produzir, em milhões, dor, sofrimento, infecção sistêmica e mutilação [...] entre 1830 e 1880, o consumo per capita de açúcar triplicou na Grã-Bretanha. Populações de territórios onde o açúcar de cana não fazia parte dos hábitos alimentares, como os aborígenes australianos, da Nova Zelândia e da Ilha de Tristão da Cunha, apresentavam baixa prevalência de cárie. A introdução de produtos açucarados alterou significativamente esse quadro, equiparando-o ao dos demais países ocidentais [...] (NARVAI, 2000, p. 382).

Logo, a carcigenicidade teve destaque no apogeu da civilização do açúcar, como denomina o autor. A presença da sacarose tem papel de base para que microrganismos bucais produzam polissacarídeos extracelulares, sendo esses essenciais na elaboração da placa e ácidos que desmineralizam o esmalte dental, desencadeando assim o processo de cárie (LIMA, 2007).

Tempos depois, com o descobrimento preventivo que o flúor desempenhava, passou a ser o principal encarregado na prevenção da doença em diversos países, declinando significativamente a ocorrência de cáries.

O método de adição do flúor à água de consumo humano pautado em concentrações adequadas é denominado fluoretação, esse visa atingir níveis de flúor padronizados correspondentes à legislação no controle e precaução da cárie dental (RAMIRES; BUZALAF, 2007). Utiliza-se esse procedimento estrategicamente como principal forma de prevenir cáries por demandar um custo reduzido, maior alcance de distribuição atuando no cotidiano da população beneficiada (EMMERICH; FREIRE, 2003; BUENDIA, 1996).

Contudo, fatores antagônicos aos benefícios deste método têm fomentado questionamentos sobre sua eficácia em relação aos prejuízos, sendo a fluorose dentária e óssea alguns destes ônus. A desinformação desse procedimento toca em questões éticas pois não há concordância fisiológica de todos os organismos frente

a uma padronização nas dosagens estabelecidas, havendo beneficiados e prejudicados. Como reflexo disso, observa-se uma resistência em diversos lugares do mundo na adesão da fluoretação (MONTEIRO; MIRANDA, 2003).

Vastos estudos favoráveis e desfavoráveis a fluoretação compõem a história deste procedimento mundial. As decorrências como a prevenção da cárie dental e a incidência de fluorose compõem esse cenário, apoiando leis que regulamentam normas e moldes para a fluoretação.

É importante o destaque de que a cárie não é causada pela ausência de flúor no organismo, porém este elemento é o único conhecido que tem a capacidade de controlar o avanço desta doença.

### **A fluoretação no mundo**

Em 1901, o médico J. M. Eager, médico do Hospital da Marinha dos Estados Unidos, ao examinar a dentição de imigrantes italianos vindos de Nápoles, notificou numa publicação científica chamada “História dos dentes manchados”, a presença de manchas em crianças e inferiu que a água de consumo e as condições geológicas poderiam estar associados ao fenômeno (AMARANTE, 1992).

Posteriormente, o dentista americano Fredrick McKay, em 1911, também notou o episódio de manchas brancas na dentição de crianças do município de Colorado Spring – Colorado, nos Estados Unidos, associando também esse fenômeno à água consumida, pois a ingestão de água era o único hábito que os diferenciava de populações de outras regiões (BRASIL, 2012; FUNASA, 2012; NARVAI, 2000). O pesquisador Petrey, na mesma época, em Bauxite - Arkansas, no mesmo país, observou manchas nos dentes de crianças e ao analisar a água de consumo de um poço profundo, detectou flúor numa concentração de 13,7 mg/L (AMARANTE, 1992).

Entretanto, McKay também deduziu, em 1928, que a mesma substância geradora de manchas esbranquiçadas nos dentes era possivelmente inibidora de cáries. Além deste pesquisador, outros apoiados nesta suposição iniciaram a observar a conexão entre a ingestão de flúor e seus resultados benéficos na saúde dental. Amparado em dados de outros países, o odontologista Dr. Black presenciou semelhantes situações de manchas e também considerou o elemento flúor causador

da então desconhecida fluorose ao mesmo tempo inibidor da cárie (FUNASA, 2012; AMARANTE, 2008).

Contribuindo a McKay, o médico Dr. Henry Trendley Dean, do Serviço de Saúde dos EUA, em 1938, averiguou em estudos de caso em 21 municípios a concentração desigual de flúor, alternando entre 0 a 2,6 mg/L, onde valores de flúor disponibilizados naturalmente acima de 1 ppm apresentavam uma significativa redução de crianças com cárie, comparado à locais onde a água apresentava quantidades mais baixas de flúor - 0,6 mg/L, permitindo afirmar que durante a mineralização da dentição o nível da fluorose se modificava em decorrência à concentração do elemento flúor na água ingerida e conseqüentemente a temperatura local, que estimula a quantidade consumida (AMARANTE, 1992; BRASIL, 2012; FUNASA, 2012). Posteriormente, Dean passou a formular parâmetros iniciais na quantidade de flúor na água, para promover a precaução na ocorrência de cáries, porém sem ocasionar avaria aos dentes (BUENDIA, 1996), “admitindo pequenas variações segundo as características ambientais, sobretudo temperatura” (NARVAI, 2000, p. 383). O sistema de classificação de prejuízos causados pelo flúor elaborado por Dean é fundamentado em aspectos do esmalte do dente e abarca 6 categorias. Utilizado até os dias de hoje, sendo recomendado pela OMS, porém sem detalhar os níveis mais avançados da fluorose (CARVALHO et al; 2010).

Embora a caracterização desta problemática, Fejerskov et al. (1994) afirmam que o efeito favorável do flúor na prevenção das cáries manteve seus prejuízos em segundo plano, passando a mineralização do tecido ósseo um mero efeito colateral indesejável.

Em 1945 o piloto do programa de fluoretação de águas de abastecimento público foi iniciado em Grand Rapids – Michigan e em Newburgh – Nova York, sendo avaliado por sucessivos testes, estudos e perícias. Programas semelhantes foram aplicados em Brantford – Ontário, Canadá e no Reino Unido afim de comparação (AMARANTE, 2008; KNOX, 1985). Simultaneamente, houveram diversas reclamações por parcelas contrárias à fluoretação nos experimentos iniciais pela supressão de dados e informações sobre os prejuízos causados pela adição do elemento à água (ZIEGELBECKER, 1970). Originados da manifestação, o projeto, em seus dez anos de atuação, realizou reformulações técnicas amplas e inquéritos judiciais (KNOX, 1985).

No meio do ano de 1950 a política de fluoretação de águas para o abastecimento público foi definitivamente validada nos Estados Unidos, justificada pela ausência de provas contrárias. Com isso, até 1955 foram inseridas outras cidades do Canadá e dos Estados Unidos na fluoretação controladas e acompanhadas de estudos visando a comprovação da diminuição do índice de cárie e a proteção social. Como conclusão destas pesquisas, a autora traz que “os custos anuais empregados para redução de cárie infantil baixaram em aproximadamente 40 a 50%” (AMARANTE, 2008, p. 14) isento da influência racial ou econômica da população.

A Organização Mundial da Saúde, em 1958, constituiu um Comitê de Peritos em fluoretação das águas, que produziu um relatório aderente à prática da fluoretação, norteando essa política como medida eficaz à saúde coletiva. Logo, o Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos implementou parâmetros para a fluoretação, sendo o clima o elemento decisivo. Logo, todo o continente americano passou a utilizar estes mesmos parâmetros (FUNASA, 2012)

A 25ª Assembleia Mundial de Saúde, promovida pela OMS em 1975, agenciou programas de fluoretação em diversas comunidades do mundo, destacando a importância da concentração adequada do elemento nesta prática, tendo adesão dos 148 países, unanimemente. Em 1994 avaliou-se que aproximadamente 170 milhões de pessoas consumiam água fluoretada mundialmente (VIEGAS et al., 1987).

Mullen (2005) afirma que, atualmente, 400 milhões de pessoas em 40 países consomem água fluoretada, mesmo em meio a diversas críticas. Vários países desenvolvidos extinguiram ou nunca implementaram a política de fluoretação, como os da Europa Ocidental e Japão, além de alguns países africanos e asiáticos, sendo esses últimos carentes de sistemas de abastecimento.

Por fim, é preciso citar que incorporado ou não à fluoretação outras práticas de adição de flúor foram adotadas e testadas em diversos locais, como o acréscimo do elemento ao sal, leite, açúcar, comprimidos ou em abastecimentos particulares de água (FEJERSKOV et al., 1994).

## **A fluoretação no Brasil**

A prática de fluoretar a água de abastecimento público tem início no Brasil no município de Baixo Guandu, no Espírito Santo, em 1953; na sequência, a cidade de Marília, no interior de São Paulo em 1956 e posteriormente em Taquara, Estado do Rio Grande do Sul, em 1957. Deste movimento de vanguarda derivou a aprovação da Lei Estadual nº 3125 de 18 de junho de 1957, tornando obrigatório a fluoretação em estações de tratamento localizadas e gerenciadas pelo Estado, ganhando expansão na década de 60.

Em 20 de outubro de 1958, em Curitiba, o Paraná iniciou a experiência da fluoretação sob a supervisão do professor de hidráulica da Universidade Federal do Paraná – UFPR Dr. Onar Sabbag, também dirigente da atual Companhia de Saneamento do Paraná. Durante 1958-1968 estudos de diagnóstico realizados pelo Serviço de Odontologia Sanitária observaram 1120 crianças com 6 – 12 anos em 10 unidades de ensino buscando verificar os resultados da política adotada na redução da cárie dental, tendo como saldo uma redução de 39,4% no índice de CPO-D nesta faixa etária (AMARANTE, 2008).

O índice CPO-D refere-se a uma estimativa que mensura o avanço da doença cárie, corresponde respectivamente a dentes cariados, extraídos ou restaurados. Este parâmetro proposto por Klein & Palmer (1937) tem sido utilizado e preconizado pela OMS até os dias atuais. Três experiências significativas de fluoretação aferiram a prática adotada sob o índice CPO-D nos municípios de Campinas (SP), Curitiba (PR) e Baixo Guandu (ES) (tabela 1), evidenciando os efeitos na saúde bucal da população escolar entre 7 a 12 anos.

O governo brasileiro passou a ver na fluoretação a alternativa mais efetiva e economicamente viável para o favorecimento de todas as classes sociais (KOZLOWSKI; PEREIRA, 2003).

**Tabela 1 Valores do índice CPO-D em escolares de 7 a 12 anos e % de redução de cárie em diferentes anos em Baixo Guandu (ES), Curitiba (PR) e Campinas (SP).**

idade	Baixo Guandu			Curitiba			Campinas		
	CPO			CPO			CPO		
	1953	1963	% red,	1953	1963	% red,	1953	1963	% red,
07	1,2	0,8	75,0	2,5	1,6	36,0	2,8	0,8	71,4
08	3,9	1,5	61,5	3,3	2,1	36,4	3,2	1,4	56,3
09	4,6	1,9	58,7	3,9	2,6	33,3	3,8	1,9	50,0
10	6,3	2,1	66,7	6,1	3,5	42,6	5,1	2,3	54,9
11	6,7	3,0	55,2	7,1	4,3	39,4	6,3	2,8	55,6
12	8,6	3,7	57,0	8,4	5,3	36,9	7,4	3,6	51,4

Fonte: Narvai (2000)

Em 1974 o Congresso Nacional aprovou a Lei nº 6050, sancionada pelo então Presidente da República, General Ernesto Geisel, que determina em seu primeiro artigo a inserção de práticas da fluoretação aos sistemas públicos de abastecimento (Anexo I). Esta lei foi regulamentada pelo Decreto nº 76872 da Presidência da República em 22 de dezembro de 1975, nomeando ao Ministério da Saúde o responsável em estabelecer os parâmetros e regras da fluoretação no território nacional, as condições de obrigatoriedade quanto às concentrações mínimas e máximas recomendadas, os métodos de análise, os procedimentos técnicos e equipamentos utilizados na quantificação de concentração do flúor em águas de abastecimento, além de considerar o teor de flúor naturalmente existente (Anexo II) (FUNASA, 2012).

A década de 80 trouxe junto ao apoio financeiro do governo federal uma significativa expansão da fluoretação, abarcando 25,7 milhões no início da década até 60,4 milhões em 1989, em 1996, 68 milhões de pessoas consumiam água fluoretada e em 2003, 70 milhões. (RAMIRES; BUZALAF, 2007).

Em 2004, a Política Nacional de Saúde chamada *Brasil sorridente – Saúde bucal levada a sério*, foi lançada pelo Ministério da Saúde e buscou viabilizar a fluoretação no abastecimento público apoiado na Lei nº 6050 que busca “viabilizar políticas públicas que garantam a implantação da fluoretação das águas, ampliação do programa aos municípios com sistemas de tratamento é a forma mais abrangente e socialmente justa de acesso ao flúor” (BRASIL, 2004, p. 9). As normas e padrões de fluoretação adotados pelo território brasileiro foram estabelecidos pela Portaria nº 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975 (Anexo III) reforçando a análise diária e

mensal da concentração de flúor, sendo esta regulada pela média térmica máxima diária (tabela 02).

Por outro lado, a portaria nº 5, de 3 de outubro de 2017 do Ministério da Saúde estipula como VMP 1,5 mg/L (Anexo IV).

**Tabela 2 Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da temperatura média diária**

Média das temperaturas máximas diárias do ar °C	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em mg/L		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 - 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 - 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 - 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 - 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 - 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 - 32,5	0,6	0,8	0,6

**Fonte: Ministério da Saúde (1975)**

Segundo Frazão e Narvai (2017):

[...] cerca de 96,5 milhões dentre os aproximadamente 141 milhões de brasileiros que residem em municípios com 50 mil habitantes ou mais, têm acesso ao benefício da fluoretação da água de abastecimento público, o que corresponde a 68,3% dessa população. Em termos macrorregionais, o Sul lidera a cobertura com 88,7% de cobertura e a pior situação é a registrada na região norte, com apenas 25,3% (FRAZÃO E NARVAI, 2017, p190).

Em contrapartida, tramita atualmente no Brasil o Projeto de Lei nº 6359/2013<sup>4</sup>, de autoria do deputado Carlos Bezerra (PMDB-MT), que visa revogar a adição de flúor no abastecimento público de água garantida pela Lei nº 6.050. Justifica-se que a prática é “economicamente injustificável, pois apenas uma pequena parcela dela é ingerida”, além de se apoiar na seguridade do uso tópico, ou seja, via cremes dentais e enxaguantes bucais.

Entretanto, Narvai (2000) afirma que os principais beneficiados na fluoretação são as classes sociais menos favorecidas, que numa condição de vulneráveis à manifestação cariogênica não possuem acesso adequado à água, ou quando possuem, numa situação de restrição. Defende que a prática promove uma

<sup>4</sup> PROJETO DE LEI nº 6.359, DE 2013 (Do Sr. Carlos Bezerra) Revoga a Lei nº 6.050, de 24 de maio de 1974, que "Dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento". Disponível em: <https://goo.gl/ocz8kC>. Acesso em: 13 ago. 2018.

universalização da saúde bucal, sendo injusto socialmente sua não realização ou a tentativa de interrompê-la.

Historicamente, analisando os benefícios da fluoretação compreende-se que a prática promove uma redução expressiva do cenário de cáries em crianças, provocando, portanto, o dever de um acompanhamento contundente que assegure a população contra a manifestação da fluorose dentária e óssea, ou seja, não tolerando o consumo em excesso do elemento.

A somar a este histórico, em outubro de 2018, a justiça do Estado de São Paulo condenou a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e a prefeitura de Pilar do Sul a oferecer tratamento odontológico permanente aos consumidores afetados e a pagar indenização por danos morais e estéticos. Segundo consta, os moradores que adquiriram fluorose serão indenizados por terem consumido durante mais de uma década água com excesso de flúor (5,3 mg/L) distribuída na rede pública de abastecimento de Pilar do Sul, no interior Estado, ou seja, seis vezes os valores recomendados<sup>5</sup>.

### **3.3.2 Benefícios do flúor**

O benefício mais eficaz do consumo adequado e constante do flúor está no desenvolvimento de resistências do esmalte dental à exposição de cáries.

Por muito tempo, desde o início da utilização do elemento, pensou-se que a prevenção a cárie se dava no contato da fluorapatita ao esmalte do dente, logo, uma vez exposto ao flúor, os benefícios se tornariam permanentes ao indivíduo. Hoje se entende que o processo não ocorre desta maneira. Devido às trocas dinâmicas minerais e pelas quedas de pH entre saliva e esmalte dentário ocorrem frequentes processos de demineralização e remineralização superficiais, portanto, o consumo de baixas quantidades de flúor é condição indispensável para que a prevenção se manifeste, formando constantemente fluoretos de cálcio quando há remineralização. Interromper a fluoretação suspende o efeito de prevenção (CURY, 1992).

Até década de 60, os dentifrícios (pastas, cremes e enxaguantes dentais) desempenharam um papel tão somente cosmético, porém, ascenderam à condição de agentes preventivos com a inserção de flúor à sua composição, podendo ser

---

<sup>5</sup> Reportagem do jornal Estado de São Paulo “Moradores abastecidos com flúor em excesso serão indenizados no interior”. Disponível em: <https://goo.gl/ao8i9L>. Acesso em 17 jan. 2019.

utilizado simultaneamente à fluoretação (NARVAI, 2000). Contudo, a ingestão perene de valores acima dos recomendados pode gerar modificações no esmalte dentário (fluorose dentária) ou ainda deformações nos ossos (fluorose esquelética ou osteofluorose) (SILVA et al. 2006).

### **3.3.3 Malefícios do flúor**

Grande parte dos íons de flúor ingeridos são absorvidos no sistema gastrointestinal, num ambiente de pH reduzido, a acidez do estômago auxilia na absorção e na toxicidade. O que não é excluído pela diurese, evacuação, sudorese e leite materno é acumulado no sistema ósseo. Quando há ingestão elevada do elemento podem ocorrer sinais e sintomas como diarreia, broncoespasmos, vômito, câimbras, pupilas dilatadas, colapso cardíaco, deficiência da função renal dentre outros. Doses menores caracterizam uma intoxicação crônica denominada fluorose, que pode evoluir de dental a patologias do sistema esquelético como osteosclerose, ou hipercalcificação e também a fluorose óssea, devido a precipitação do cálcio (GARBIN, 2017).

Dissanayake e Chandrajith (2009) e Eidelwein (2010), relatam a ocorrência de morbidades e possíveis correlações acerca da exposição ao flúor, sendo elas as disfunções do fígado, comprometimento da cognição, disfunções endócrinas, prejuízos ao fígado e ao pulmão, neoplasias ósseas e infertilidade feminina. Ainda, evidências apontam relação entre o excesso de flúor e o hipotireoidismo, com interferências no neurodesenvolvimento infantil, resultando numa possível redução do quociente de inteligência – QI em crianças e adolescentes.

Tchernitchin (2004) relata que os benefícios do flúor se manifestam apenas na adolescência, onde há maior frequência dos casos de cárie, entretanto, na idade adulta a prática se torna altamente inadequada, pois aumenta a incidência de fraturas ósseas e de Sarcoma Osteogênico ou Osteossarcoma, um tipo de câncer ósseo que começa nas células formadoras dos ossos. Há ainda estudos que buscaram associar o acúmulo do elemento no organismo como fraturas ósseas, defeitos no nascimento e síndrome de Down, porém, não houveram resultados que sustentem risco a saúde pelo consumo adequado de flúor (McDONAGH et al., 2000 apud BRASIL, 2009).

### 3.3.4 A Fluorose dentária

A fluorose dentária é uma anormalidade associada a deformações no esmalte durante o desenvolvimento dos dentes, resultado da exposição crônica a quantidades elevadas do elemento durante a faixa etária correspondente. A lenta toxicidade é manifestada pelo aumento da porosidade do esmalte, criando manchas brancas opacas superficiais ou profundas no processo de hipermineralização (BRASIL, 2009; VELÁSQUEZ, 2006).

A morbidade é permanente tendo como tratamento a restauração dos dentes comumente inacessível a grande parte da população. Pode demandar uma abrasão externa ou, em casos mais severos, a implantação de facetas ou coroas dentárias (VELÁSQUEZ, 2006)







Os sintomas clínicos da doença são classificados por mudanças que se manifestam desde linhas brancas opacas que cruzam a dentição, casando alterações meramente estéticas, até áreas média ou gravemente atingidas ganhando uma pigmentação amarela a marrom pela maior porosidade, evidenciando danos estéticos, morfológicos e funcionais. Podendo ainda ocasionar dores, prejuízos a mastigação e até mesmo a perda dos dentes afetados. (FEJERSKOV et al., 1994; BRASIL, 2009).

Pinto (2008) afirma que o tempo de exposição, a idade do indivíduo e a etapa de formação do dente está associado ao grau de avanço da fluorose, sendo a faixa etária mais propensa a manifestação da doença entre 3-4 meses a 7-8 anos.

Amplamente utilizado por profissionais e pesquisadores da área da saúde bucal, o índice de Dean (1942) apoia-se na descrição e análise de feições manifestas no esmalte dentário em diferentes níveis (figura 03), podendo por fim efetuar o diagnóstico.

A prevalência da fluorose segundo as pesquisas epidemiológicas relatam que a morbidade é endêmica em locais onde as concentrações de flúor são elevadas em reservatórios naturais de água. Na faixa etária de 12 anos, a prevalência chegou a 8,5%, apresentando como severa em apenas 0,7% segundo o levantamento brasileiro entre 2002 a 2003. Jovens entre 15 a 19 anos apresentam 5,1% de casos leves e 0,3% de casos moderados e severos. Em síntese, os resultados demonstraram baixa prevalência, entretanto com disparidades nitidamente regionais (BRASIL, 2009).

**Figura 3 Quadro de classificação de fluorose dentária por Dean (1942)**

	Classificação	Grau	Crítérios-Descrição do Esmalte
	<b>Normal</b>	<b>0</b>	Esmalte superficial liso, brilhante e geralmente de cor branca bege pálida
	<b>Questionável</b>	<b>1</b>	Esmalte apresenta leves aberrações na translucidez de esmalte normal, que podem variar desde pequenos traços esbranquiçados até manchas ocasionais
	<b>Muito leve</b>	<b>2</b>	Áreas pequenas e opacas de cor branca, porosas e dispersas irregularmente sobre o dente, mas envolvendo menos de 25% da superfície dentária vestibular.
	<b>Leve</b>	<b>3</b>	Opacidade branca do esmalte mais extensa do que para o código 2, recobrendo menos de 50% da superfície dentária
	<b>Moderado</b>	<b>4</b>	Superfície de esmalte apresentando desgaste acentuado e manchas marrons, frequentemente alterando a anatomia do dente.
	<b>Severo</b>	<b>5</b>	Superfície do esmalte muito afetada e hipoplasia tão acentuada que o formato geral do dente pode ser afetado. Existem áreas com fóssulas ou desgastes e manchas marrons espalhadas por toda parte; os dentes frequentemente apresentam aparência de corrosão

Fonte: Adapt. Dissanayake; Chandrajith, (2009)

Cangussu et al. (2002) sugerem que possíveis causas biológicas individuais podem interferir o avanço da fluorose como alterações da atividade renal, estado

nutricional, taxa de crescimento esquelético, baixo peso corporal e remodelamento ósseo.

Até então, existem evidências de que a fluorose tem aumentado no mundo todo devido a ingestão por múltiplas fontes, logo, uma atenção não apenas às águas fluoretadas, mas como também no uso dos dentifrícios, sais fluoretados, águas minerais, chás, produtos de alimentação infantil, suplementos com flúor e bebidas consumidas antes dos 6 anos de idade têm sido considerados como fatores favoráveis à fluorose dentária (BRASIL, 2009).

Importante o destaque que o consumo de alimentos a base de frango, frutos do mar, sardinha, salmão e determinados peixes podem acumular concentrações consideravelmente elevadas, principalmente quando se inclui conchas, pele e ossos na industrialização. O frango e produtos derivados podem conter de 0,6 a 10,5 ppm (mg/L) de flúor (ANZAI, 2003).

Como fatores de proteção especial em crianças abaixo dos 6 anos de idade, Paiva et al. (2003) recomendam uma limitação na frequência da escovação de apenas duas vezes por dia, com a quantidade mínima de dentifrício, não fazer bochechos com soluções fluoretadas e ainda supervisionando e orientando para que a criança não degluta a solução. Tendo conhecimento dos níveis de flúor na água de abastecimento, indicar ou não o uso de produtos fluoretados.

A ocorrência endêmica da fluorose estima-se atingir 25 países, com destaque para China, por mais de 100 milhões de pessoas possuírem a doença, o México com 5 milhões de casos pelo contágio por água subterrânea, Índia e Argentina (BRASIL, 2009).

No Paraná, manifesta-se a doença em áreas fluoranômalas por abastecimento subterrâneo no Norte Pioneiro do Estado (Licht et al. 1996b, Licht et al., 1997; Licht 2001 apud SILVA, 2006), encontrando áreas com teores de até 1,9 mg/L nas amostras coletadas nestes períodos. Em Itambaracá a prevalência de fluorose dental descoberta na população escolar foi de 72%, destes 61% em níveis 4 e 5 de severidade (PIRES, 2008)

Velásquez (2006) narra o caso de Mocambo, distrito de São Francisco, no norte de Minas Gerais como cenário da ocorrência de fluorose. Em 1994, um grupo de dentistas diagnosticaram manchas opacas na dentição da comunidade ali residente. Em 1995 a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA analisou a água do poço público tubular aberto há 15 anos, detectando 3,3 mg/L de flúor, valor este

quatro vezes mais elevado que os parâmetros desta região. A água contaminada identificada por estudos provinha de estruturas rúpteis da litologia, configurando áreas de vulnerabilidade em 80% dos distritos de São Francisco.

A proporção de pessoas que manifestam formas moderadas e severas da doença nas diferentes regiões do Brasil ainda é pequena mesmo com alta prevalência, e bem pontual, segundo Cangussu et al. (2002). Para os autores, os casos só ocorrem onde há fluorose endêmica por ação de fontes naturais com altos teores de flúor.

### **3.3.5 A Fluorose óssea**

A fluorose óssea ou esquelética é resultante da ingestão de quantidades maiores que 3 ou 4 mg/L de flúor de forma continuada, estimulando assim efeitos adversos como endurecimento incomum da densidade óssea em joelhos, costas, ombros, pélvis, nas articulações do pescoço, mão e pés (figura 4) (ANDREAZZINI, 2006; DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009). Foi notificada inicialmente em 1936 na região Sul da Índia, onde estima-se que 6 milhões de habitantes possuem alguma limitação motora devido a algum nível desta doença (REDDY, 2009). Além da constante exposição ao flúor, está associada a má nutrição e comprometimentos renais.

**Figura 4 Caso de fluorose óssea**

**Fonte: Cortesia do Ministério da Água, República Unida da Tanzânia**

**In: DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, (2009).**

Os aspectos clínicos da fluorose óssea inicialmente se apresentam por dores esporádicas nos ossos, fadiga muscular, diminuição do apetite, fraqueza crônica e endurecimento das articulações de membros e tronco. Podem haver deformações irreversíveis dos ossos do quadril, joelho e osteoporose num quadro evolutivo avançado, caracterizado pela hiperdensificação e calcificação de ligamentos. Em níveis severos resulta em distúrbios neurológicos devido a lesões da medula espinhal, invalidez e óbito (REDDY, 2009). Dissanayake e Chandrajith detalham este estágio:

Mecanismo de desencadeamento da fluorose óssea que a fim de imobilizar a circulação do flúor no corpo, o excesso de flúor fixa-se no material hidroxapatita dos ossos por substituição do OH- por F- de forma irreversível até a exposição contínua. Durante este processo, a taxa de síntese do material ósseo (hidroxapatita) é consideravelmente aumentada, o que leva à formação de massa óssea ou osteosclerose, como pode ser visto em pessoas com fluorose óssea [...]. Com a deposição de cálcio fluoroapatita, a densidade óssea e a massa óssea aumentam. Na espinha dorsal, as perfurações através do qual os vasos sanguíneos do sistema nervoso e passam são restritas e isso altera a pressão sobre os nervos e vasos sanguíneos, resultando em paralisia e dor extrema (DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009, p.77).

Apresentam ainda a morbidade como degenerativa e de diagnóstico complexo, sendo detectada apenas no seu estágio final e comumente confundida como artrite. Hemogramas e exames de urina podem indicar a doença pelos valores de flúor apresentados, porém a cintilografia óssea tem sido a forma mais precisa de detecção de anormalidades das articulações e avaliações do metabolismo esquelético (REDDY, 2009).

Marimon (2006) expõe que países que consomem águas subterrâneas como altos valores de flúor como México, Índia, China e Israel têm apresentado a fluorose óssea endemicamente. Na cidade de Haryana, Bhiwani, Índia, teores de flúor foram detectados em 86 mg/L. Acentuando-se possibilidades em países tropicais, devido ao clima intensificar o consumo de água. A autora ainda relata que doenças de degeneração óssea estão associadas ao consumo de águas subterrâneas no Estado de São Paulo e nos três Estados da região Sul do Brasil.

Justifica-se, portanto, a real necessidade de caracterizar o arranjo espacial do flúor nas fontes de abastecimento humano, seja de origem superficial ou subterrânea.

## **4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **4.1 Revisão bibliográfica**

Para atingir os fins propostos nesta pesquisa, iniciou-se uma revisão da bibliografia apoiada em dissertações, teses e livros sobre as bases teóricas que versam sobre a Geografia da Saúde, Geologia Médica, hidrogeoquímica, pressupostos sobre o elemento flúor, o contexto da fluoretação no Brasil e as morbidades relacionadas a este elemento, sobretudo as modalidades de fluorose. Também foram obtidas informações sobre o atual cenário desta área de pesquisa no campo das Geociências e da Odontologia.

### **4.2 Dados para a caracterização física**

Dados secundários foram utilizados na elaboração dos produtos cartográficos de caracterização física da porção Norte da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas, este recorte foi estabelecido devido a pesquisas anteriores apresentarem pontos de atenção para valores elevados de flúor dentro dessa feição geomorfológica. Os dados vetoriais e matriciais georreferenciados em grande parte foram disponibilizados por órgãos públicos como o Instituto Nacional de Geografia e Estatística – IBGE para arquivos de limites e malhas digitais municipais.

Instituto de Terras, Cartografias e Geologia – ITCG para cartografias temáticas de feições geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, pedológicas e características climáticas.

Informações da Agência Nacional de Águas – ANA e da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento – SUDERHSA (atualmente Instituto das Águas do Paraná) para dados de localização e origem de abastecimento dos municípios, além da relação dos poços tubulares.

Após a caracterização, estes dados foram utilizados para fins de planejamento na construção de um mapa roteiro aplicado nas coletas em campo.

Toda a produção cartográfica desta pesquisa foi processada pelo Sistema de Informação Geográfica – SIG Qgis versão 2.18.25<sup>6</sup> no sistema referencial de coordenadas SIRGAS 2000 em projeção plana<sup>7</sup>.

O levantamento das morbidades trazidas pela literatura possivelmente associadas ao flúor foi levantado pelo banco de dados DATASUS e a eles somado a caracterização geológica que comportam as águas do Nordeste paranaense e resultados de pesquisas anteriores da área. Tendo, por fim, um levantamento de hipóteses que relacionam a possível presença de fatores que indicam anomalias geoquímicas de flúor nas águas subterrâneas da região.

### **4.3 Dados secundários de saúde**

A literatura utilizada traz morbidades possivelmente associadas pelo acúmulo de flúor no organismo humano para além das modalidades de fluorose. O levantamento quantitativo destas morbidades foi coletado no sistema online Banco de Dados de Morbidade do Ministério da Saúde – DATASUS (BRASIL, 2016) por busca individual em cada um dos 14 municípios. Os dados possuem o recorte para indivíduos >20 anos no intervalo entre janeiro de 2008 a junho de 2018, ou seja, um recorte temporal maior que 10 anos relativo às categorias “morbidade hospitalar – internações – por local de residência”. Patologias essas, segundo a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde - CID-10: Transtornos na estrutura dos dentes (Outros transtornos dentes e estruturas de suporte), Transtornos da tireoide (Outros transtornos tireoidianos), Patologias do fígado (Outras doenças do fígado), Neoplasia dos ossos (Neoplasia do osso e cartilagem articular), Insuficiência renal e Infertilidade feminina, como apontadas anteriormente por Dissanayake e Chandrajith (2009).

A tabulação destes dados demandou um ajuste de proporção balizado pelo número de moradores de cada município, procedimento epidemiológico conhecido como Taxa de Prevalência – TP (BARROZO, 2011). Essa medida estatística expõe

---

<sup>6</sup> A postura de utilizar o QGIS como SIG de código aberto em todas as etapas cartográficas desta pesquisa intenta sobre a importância de valorizar a divulgação e a produção do conhecimento de maneira desprovida de custos, sobretudo em tempos de desvalor das instituições públicas.

<sup>7</sup> A produção cartográfica desta pesquisa está disponível para download em alta resolução através do link <https://goo.gl/aEbfmA>.

a proporção de casos existentes numa certa população e num determinado recorte temporal, descrita na equação:

$$TP = \frac{\text{número de casos apresentados}}{\text{população total em um determinado espaço geográfico na data de referência do ano considerado}} \cdot 1000$$

A constante 1000 faz referência a 1000 habitantes devida às proporções dos menores municípios que compõem a área analisada.

Não foram utilizados dados relativos a óbitos, visto que as morbidades citadas possivelmente apresentam maiores demandas voltadas ao atendimento hospitalar (internações) do que sendo a causa da morte (infertilidade feminina, doença dos dentes, transtornos da tireoide...).

O produto final destes dados secundários resultou num gráfico que favoreceu o levantamento de hipóteses sobre os municípios que ao longo do tempo apresentou as patologias e sua distribuição cartográfica, para que após os resultados obtidos na coleta e análise química das águas subterrâneas proporcione-se algumas conclusões.

#### **4.4 Dados de fluorose dental**

Esta pesquisa não obteve informações sobre o registro dos casos de fluorose na região, sendo as informações dessa doença ainda não sistematizada pelos profissionais da área odontológica.

#### **4.5 Coleta de amostras**

O trabalho de campo que viabilizou a coleta de águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral foi realizado no início do período chuvoso de 2018, entre os dias 01 e 04 de novembro, totalizando 73 amostras distribuídas nos 14 municípios estudados. A coleta só pôde ser viabilizada no período de transição pluviométrica, quando o aquífero, ao sair do regime seco, favorece a maior concentração de sais (ionizados) em meio aquoso, posteriormente, passa a receber a recarga dos regimes pluviométricos e inicia o processo de dissolução dos elementos presentes na água.

Futuramente, para uma melhor compreensão dos resultados deste trabalho serão realizadas réplicas e trélicas amostrais dos mesmos poços em desequilíbrio sob outros regimes de chuva.

Inicialmente, elaborou-se um mapa de referência contendo informações gerais sobre a localização dos poços outorgados em seus respectivos municípios fornecidos pela ÁguasParaná (2018), as principais vias de acesso e dados conhecidos sobre cada poço (nome da propriedade, profundidade, finalidade proposta etc.) em áreas urbanas e rurais. Entretanto, em campo, esta listagem não atendeu de forma satisfatória a localização destes poços por alguns estarem desativados ou até mesmo não encontrados. Para reparar essa ausência, buscou-se poços nas imediações da área indicados por moradores locais.

A distribuição dos poços coletados visou abranger a maior parte da área de estudo, da forma mais homogênea possível, pautado pelos seguintes critérios, nesta ordem:

1. Poços abastecidos pelo SASG
2. Proximidade aos pontos de coleta de águas superficiais pesquisados por Golono de Deus (2016) para informações de flúor na mesma região
3. Distribuição abrangente da área de estudo

Por fim, a amostragem se desenhou sob uma diversidade de lugares visitados nos quais foram amostrados, a saber, em poços de abastecimento público sob a gestão da SANEPAR, SAAE, poços para fins industriais em fabricas de ração, mecânicas automotivas, cooperativas de beneficiamento de grãos, hospitais, aviários, granjas, clubes de lazer, condomínios, hotéis, postos de gasolina, além de diversos sítios e chácaras.

Dentre os equipamentos utilizados pode-se citar:

Veículo disponibilizado pelo Projeto Aquífero Serra Geral - Guarani - Rede Sul, garrafas de polietileno de 500ml e lacres (figura 05), material de identificação das amostras e de anotação, GPS Garmin 60 CSx, leitor multiparâmetros Horiba-U52 (figura 05) e água deionizada para limpeza e manutenção dos sensores do mesmo nos intervalos entre coletas.

Os procedimentos de coleta foram executados à luz das orientações do *Protocolo de Coleta e Análise da Amostra de Água* (CECOL, 2014). Seguindo o protocolo, as amostras foram coletadas junto (ou o mais perto possível) ao hidrômetro (figura 05). Após o desprezo do fluxo de água por 2-3 minutos (evitando

a coleta de água estagnada) o frasco foi lavado com a própria água do poço por três vezes antes de ser coletada, esse procedimento evita interferências nos resultados. Sempre após esse processo, registrou-se por leitura direta, no local de amostragem os parâmetros físicos de temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), potencial hidrogeniônico (pH), turbidez (NTU) e Oxigênio dissolvido – OD ( $\text{mg}/\text{L}$ ). O levantamento destas informações registra um retrato das características fisicoquímicas das águas subterrâneas no momento de sua coleta, sendo esses indicativos classificadores gerais e possíveis indicadores de desequilíbrios que demandam futuros aprofundamentos com enfoques mais detalhados. Mesmo possibilitando ponderações sobre os resultados, estes não estão nos objetivos centrais deste trabalho.

Ao final, os frascos foram lacrados imediatamente, identificados, e armazenados em caixas térmicas mantidas com gelo e registradas em planilhas as informações correspondentes.

**Figura 5** Atual amostra P33 e leitor de multiparâmetros Horiba-U52 (esquerda).  
Hidrômetro do atual ponto P45 (direita).



Fonte: O autor (2018)

Após todas as coletas, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Geologia e Solos do Departamento de Geociências da UEL e armazenadas sob refrigeração até a data da análise química.

#### 4.6 Análise química

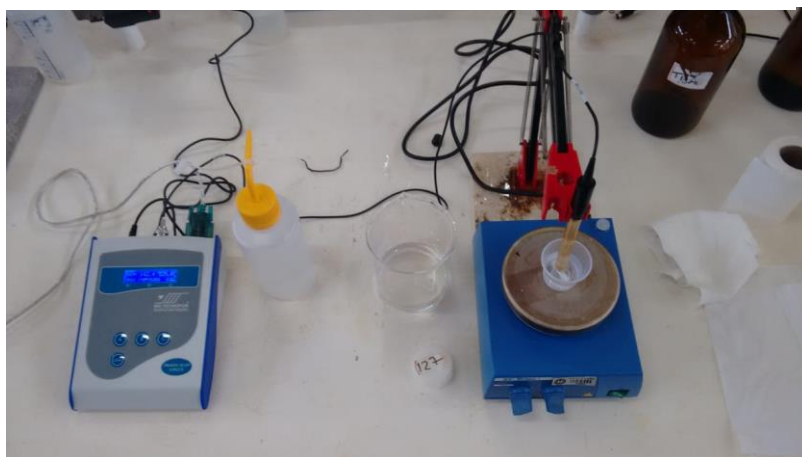
O método de mensuração dos valores de concentração de íons de fluoreto foi realizado nas dependências do Laboratório de Análise Química da Universidade Estadual de Londrina (CCE-UEL), utilizando o procedimento técnico da

Potenciometria Direta, que utiliza um eletrodo específico e sensível ao elemento, como elucidada brevemente o *Protocolo de Coleta e Análise da Amostra de Água*:

É utilizado um eletrodo que possui um cristal sensível a íon flúor na extremidade de um tubo. Dentro do tubo há uma solução de fluoreto e durante a análise o eletrodo é conectado a um potenciômetro. Quando o eletrodo é imerso numa solução contendo íon flúor, se estabelece uma diferença de potencial entre a concentração de fluoreto de fora e dentro do eletrodo, a qual é detectada pelo potenciômetro. Como há uma relação linear entre a diferença de potencial e o inverso do logaritmo da concentração de fluoreto na solução, é possível ser determinada a relação matemática entre essas variáveis, utilizando soluções de concentração conhecida de fluoreto (padrões). Assim, a partir de curvas de calibração previamente feitas a concentração de fluoreto nas amostras de água é determinada (CECOL, 2014, p.8).

Dentre os materiais necessários para a realização da análise foram utilizados um potenciômetro com sensibilidade para 0,1mV, eletrodo específico para íon flúor, soluções padrão de íon flúor para a curva de calibração nos valores 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0 ppm F, solução TISAB II preparado e adicionado às amostras, regulando assim o pH e garantindo que todo o íon flúor esteja livre na solução e água deionizada para limpeza do eletrodo entre as amostras<sup>8</sup> (figura 06).

**Figura 6 Potenciômetro durante leitura de amostra**



**Fonte: O autor (2018)**

---

<sup>8</sup> Para informações técnicas e procedimentais detalhadas consultar o manual CECOL-USP. Protocolo de Coleta e Análise da Amostra de Água – Projeto Vigifluor. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://goo.gl/9q3CDg>. Acesso em 14 dez. 2018.

Após realizar a leitura, os valores foram lançados numa planilha contendo o nº da amostra, local de coleta e a concentração de flúor nas águas coletadas.

#### **4.7 Parâmetros para teores de flúor**

Os parâmetros de concentração de flúor nas águas fluoretadas ou naturais foram delimitados pela média das temperaturas máximas diárias da região, orientações essas definidas pela portaria nº 635/Bsb do Ministério da Saúde (1975).

Com essa informação, delimitou-se o índice recomendado na região pelos dados climáticos coletados e organizados. Define-se, portanto, o Valor Máximo Recomendado – VMR referente a 27,1°C. Segundo a metodologia proposta, os valores toleráveis para flúor nas águas de consumo devem estar entre 0,6 a 0,8 mg/L, sendo 0,6 o nível de concentração considerado ótimo e o 0,8 o valor máximo recomendado (VMR) para a região investigada (e.g. Pinese et al, 2017).

Esse valor baliza os resultados das amostras de água considerados como apropriados e inapropriados, caracterizando dessa forma as áreas de atenção, sejam por carência ou pelo excesso de flúor.

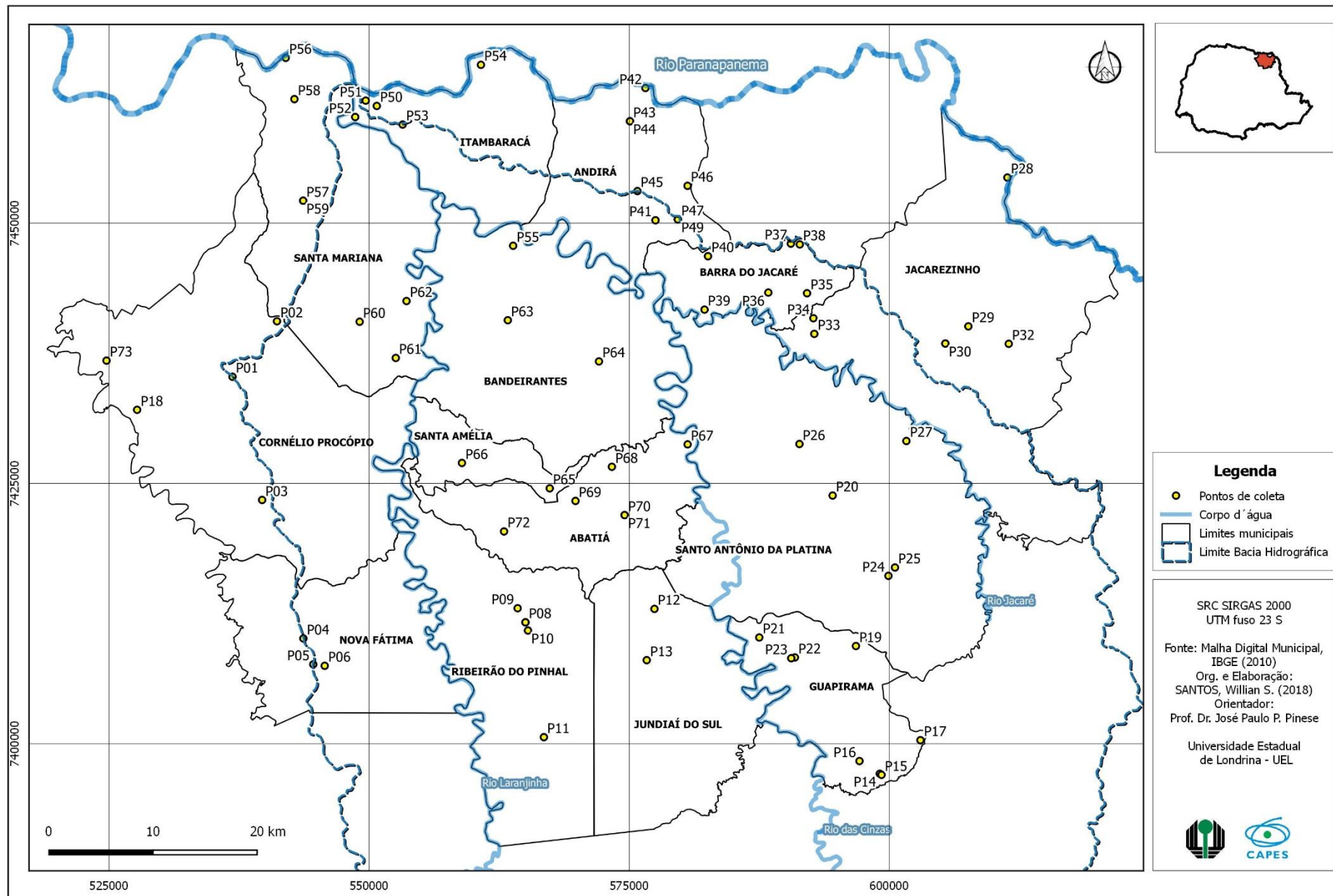
Cabe destacar que o município de Nova Fátima apresentou sua temperatura média máxima nove décimos abaixo da classe dos demais (26,2°C), porém, no contexto de seu entorno foi considerado parte da média da região, visto adiante que seus resultados químicos finais não apontaram anomalias de flúor balizadas por valores de saúde neste município.

#### **4.8 Tabulação e elaboração cartográfica**

Após a análise química realizada e resultados disponíveis tabulados, elaborou-se um banco de dados georreferenciado junto a um produto cartográfico contendo a localização de cada poço amostrado (figura 7).

O mapa de pontos a seguir foi elaborado por coletas com GPS em campo e posteriormente alimentado pelos valores de referência para o flúor e os multiparâmetros.

Figura 7 Localização dos 73 poços tubulares amostrados nos 14 municípios da porção Norte da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas - PR (2018)



Após importado os dados para o SIG Qgis 2.18.25, utilizou-se a técnica geoestatística de interpolação IDW (Inverse Distance Weighted - Inverso do Quadrado da Distância)<sup>9</sup>. Essa técnica é utilizada para fins de construir uma superfície a partir de dados rarefeitos e disponíveis por alguns pontos no plano cartográfico, neste caso as 73 amostras. Com essas informações, o processamento consiste em combinar elementos algébricos e geométricos para calcular a variável nas posições do plano cartográfico onde os dados são desconhecidos (FERREIRA, 2014)<sup>10</sup>.

Ao converter os dados quantitativos obtidos em representações cartográficas temáticas, elaborou-se dois mapas ajustados em legenda pelas legislações apresentadas. Esses dois mapas distinguem as áreas de atenção à saúde para os valores estabelecidos carentes de correção, e pelo excesso do elemento flúor. Esses resultados auxiliaram na interpretação de padrões espaciais e no arranjo distributivo do flúor no contexto da área investigada.

De modo suplementar, elaborou-se mapas com representação temática distinta à interpolação por meio de símbolos proporcionais. Ao apontar a localização do evento também demonstra simultaneamente a intensidade do fenômeno referentes aos dados absolutos.

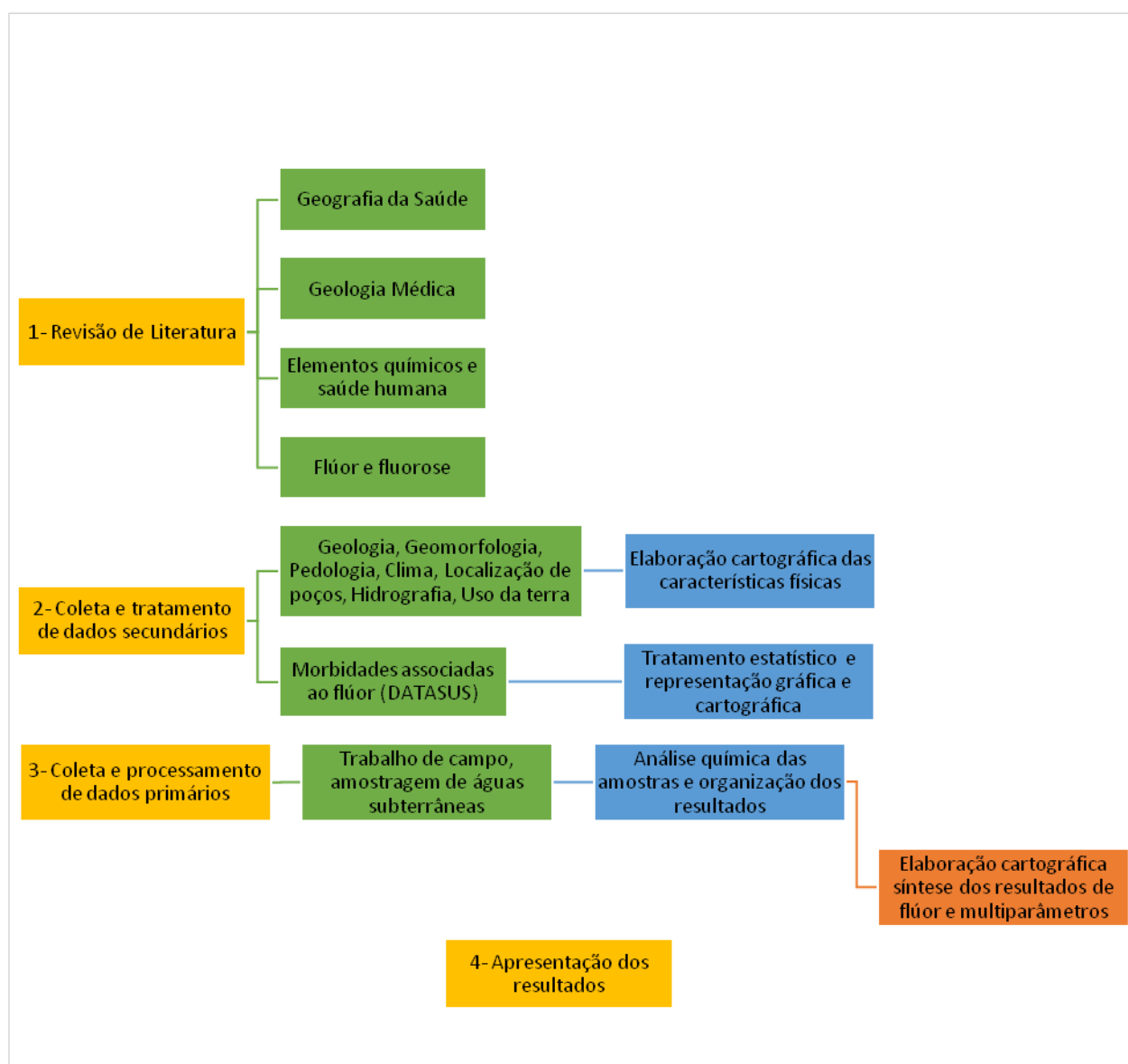
Para melhor compreensão de todas as etapas procedimentais, segue um organograma que sintetiza o caminho metodológico trilhado nesta pesquisa (figura 8).

---

<sup>9</sup> Informações técnicas detalhadas: Para o realce do raster e visualização de mais alvos utilizou-se o 'Corte de contagem cumulativa' com valores 0,0 – 100%, precisão real, interpolação discreta, em 12 classes com intervalos personalizados para garantir a representação desejada.

<sup>10</sup> Este procedimento tem sido utilizado em muitas pesquisas da mesma natureza, ou seja, na tentativa de representar a distribuição de elementos ou características das águas subterrâneas. Porém, faz-se necessário apontar que esta técnica simula um cenário geológico uniforme que desconsidera as desconhecidas falhas e descontinuidades da litologia dos aquíferos que comportam esses volumes de água. Logo, configura-se numa modelagem suposta do fenômeno estudado.

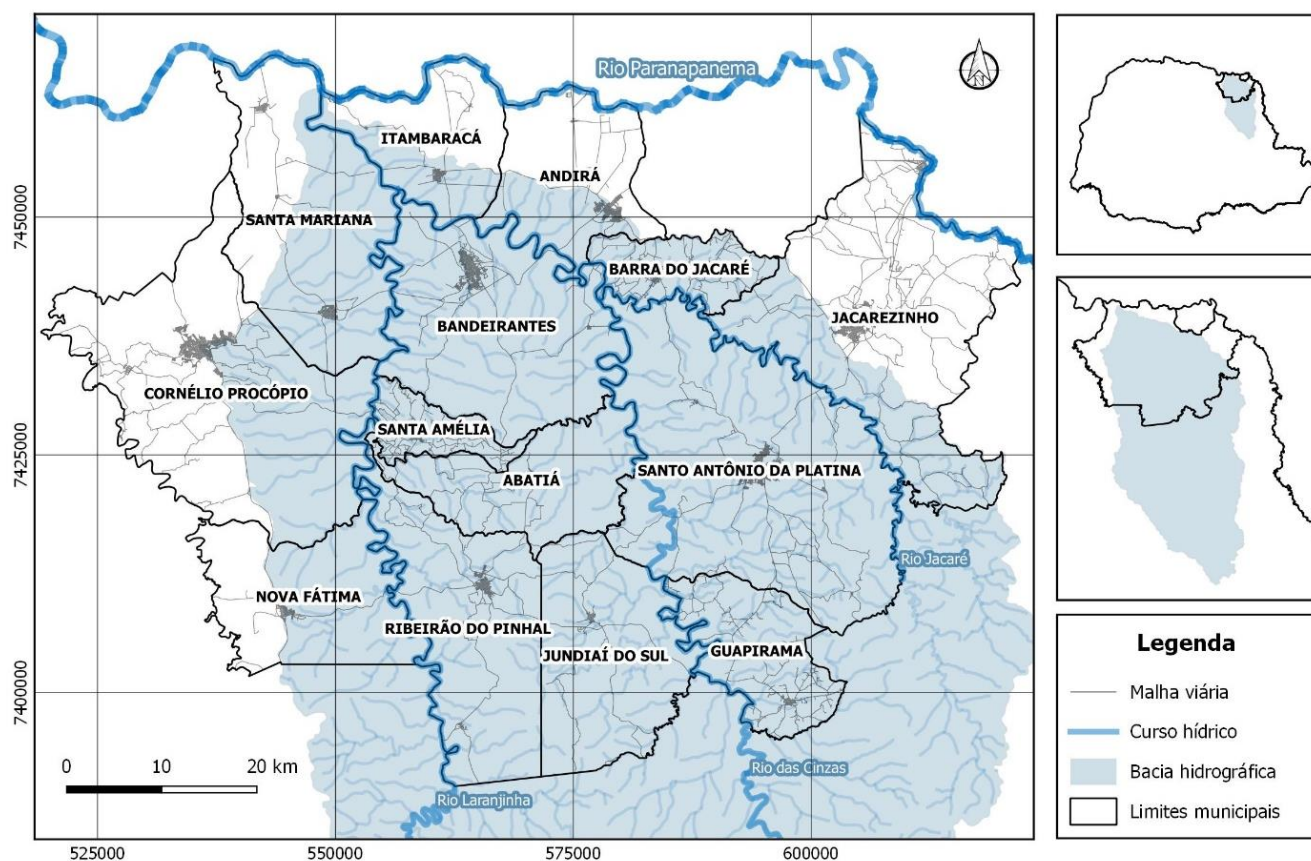
Figura 8 Caminho procedimental seguido nesta pesquisa



## 5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é composta por 14 municípios pertencentes ao Nordeste do Estado do Paraná e localizados na porção Norte da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas. São estes: Abatiá, Andirá, Bandeirantes, Barra do Jacaré, Cornélio Procópio, Guapirama, Itambaracá, Jacarezinho, Jundiá do Sul, Nova Fátima, Ribeirão do Pinhal, Santa Amélia, Santa Mariana e Santo Antônio da Platina. Esses municípios demandam recursos hídricos total ou parcialmente da porção norte da bacia hidrográfica do Cinzas de origem subterrânea, superficial ou conjunta (figura 9)

**Figura 9** Mapa de localização dos municípios da porção Norte da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas - PR (2018)



SRC SIRGAS 2000  
UTM fuso 23 S

Fonte: Dados digitais  
municipais IBGE (2010)

Org. e Elaboração:  
SANTOS, Willian S. (2018)  
Orientador: Prof. Dr. José Paulo P. Pinese

Universidade Estadual de  
Londrina - UEL

## **5.1 Geologia**

O Contexto geológico da região está inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, configurando uma depressão que comporta pacotes de rochas ígneas e sedimentares (PINESE et al, 2000 e Pinese, 2002).

Na área estudada evidencia-se o predomínio de rochas ígneas da Formação Serra Geral, e em menor ocorrência as litologias sedimentares das formações Botucatu, Piramboia, Rio do Rastro, Teresina, Serra Alta, dentre outras (ROSA FILHO, 2011) (figura 10).

### **Formação Serra Alta**

Relacionada a inundação do golfo raso de Irati há aproximados 240 m.a; contemporânea a elevação dos níveis do mar na Bacia do Paraná. Apresenta folhelhos e siltitos sequenciais, caracterizando-se essencialmente pela fratura conchoidal. A espessura máxima deste pacote sedimentar é igual a 850 metros. Presente nesta pesquisa apenas na região central de Guapirama (ROSA FILHO, 2011).

### **Formação Teresina**

Feição formada em ambiente nerítico costeiro na fase do desenvolvimento continental, constitui-se de uma intercalação de argilitos, folhelhos e siltitos de cor cinza-esverdeada, em estrutura rítmica interposto com arenitos finos cinza-claro, depositada entre 230 a 240 m.a. A espessura destes sedimentos é de 850 metros (PINESE et al; 2000; ROSA FILHO, 2011). Presente no extremo Sul dos municípios de Ribeirão do Pinhal, Jundiá do Sul e Santo Antônio da Platina e também a região Noroeste de Guapirama

### **Formação Rio do Rasto**

Descrita inicialmente por White em 1908, foi elevada a nível de formação em 1947. Condicionada em ambiente continental flúvio-lacustre, é composto por siltitos e argilitos intercalados em arenitos finos bem selecionados, cores esverdeadas,

avermelhadas e arroxeadas, ocorrendo níveis ocasionais de calcário e sílex. Possui idade de aproximadamente 230 m.a. e encontra-se no Centro Sul de Santo Antônio da Platina e Jundiá do Sul, Sudeste de Ribeirão do Pinhal e de Jacarezinho (ROSA FILHO, 2011).

### **Formação Piramboia**

Litologia composta por sedimentos arenosos finos a muito finos a siltosos, de coloração vermelha – esbranquiçada. Seu afloramento é irregular e descontínuo devido as soleiras de diabásio, sills da Formação Serra Geral, pela Formação Botucatu e depósitos cenozoicos que a recobrem (MILANI et al., 2007). A origem dessa formação está associada, como a Botucatu, a ambientes predominantemente eólicos com o acúmulo de sedimentos suspensos em lama e lagoas temporárias (CAETANO- CHANG; WU. 1995). Segundo Marimon (2006), minerais ricos em flúor (fluorita, aragonita, argilominerais e opala) não se apresentam em quantidades significativas em litologias sedimentares como a Formação Botucatu, Rio do Rastro e Pirambóia. Essa formação está fragmentada na porção Sudeste de Jacarezinho.

### **Formação Botucatu**

Parte das rochas do Mesozoico paranaense, a Formação Botucatu, também pertence ao Grupo São Bento, possuindo idade entre 248 a 142 milhões de anos, sendo constituída por sedimentos arenosos. Situada entre o Triássico e Jurássico superior, constitui-se por arenitos avermelhados, com partículas arenosas média a grossa e muito fina a fina, com significativa porosidade, apresentando estruturas bem definidas de estratificações cruzadas de médio e grande porte, abrangendo até 15m de altura, podendo variar entre 40 a 140 metros de espessura. É resultante de paleodunas em um cenário predominantemente desértico pela ausência de água ou qualquer outra feição que apresente umidade. Na porção superior desta formação, é possível encontrar intercalações com rochas basálticas. (ROSA FILHO, 2011). Está em contato com a Formação Serra Geral distribuída pelo centro-leste do Estado do Paraná e centro do Estado de São Paulo, delimita a borda da Bacia Sedimentar do Paraná, presente em grande parte do município de Jacarezinho, dividindo ao meio o município de Santo Antônio da Platina, e também presente em Jundiá do Sul e Ribeirão do Pinhal.

## Formação Serra Geral

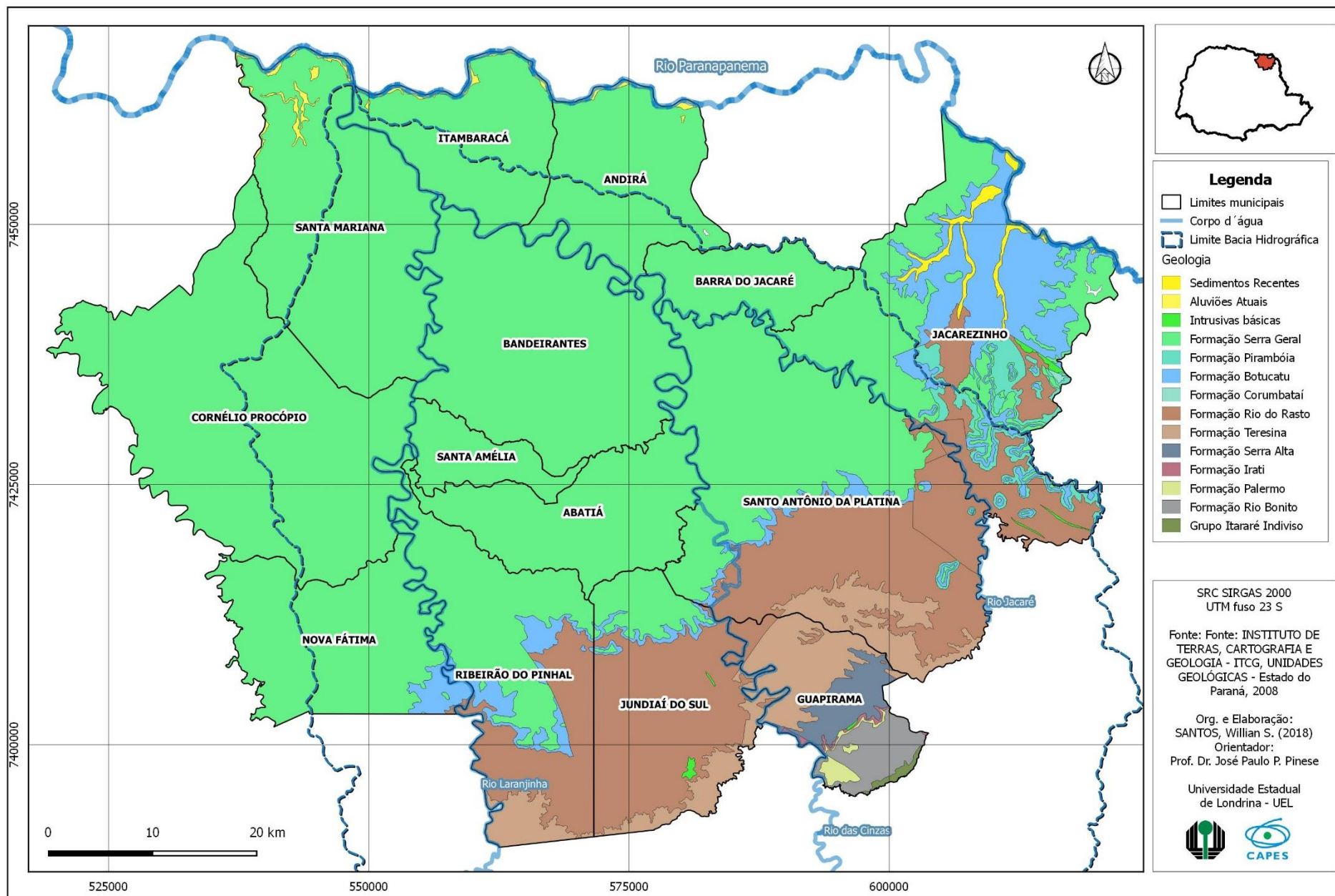
Formada há 140 Milhões de anos (Ma), teve sua gênese associada diretamente à ruptura do Gondwana, tendo em 90% do total de sua composição basaltos toleíticos, como também por basaltos andesitos, apresentando vesículas e amígdalas na porção superior de cada derrame e comumente a presença de diabásios em formato de *sills* e diques. Os derrames vulcânicos de basalto podem variar no que tange à espessura, estruturas individuais podem ter 50 metros, e no conjunto total, a marca de 1700 metros. As rochas desta formação apresentam coloração cinza escuro a negra, geralmente numa textura afanítica, ou seja, seus minerais não estão perceptíveis a olho nu (PICCIRILLO ET AL, 1988).

Locais onde a espessura dos derrames é maior (zona central) é maciça, microcristalina e contendo fraturas por juntas de contração subverticais (disfunção colunar). Calcedônia, quartzo, calcita, zeólita e nontronita preenchem total o parcialmente as amígdalas, podendo ocorrer grandes geodos em maiores profundidades. (ROSA FILHO, 2011; ARCHELA et al. 2003). A atividade ígnea que deu origem aos derrames basálticos da Formação Serra Geral afetou área, hoje ainda preservada, de cerca de 1.200.000 km<sup>2</sup> no Brasil, este derrame solidificou-se em contato direto com a formação subjacente, a Botucatu, correspondendo a 75% da Bacia do Paraná (PICCIRILLO & MELFI, 1988).

A ocorrência dessas fraturas, disjunções horizontais e colunas por tectonismos, resultaram um importante cenário para a Hidrogeografia e hidrogeologia, favorecendo a permeabilidade e porosidade das águas na construção do Sistema Aquífero Serra Geral – SASG. Essas mesmas particularidades podem também apresentar liberação de gases e outros vapores, podendo esses serem fontes naturais de flúor ainda no processo pneumatolítico (NANNI, 2008; MARIMON, 2006). Tais constatações ganharam maior espaço nos últimos anos, através de pesquisas desenvolvidas por Licht et al (2015).

Segundo Pinese, (2002), esse derrame basáltico em área continental é um dos maiores do mundo, cobrindo quase totalmente a porção sedimentar do Estado do Paraná. Esta litologia sustenta por completo os municípios de Santa Mariana, Cornélio Procópio, Itambaracá, Andirá, Bandeirantes, Barra do Jacaré, Santa Amélia e Abatiá.

Figura 10 Mapa Geológico dos municípios na porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas - PR



## 5.2 Geomorfologia

A forma do relevo atual é resultado da dinâmica interna do período Mesozóico associados as modificações dos processos exógenos provocados pelo intemperismo climático e pela erosão. Segundo Maack (2002) grande parte da área está situada morfoesculturalmente no Terceiro Planalto paranaense e numa porção menor (municípios do Sul) sobre o Segundo Planalto, situadas na grande unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná (figura 11).

Segundo Licht (2001), o relevo influencia tanto as características naturais como culturais e socioeconômicas distintas, para o autor, o relevo influenciou a organização social do espaço paranaense.

O Terceiro Planalto, ou Planalto Guarapuava está associada ao grande derrame vulcânico da Formação Serra Geral, que conformam uma paisagem bastante uniforme. Sua altitude em determinadas porções como na Serra do Cadeado pode alcançar cotas altimétricas próximas a 1000m, possui as formas de relevo em feições acentuadas graduais pelos processos erosivos e à resistência das rochas basálticas. A subunidade morfoescultural que comporta os municípios é classificada como Planalto de Londrina e apresenta gradiente altimétrico entre 340 – 980m (figura 12) e classes de declividade em sua maioria inferiores a 12%. Os topos são alongados, vertentes convexas e vales em “V” (MINEROPAR, 2006, p.30).

O Planalto de Ponta Grossa, ou Segundo Planalto paranaense está situado em rochas da Era Paleozoica, com características estruturais monoclinais mergulhadas para o Oeste (MAACK, 2002). A subunidade morfoescultural que comporta os municípios do Segundo Planalto é classificada como Planalto do Médio Cinzas, e apresenta gradiente altimétrico entre 440 – 780m e classes de declividade em sua maioria inferiores a 6%. Os topos são aplainados, vertentes convexas e vales abertos de fundo chato. (MINEROPAR, 2006, p.30).

Figura 11 Mapa Geomorfológico dos municípios da porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas - PR

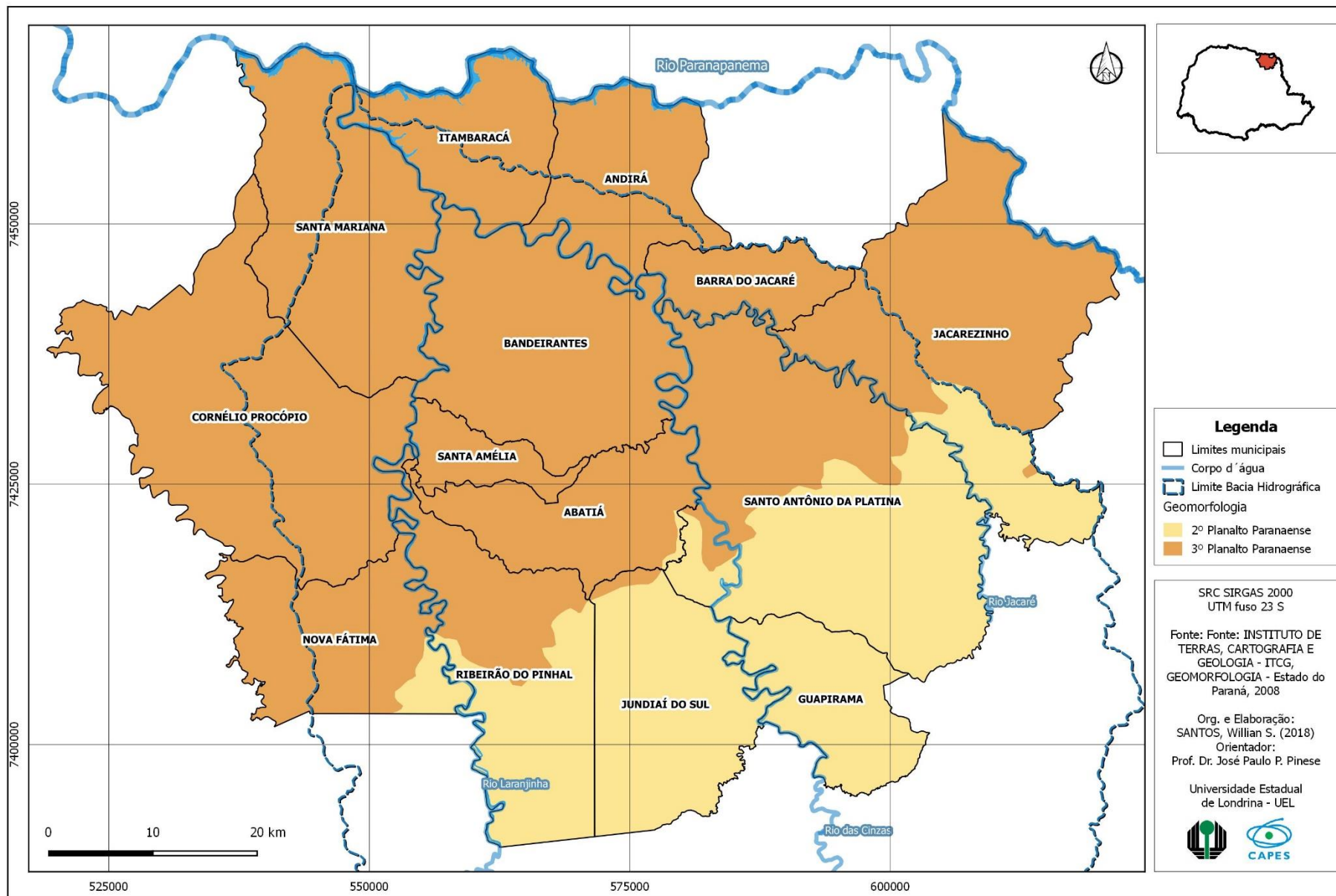
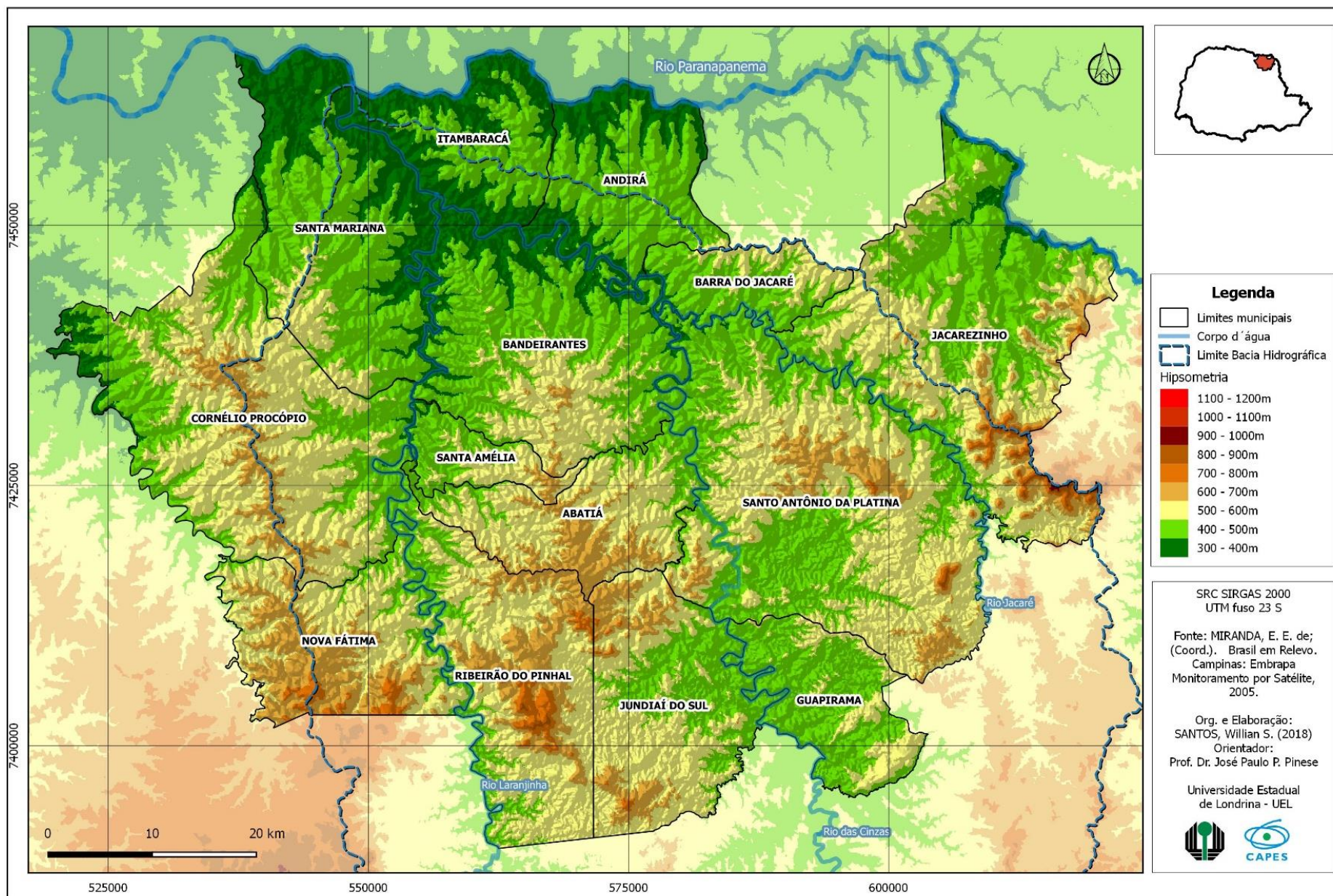


Figura 12 Mapa Altimétrico dos municípios da porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas - PR



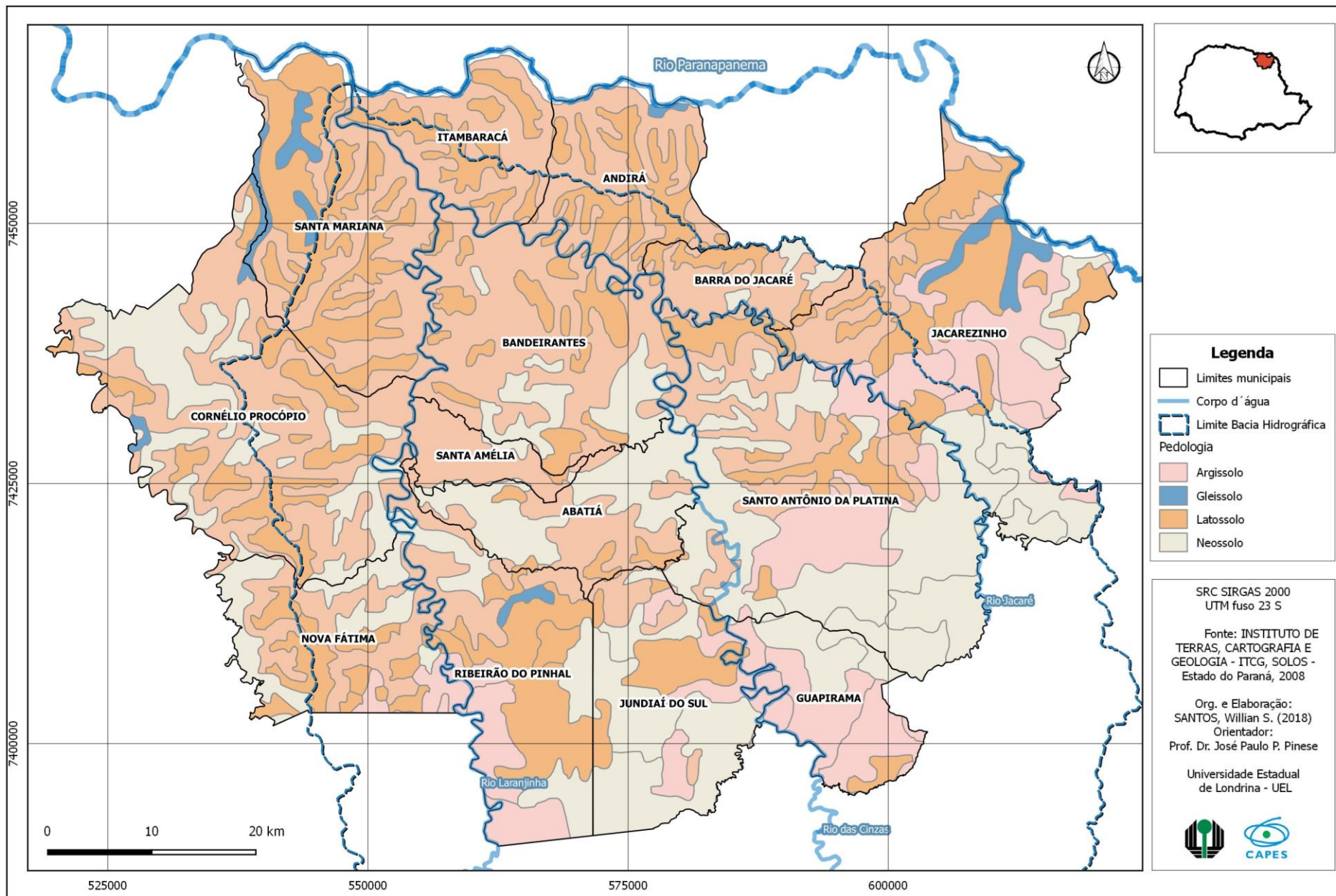
### 5.3 Pedologia

Para parâmetros hidrogeoquímicos, é importante compreender a dinâmica pedológica da área estudada. O solo é o produto particular da dinâmica intempérica com as características únicas de cada rocha. Os fatores de formação do solo, foram afirmadas por Dokuchaev em 1898, sendo esses elementos o material de origem (rocha), o clima, os organismos, o relevo e o tempo. (MUGGLER et al., 2005). Nos municípios analisados do terceiro planalto paranaense há o predomínio de Latossolos e Nitossolos, ou também conhecidos popularmente como terra roxa. Assinalam-se também Neossolos, Argissolos e Gleissolos (figura 13). Segundo o IPARDES (2006), no Segundo Planalto constam os solos de fertilidade baixa, por variados tipos, característicos dos relevos mais acidentados, e vulneráveis à degradação por processos erosivos.

O **Latossolo** se apresenta como um solo muito profundo, bem desenvolvido e com boa drenagem, potencialmente apto para plantio e usos agropastoris, é comum em área de derrames basálticos, sendo esse seu material de origem (SANTOS et al, 2018). Nessa porção do Estado, há o predomínio do Latossolo vermelho eutroférico, que habitualmente possui baixa a média capacidade de troca catiônica, textura argilosa. Horizonte Bw (latossólico) imediatamente abaixo do horizonte A. Quimicamente são constituídos de óxidos de ferro e de alumínio e minerais argilosos do grupo da caulinita (1:1). Tem alta competência para recarga de aquíferos pela sua boa permeabilidade, alta porosidade e resistência à erosão (EMBRAPA, 2012).

Com algumas características semelhantes ao Latossolo, o **Nitossolo** também é oriundo geralmente de rochas basálticas, são considerados profundos e apto para usos agrícolas pela sua alta fertilidade natural. Possuem argila de baixa atividade, presença de horizonte B nítrico, logo, cerosidade com pequeno gradiente textural apresentando a sequência de horizontes A, Bt, C e textura argilosa (EMBRAPA, 2012). Na região, há o predomínio do Nitossolo vermelho eutroférico, associados a relevos planos ou suavemente ondulados em muitos municípios.

Figura 13 Mapa Pedológico dos municípios da porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas - PR



Acompanhando os terrenos declivosos da área, o **Neossolo** possui como principal característica sua baixa espessura devido à sua pouca evolução pedogenética, tendo seu horizonte A imediatamente sob a rocha de origem ou uma camada C pouco espessa, logo predominam as características herdadas do material de origem (TOLEDO et al, 2008). Se desenvolvem tanto em relevo suave ondulado e íngreme, como em relevo fortemente ondulado e montanhoso. Podem ser gerados de materiais de origem diferentes, sendo que no Paraná são formados sobretudo por rochas eruptivas básicas e intermediárias, rochas ígneas ácidas, folhelhos, filitos e arenitos. Costuma-se ser bem drenado e frágil ambientalmente pela sua alta erodibilidade (STIPP, 2002). Domina-se na área de estudo a variedade do Neossolo litólico eutrófico.

Outra classe presente neste contexto é o **Argissolo**. Dotados de grande profundidade e alta permeabilidade, está fortemente sujeito à erosão devido ao concentrado de areias nos horizontes superficiais (EMBRAPA, 2012). Segundo Stipp (2002), sua ocorrência pode se dar em baixa altitudes, acompanhando os cursos hídricos como também em partes elevadas. Na região estudada predominam os Argissolos vermelhos eutróficos nas duas feições de relevo e concentram-se na porção SE.

Com menor expressividade, o **Gleissolo** de variedade háplico representam solos hidromórficos, ou seja, trabalhados pela ação direta da água em grande parte do tempo, composto por material mineral e textura argilosa. Rico em matéria orgânica, apresentam intensa redução dos compostos do ferro (TOLEDO et al; 2008). Possuem espessura geralmente profunda, horizonte glei entre os primeiros 150cm, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico (JACOMINE, 2008-2009). Encontram-se em relevos planos e ambientes baixos de constantes inundações, áreas de vegetação de várzea e em campos de várzea (STIPP, 2002).

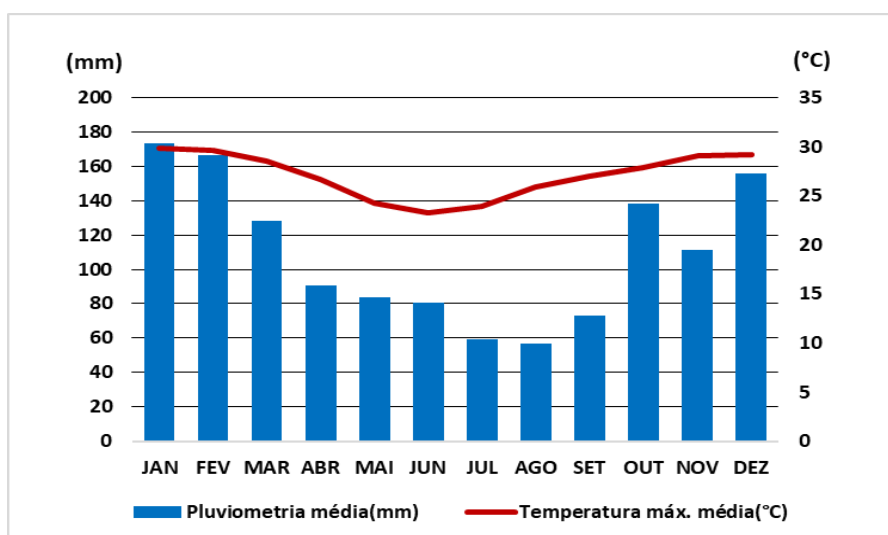
#### 5.4 Clima

A climatologia da região de estudo é composta de vários padrões baseados na precipitação, na temperatura e na altitude do terreno. A classificação climática de Köppen, amplamente utilizada para descrever esses diferentes comportamentos possibilita associar e compreender tipos distintos de climas existentes. Essa

variedade climática é representada pelo grupo de letras A, B, C, D e E, nas quais se caracterizam feições mais gerais, somado ao subgrupo f, b, a e outras, definindo o tipo climático e a temperatura média do ar.

Segundo essa classificação, na área de estudo prevalece a tipologia climática **Cfa** - Clima subtropical, temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C (mesotérmico), com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Dados pluviométricos anuais apresentam um regime de 1300 mm (quadro 2), seguido da **Cfb** - Clima temperado, com verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22°C e precipitação de 1.100 a 2.000 mm. (MENDONÇA, 2000). A distribuição de chuva ocorre durante todo o ano com uma baixa nos meses referentes ao inverno, a concentração de maior volume se dá nos meses do verão, período no qual também se concentram as temperaturas mais altas. Segundo os dados coletados a precipitação acumulada do recorte estudado varia entre 1200 a 1400 mm. Uma síntese do clima da área de estudo pode ser observada no climograma a seguir (figura 14).

Figura 14 Climograma da área de estudo



FONTE: INMET e IAPAR. Org. SANTOS, W. S. (2018)

Segundo Rosa Filho et al. (2011, p.99) “a principal fonte de recarga dos aquíferos paranaenses é a precipitação sob a forma de chuvas”. Após sua infiltração no solo, adentram a zona saturada e percolam através dos reservatórios subterrâneos. Pensar o clima inserido no contexto hidrogeoquímico se mostra essencial, visto que a relação entre a fluoretação, o consumo de água e características climáticas de cada local estão intimamente associadas.

Conforme anteriormente citado, a portaria nº 635 do Ministério da Saúde (1975), em conjunto com a Organização Mundial de Saúde, delimitam-se os limites de concentração de flúor em função da média das temperaturas máximas diárias, parâmetros esses que norteiam a dosagem da fluoretação nas águas de abastecimento (veja tabela 3 e 4).

**Tabela 3 Precipitação anual acumulada (mm)**

Município	Média da pluviometria mensal (mm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Abatiá	168	169	128	95	90	80	66	59	76	140	111	147
Andirá	186	156	131	78	70	78	50	50	63	132	107	162
Bandeirantes	175	158	123	88	69	75	50	50	63	128	100	155
Barra do Jacaré	190	163	138	78	75	82	52	55	66	138	112	168
Cornélio Procópio	179	172	121	95	85	72	60	49	76	136	115	146
Guapirama	159	165	141	105	102	100	66	73	83	151	118	166
Itambaracá	182	157	122	82	67	75	48	47	62	127	101	161
Jacarezinho	187	178	144	74	81	78	50	53	71	142	131	187
Jundiá do Sul	165	164	128	99	93	89	67	65	80	145	113	152
Nova Fátima	166	178	116	93	102	79	80	61	88	146	114	134
Ribeirão do Pinhal	165	168	123	98	94	83	71	62	81	143	111	143
Santa Amélia	167	165	120	96	80	76	59	55	70	134	103	145
Santa Mariana	171	164	117	96	69	70	51	48	65	127	99	147
Santo Antônio da Platina	171	170	143	90	92	88	60	64	75	144	120	172
<b>Média mensal da área</b>	<b>174</b>	<b>166</b>	<b>128</b>	<b>91</b>	<b>84</b>	<b>80</b>	<b>59</b>	<b>57</b>	<b>73</b>	<b>138</b>	<b>111</b>	<b>156</b>

**Tabela 4 Médias anuais de temperatura máxima (°C)**

Município	Média da temperatura máxima (°C)												Média anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Abatiá	29,2	28,9	27,9	26,2	23,7	22,7	23,4	25,3	26,3	27,2	28,5	28,7	26,5
Andirá	30,1	29,9	29	27,4	24,8	23,6	24,3	26,3	27,4	28,3	29,6	29,7	27,5
Bandeirantes	30,3	30,2	29,3	27,5	24,9	23,8	24,4	26,6	27,5	28,6	29,9	30	27,8
Barra do Jacaré	30,5	30,1	29	27,1	24,6	23,8	24,6	26,5	27,6	28,6	29,6	29,6	27,6
Cornélio Procópio	28,9	28,8	28	26,3	23,7	22,5	23,2	25,2	26,2	27	28,4	28,6	26,4
Guapirama	29,6	29,2	28,1	26,4	23,8	22,8	23,4	25,5	26,5	27,3	28,6	28,9	26,7
Itambaracá	30,6	30,5	29,7	27,9	25,2	24,1	24,8	26,9	27,9	28,8	30,2	30,5	28,1
Jacarezinho	31	30,1	28,1	25,9	23,9	23,8	24,9	26,3	27,9	28,9	28,8	28,4	27,3
Jundiá do Sul	29,8	29,5	28,3	26,5	23,9	23	23,7	25,7	26,7	27,6	29	29,1	26,9
Nova Fátima	28,7	28,6	27,7	26	23,5	22,3	23	25,1	25,9	26,6	28,2	28,4	26,2
Ribeirão do Pinhal	29,3	29,1	28,1	26,3	23,7	22,7	23,3	25,4	26,4	27,3	28,6	28,7	26,6
Santa Amélia	29,8	29,7	28,7	27	24,4	23,4	24	26	27	27,9	29,4	29,5	27,2
Santa Mariana	30	29,9	29,1	27,3	24,7	23,6	24,1	26,2	27,2	28,1	29,6	29,8	27,5
Santo Antônio da Platina	30,1	29,6	28,1	26,2	23,9	23,3	24,2	25,9	27,2	28,1	28,8	28,7	27,0
												<b>Média</b>	<b>27,1</b>

**FONTE: INMET e IAPAR. Org. SANTOS, W. S. (2018)**

## **5.5 Hidrografia**

O contexto hidrográfico superficial da área estudada localiza grande parte dos municípios na bacia hidrográfica do Cinzas, situada no Nordeste paranaense.

A bacia hidrográfica é uma feição geográfica delimitada por terrenos elevados, também conhecidos como divisores de águas, que orientam o fluxo dos rios e afluentes às porções mais baixas do terreno. Todas as atividades humanas de uma bacia hidrográfica refletem na qualidade de suas águas, como o desmatamento, as intervenções no solo, resíduos industriais ou os impactos de uma área urbanizada, numa relação de causa e efeito. Logo, esse recorte é utilizado como uma unidade de gestão territorial para que gestores públicos e sociedade possam se planejar no manejo e conservação dos recursos hídricos.

A bacia do Rio das Cinzas possui uma área aproximada de 9.612,8 Km<sup>2</sup>, equivalente a 5% do Estado e comporta dois rios de grande porte – Cinzas e Laranjinha. Segundo Maack (2002) o Cinzas, com 240km de extensão, tem origem na Serra das Furnas e recebe como tributário o rio Laranjinhas, que por fim desaguam no rio Paranapanema.

Do volume disponibilizado, o abastecimento público consome 29%, 23% são destinados ao uso industrial, 25% para a agricultura, 23% ao setor pecuário e 1% destinado à mineração (SEMA, 2010).

### **5.5.1 Águas subterrâneas**

As águas subterrâneas utilizadas estão associadas àquelas alojadas em formações litológicas favoráveis à saturação. A água que não compõe o movimento superficial infiltra, guiada pela força gravitacional e destina-se a preencher os poros do subsolo, que abastece o corpo d'água subterrânea e passa a ser controlada, armazenada e movimentada pelas características dos materiais presentes (KARMANN, 2008).

Diferentes tipos de rocha (ígneas, sedimentares e metamórficas) possuem particularidades que correspondem à porosidade e a permeabilidade. Rochas capazes de conter e permitir a circulação de águas em seu meio possuem condições de serem classificadas como aquíferos. O aproveitamento economicamente viável para atender o consumo de uma população, processos de irrigação e usos

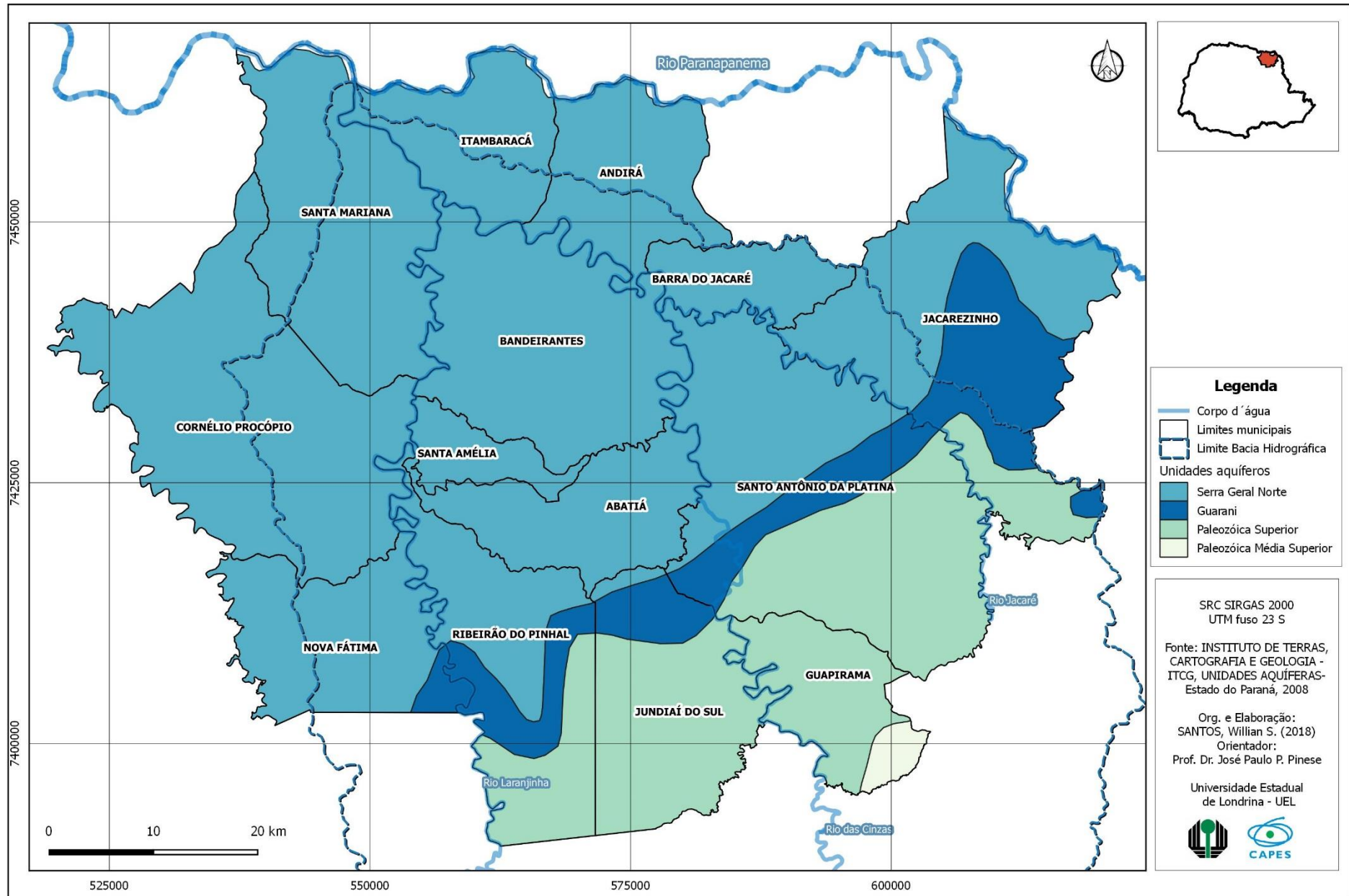
industriais em geral depende unicamente desta configuração hidrogeológica (ROSA FILHO, 2011; FREEZE, A. R.; CHERRY, J.A., 1994).

Conserva-se armazenada e lentamente deslocada por espaços vazios existentes entre os grãos que estruturam as rochas sedimentares, como por exemplo, os arenitos que comportam o Sistema Aquífero Guarani e Caiuá, como também nas fendas de falhas/fraturas geológicas presentes em rochas ígneas e metamorfizadas, a exemplo o Sistema Aquífero Serra Geral - SASG em rochas basálticas.

As águas subterrâneas participam do ciclo hidrológico e se originam na superfície pela precipitação, através das forças gravitacionais alcançam a denominada zona de saturação ocorrendo por fim seu armazenamento. Fatores climáticos (regime pluvial) e pedológicos (porosidade e permeabilidade) e técnicas de irrigação podem ocasionar cenários de acúmulo de sais no perfil de solo ou dissolvidos e transportados às águas subterrâneas. Pesticidas, agrotóxicos e outros insumos também participam de uma agregação química de destino subterrâneo (ANDRADE et al, 2009). A compreensão das particularidades e dos impactos da atividade humana nas águas subterrâneas fomentam caracterizações entre o ambiente e o bem-estar e saúde humana.

A área estudada possui potencialidades aquíferas do Sistema Aquífero Serra Geral – SASG, Sistema Aquífero Guarani – SAG, Unidade Aquífera Paleozóica Média Superior - UAPMS e Unidade Aquífera Paleozóica Superior -UAPS (figura 15) sendo utilizados por todos os municípios através de poços tubulares.

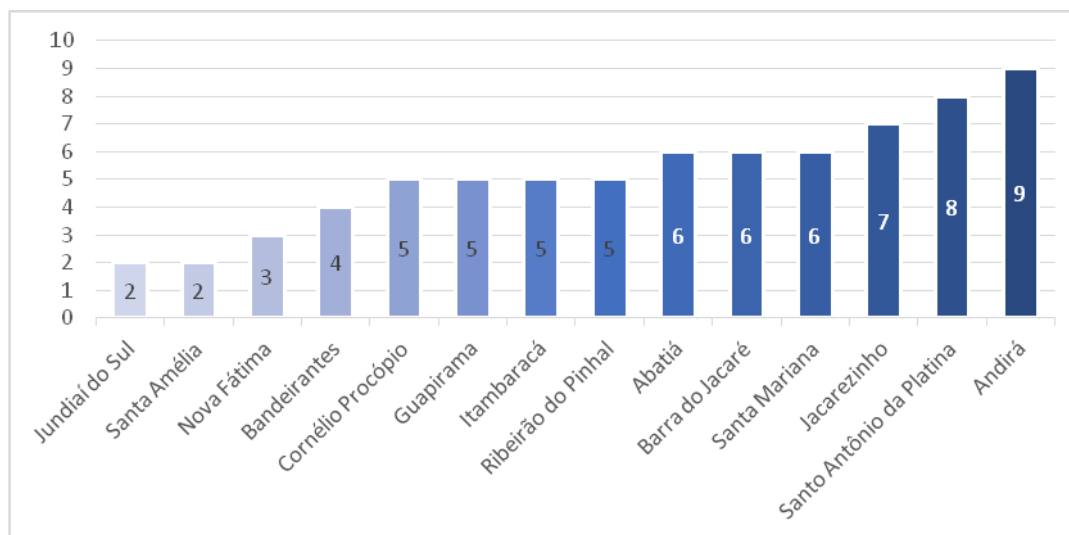
Figura 15 Mapa das Unidades Aquíferas dos municípios da porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas - PR



Os poços tubulares (ou popularmente dito artesianos) são obras de engenharia que visam a captação de águas subterrâneas por máquinas perfuratrizes rotativas, rotopneumáticas ou à percussão (CPRM, 1998) em diferentes aquíferos. No Estado do Paraná, a perfuração de um poço requer registro<sup>11</sup> na Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento - SUDERHSA (Atual ÁguasParaná) para aquisição da licença e enfim a outorga de direito para uso da água. A empresa contratada para a perfuração deve emitir por meio de relatórios com dados e informações sobre condições de exploração, análise bacteriológica e físico-química, propriedades hidráulicas e construtivas, localização e perfil de sondagem.

Segundo a SUDERHSA (Atual ÁguasParaná), a relação de poços utilizados pelos municípios estudados apresenta 282 unidades distribuídos praticamente na proporção da população. Nesta pesquisa foram amostrados 73 poços distribuídos entres os 14 municípios da área de estudo (figura 16).

**Figura 16 Quantidade de poços amostrados em cada um dos municípios visitados**



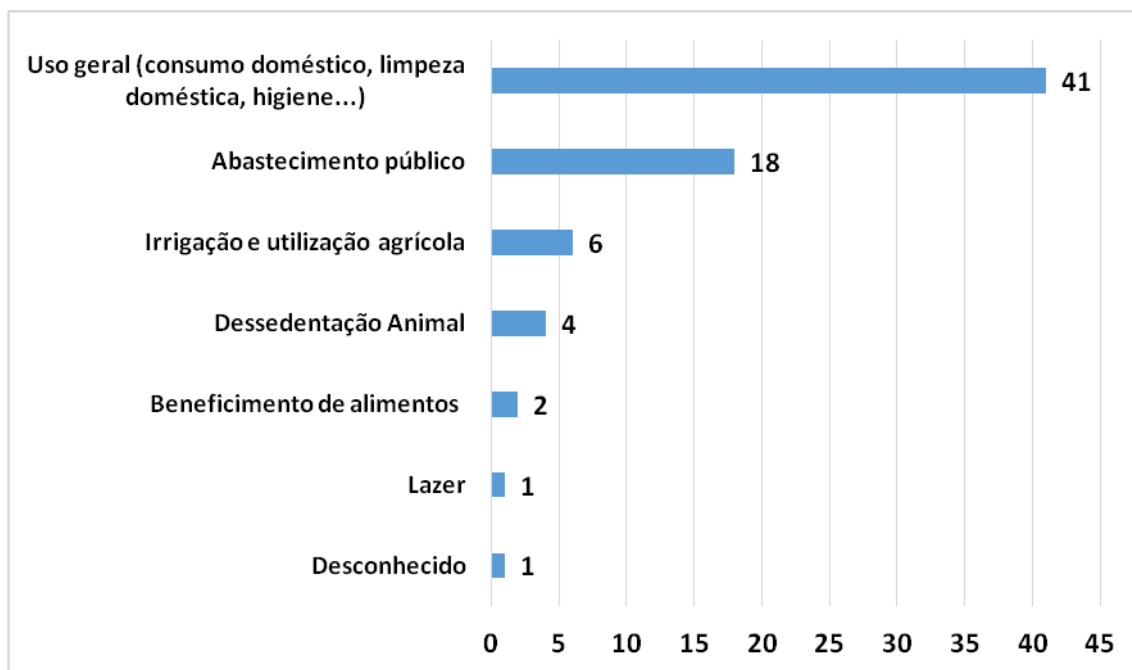
Fonte: Org. SANTOS, W. S. (2018)

Desses poços, as distintas finalidades de uso podem ser resumidas em lavagem de veículos, pulverização agrícola, abastecimento doméstico, limpeza, aquicultura, dessedentação de animais, irrigação, processo industrial, consumo

<sup>11</sup> "Outorga de Uso Recursos Hídricos - Novas orientações, normas e formulários". Disponível em: <https://goo.gl/n3zerF>. Acesso em 20 jul. 2018.

humano e abastecimento público. Quando agrupadas por semelhança resumem-se na representação da figura 17.

**Figura 17 Finalidades de uso dos poços amostrados**



Fonte: Org. SANTOS, W. S. (2018)

Nota-se que as categorias uso geral e abastecimento público destacam-se em quantidade em relação aos outros fins.

### 5.5.2 Sistema Aquífero Serra Geral – SASG

Armazenado na litologia da Formação Serra Geral o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), alcançando uma área aproximada de 110.000km<sup>2</sup>, sobreposto ao Sistema Aquífero Guarani (SAG). Localiza-se nos Estados do Mato Grosso, São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e também na Argentina, Uruguai e Paraguai (MARCELLIN; FERREIRA, 2009).

As precipitações na região variam de 1.200 a 1400 mm anuais, sendo essas a principal fonte de recarga, sobretudo pela infiltração guiada pela geomorfologia e pela presença de cobertura vegetação ancestral, além das discontinuidades físicas das rochas que favorecem a percolação e instalação da água e, enfim, a manutenção das recargas (BITTENCOURT et al., 2003; CELLIGOI, 1993). Nota-se

que o armazenamento da água se dá não por uma porosidade e permeabilidade primária, mas aos fatores estruturais desta litologia basáltica manifestada na densidade de fraturas e descontinuidades que favorecem o fluxo, o acúmulo e a comunicabilidade com outros aquíferos (CETESB, 2009).

A composição geológica do SASG apresenta rochas basálticas e basalto-andesíticas com filiação toleítica e predominantes fraturas, essas que resultam da movimentação das rochas vulcânicas nos sucessivos derrames e resfriamentos (NANNI, 2008; VIANA; CELLIGOI, 2002) em análise detalhada por Rosa Filho:

[...] as principais estruturas dos derrames são: contatos interderrames (fendas de grande extensão lateral); zonas de basalto vesicular e amigdaloidal, características de topo de derrame, preenchidas principalmente por calcita, quartzo e zeólitas; zonas de disjunção horizontal e vertical originadas pela contração em função do resfriamento de lava em área de basalto compacto, geralmente diaclasado, característica de zona de exclusão, e tratos de base de derrame; e zonas vítrea, inferior, caracterizada por resfriamento rápido de lava (ROSA FILHO et al., 2011, p.103).

Para necessidades de consumo dessa água utilizam-se poços que atingem entre 80 e 250m de profundidade, obtendo vazões de aproximadamente 30 - 120m<sup>3</sup>/h (PINESE et al., 2000; ROSA FILHO et al., 2011). Segundo dados fornecidos pela ÁguasParaná (2018), o SASG supre o abastecimento de 12 dos 14 municípios analisados, localizados total ou parcialmente sobre a Formação Serra Geral.

Todavia, numa pesquisa desenvolvida por Rosa Filho et al. (2011) com 150 amostras, analisou-se a composição físico-química das águas do SASG apresentando teores de nitrato, ferro e flúor acima dos valores máximos permitidos pelo Ministério da Saúde, são classificadas como bicarbonatadas cálcicas. Os valores de flúor ocorreram no município de Itambaracá, no extremo Norte do Estado, e posteriormente confirmado por Pires, (2008).

A correlação entre os índices elevados de flúor pode ser resultado do intemperismo das rochas ígneas, pelas ocorrência de gases vulcânicos, fumarolas e minerais que realocam os íons hidroxilas (OH)- no processo de cristalização mineral, como anfíbolitos, apatita, micas e outros minerais pegmatíticos (turmalina, fluorita e topázio) (ANDREAZZINI et al.,2006 MARIMON, 2006, Licht et al 2015). Cabe a ressalva de que a conectividade dos basaltos do SASG aos sedimentos de litologias

subjacentes justifica a influência sofrida por outros aquíferos, resultando na mistura regida pela diferença de pressão (ROSA FILHO, 2011).

Inseridos neste contexto, fontes externas podem também contribuir para um desequilíbrio químico nas águas subterrâneas e, por consequência, problemas de saúde pública, como afirma Günther (1999), sobretudo em atividades industriais acidentais ou não como infiltração de resíduos, esgoto sem tratamento, reservatórios e tanques de efluente mal construídos e posteriormente por extravasamento. Quando poluído, a recuperação do aquífero torna-se praticamente inviável, gerando consequências graves ao meio ambiente.

### **5.5.3 Sistema Aquífero Guarani – SAG**

O confinamento do SAG ocorre devido a deposição dos derrames basálticos sobrepostos, situando-se abaixo do SASG, tendo suas águas no sistema de poros dos arenitos das formações Botucatu, Piramboia e do grupo Rosário do Sul. Sua extensão alcança o Mato Grosso, Sul, Sudeste do Brasil e países limítrofes como Uruguai e Paraguai, numa área aproximada de 1.194.000 km<sup>2</sup> (CAMPOS, 1999).

A formação geológica é composta de arenitos quartzosos de coloração vermelha, resultantes de dunas num clima semiárido transportadas por ação eólica. Confinado pelos basaltos, guardam em saturação as águas que compõem o aquífero.

É classificado como tipo poroso, constituído de uma série de reservatórios de arenitos que podem estar em contato com a Formação Serra Geral ou pela Formação Rio do Rastro. Sua recarga ocorre pela precipitação direta nas áreas de afloramento do arenito, variando entre 1300 a 1800 mm anuais. As datações das águas variam em relação a borda e centro da bacia, porém podem atingir idades entre 500 a 38.000 anos respectivamente (ROSA FILHO, 2011). O autor também afirma que anomalias de flúor correspondem às idades mais elevadas destas águas. A associação com o basalto, exposta por Kimmelman et al. (1989) deriva do processo de percolação da água primariamente no contato com esta formação, justificando esta concentração.

A captação de água deste aquífero tem sido registrada em municípios da região Sul e do Estado de São Paulo (MARIMON, 2006), possuindo uma vazão média de 61,4 m<sup>3</sup>/hora na região da bacia estudada (ROSAFILHO, 2011).

Quanto a sua classificação química:

Nas áreas de baixo confinamento, as águas são bicarbonatadas com predominância de cálcio e magnésio (são águas doces), nas de médio confinamento as águas adquirem uma variação de bicarbonatadas para sulfatadas com predominância de sódio e potássio [...] e nas áreas de alto confinamento, as águas são sulfatadas cloretadas, com sódio e potássio, [...] nesses casos, as águas são salobras e não são adequadas ao consumo humano na sua condição de água bruta (ÁGUASPARANÁ, 2010, p. 66).

#### **5.5.4 Unidade Aquífera Paleozóica Média Superior – UAPMS**

Esta unidade aquífera compõe o trio dos Aquíferos Paleozoicos, sendo estes Superior, Médio e Inferior. O Médio Superior localiza-se inserido no Segundo Planalto Paranaense, tipo fraturado/poroso, possui litologia formada por camadas sedimentares de 800m de espessura, sendo estes folhelhos várvidos, argilitos e diamictitos intercaladas com arenitos. A variação lateral dos arenitos e dos sedimentos pelíticos é uma das principais características deste aquífero (ÁGUASPARANÁ, 2010).

Camadas que variam entre 5 a 20m comportam os aquíferos Itararé, composto por arenitos de granulação média a fina, intervalados com siltitos, leitos de carvão e argilitos, e vazão aproximada de 1 a 6 m<sup>3</sup>/h/poço e pelo Aquífero Rio Bonito, com 14m<sup>3</sup>/h/poço.

No tocante à qualidade das águas para o consumo, a UAPMS apresenta teores fora dos padrões de potabilidade para abastecimento público.

Apresentam teores de até 2 mg/L de flúor, com cloretos e sulfatos predominando sobre os bicarbonatos; os teores de sólidos totais dissolvidos são da ordem de 800 mg/L. Essas águas não são adequadas ao consumo humano na sua condição de água bruta. Quimicamente essas águas são semelhantes às águas do Guarani, quando este se encontra em condições de médio e alto confinamento; é possível inclusive admitir a existência de conectividades hidráulicas entre o Guarani e o Rio Bonito (ÁGUASPARANÁ, 2010, p. 62).

Sua área ocupa 19.533 km<sup>2</sup> com valores pluviométricos que variam entre 1.300 a 1.400 mm/ano, atendendo parcialmente 4 dos 14 municípios analisados, esses Ribeirão do Pinhal, Guapirama, Santo Antônio da Platina e Jacarezinho.

Somente as águas do Aquífero Itararé são de ótima qualidade para o consumo humano, são classificadas quimicamente como bicarbonatadas cálcicas.

### **5.5.5 Unidade Aquífera Paleozóica Superior - UAPS**

As características gerais do UAPS correspondem a geologia estruturada pelas formações do Grupo Passa Dois: Rio do Rastro, Teresina, Palermo, Serra Alta e Irati, em linhas gerais, pacotes sedimentares de argilitos e siltitos situadas no Segundo Planalto do Paraná.

Configura-se como tipo fraturado/poroso, ocupando uma área de aproximadamente 17.117 km<sup>2</sup>. As vazões médias de cada formação correspondem a formação Rio do Rasto 6,4 m<sup>3</sup>/h, Palermo 4,1 m<sup>3</sup>/h, Teresina 6,8 m<sup>3</sup>/h, Serra Alta 5,4 m<sup>3</sup>/h e Irati 4,6 m<sup>3</sup>/h.

Algumas amostras apresentaram valores altos para os parâmetros alcalinidade total, dureza total, bicarbonatos e carbonatos. Esses parâmetros embora não sejam prejudiciais à saúde, interferem na utilização dessas águas para outros fins. Os parâmetros que afetam negativamente a qualidade da água nesta unidade aquífera foram: o íon fluoreto, sódio e ferro total (ÁGUASPARANÁ, 2010, p. 79).

Segundo a distribuição iônica média, classifica-se as águas subterrâneas da UAPS como Bicarbonatadas Sódicas. Na área de estudo, atende a porção Sudeste do município de Guapirama.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, como anteriormente citado, a pesquisa parte de dados obtidos em águas superficiais na mesma área de estudo, sugerindo hipóteses para parâmetros anômalos de flúor, havendo, portanto, uma necessidade investigativa sobre este cenário em águas subterrâneas. A região do Nordeste paranaense apresentou focos em águas superficiais com dosagens acima dos valores máximos recomendados, especialmente nos municípios de Jundiá do Sul, Jacarezinho e Santo Antônio da Platina. Esses prévios resultados sugerem hipóteses sobre a existência de um cinturão anômalo próximo às formações geológicas Serra Geral e Botucatu (Pinese et al, 2017 b), essas primeiras, rochas vulcânicas associadas ao acúmulo e disponibilidade de flúor naturalmente, além de confinarem importantes mananciais de abastecimento público da área estudada.

O valor máximo recomendado para a região resulta em 0,8 mg/L, referente a temperatura máxima diária 27,1°C. Este valor balizou os teores de flúor, podendo posteriormente classificar as águas subterrâneas de abastecimento em satisfatória, insatisfatória e em estado de anomalia geoquímica. Por outro lado, o valor mínimo seria o de 0,6 mg/L conforme calculado e também relatado em Pinese et al (2017 e 2017 b)

### 6.1 Dados Secundários

Dados secundários sobre as possíveis morbidades causadas pela ingestão excessiva de flúor apresentaram a seguinte distribuição (figura 18). Nota-se que, ao considerar as morbidades tendo como causa ou contribuição significativa do elemento em demasia nas águas de abastecimento, a disponibilização localiza-se nas proximidades de Jacarezinho, Santa Mariana, Santa Amélia, Cornélio Procópio e Abatiá, que caracterizam nessa ordem a ocorrência do total de casos notificados nos dez anos analisados.

A neoplasia óssea, relacionada à cartilagem articular tem maior expressividade manifestada no município de Santa Amélia numa taxa de 1,84.

A infertilidade feminina, segundo os dados coletados, se destaca apenas no município de Itambaracá, tendo a prevalência de 0,15. Município esse que em

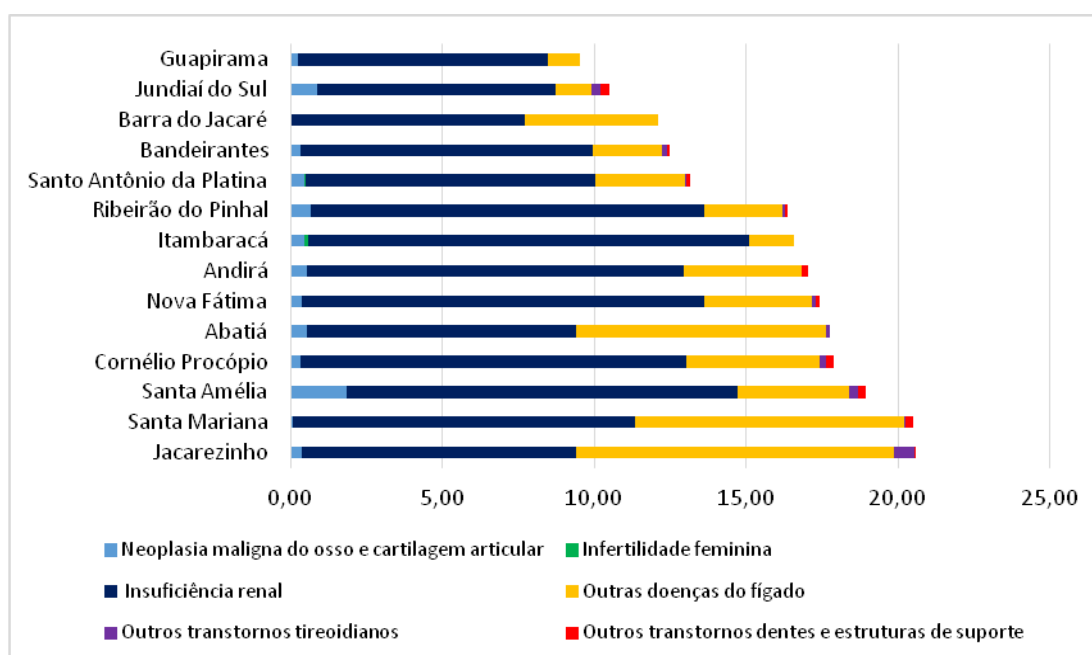
pesquisas anteriores foi configurado como um cenário natural de flúor em excesso. O mesmo município também é o que possui a maior taxa de insuficiência renal na região 14,50, seguido dos municípios de Nova Fátima 13,26 e Ribeirão do Pinhal 12,94.

Na categoria 'outras doenças do fígado' e 'outros transtornos tireoidianos' destaca-se o município de Jacarezinho 10,48 e 0,69 respectivamente.

Jundiá do Sul, Santa Amélia e Cornélio Procópio lideram a prevalência de casos de 'Outros transtornos dentes e estruturas de suporte', sendo no primeiro município a taxa de 0,29 (figura 18).

Apesar de taxas anormais das enfermidades citadas se localizarem em municípios específicos, como demonstrado anteriormente, via de regra, vale destacar que os mesmos se ajustam aproximadamente no cinturão de anomalias de flúor (veja depois na figura 33).

**Figura 18 Gráfico de prevalência em patologias apontadas como possíveis efeitos nocivos do flúor. Faixa etária acima de 20 anos por 1000 habitantes (Jan/2008-Jun/2018)**

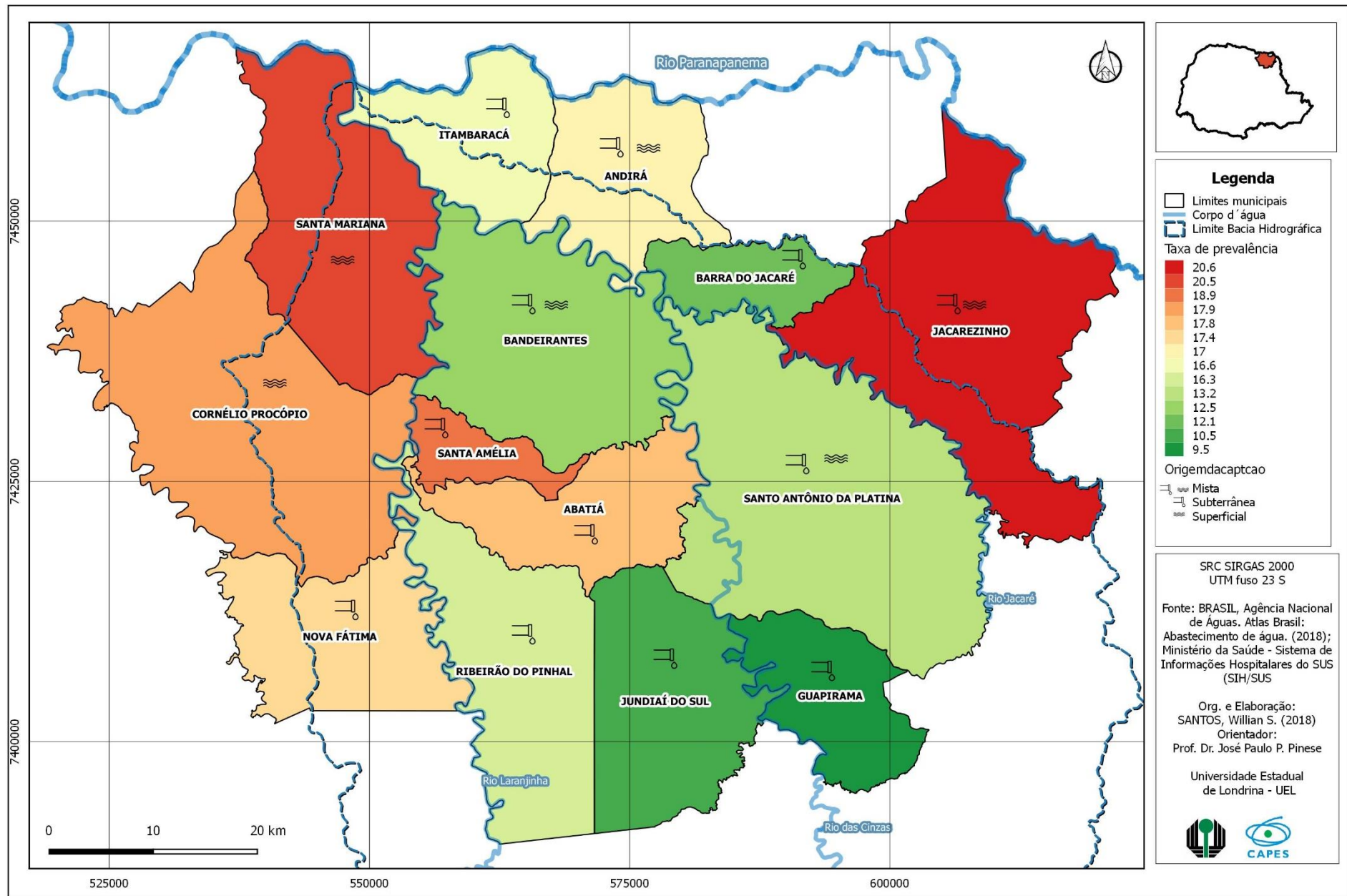


Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS). Org. SANTOS, W. S. (2018)

Para qualificar a compreensão espacial desses registros sobre a saúde, elaborou-se um mapa de distribuição desses resultados totalizados (figura 19).

Antecipadamente, pautando-se apenas nos dados quantitativos adquiridos e de que essas morbidades sejam ocasionadas pelo elemento, é notável que a configuração espacial dessas doenças além de não apresentarem um padrão, não coincide com as hipóteses prévias de que a linha de contato entre as formações do SASG e SAG fornecem flúor em valores anômalos (para águas superficiais) com destaque apenas para o município de Jacarezinho.

Figura 19 Mapa da Prevalência por patologias apontadas como possíveis efeitos nocivos do flúor - Faixa etária acima de 20 anos por 1000 habitantes (Jan/2008-Jun/2018) e origem do abastecimento público dos municípios da porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas - PR



Jacarezinho, Santa Amélia e Abatiá estão entre os cinco primeiros municípios da porção norte da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas que apresentam o maior montante de casos, sendo estes os que utilizam a água subterrânea como fonte de abastecimento. Os municípios de Cornélio Procópio e Santa Mariana têm como origem de captação as águas superficiais.

Após a coleta de campo e análise dos dados, tornou-se possível concluir o arranjo do elemento flúor nos sistemas aquíferos de abastecimento, sua relação com alguma(s) morbidade(s) associada(s) e as configurações geológicas da região.

## **6.2 Espacialidade dos multiparâmetros**

Utilizando o analisador de leitura direta de multiparâmetros Horiba-U52 no local de cada coleta, obteve-se *in situ* os parâmetros físico-químicos. Cabe a ressalva que essas análises não substituem um diagnóstico detalhado em laboratório para cada um desses, devido à possível imprecisão do equipamento portátil em campo, sendo apenas indicativo de controle da heterogeneidade local no tocante a fortes discrepâncias desses parâmetros. As medições realizadas foram: Temperatura, Condutividade elétrica, pH, Turbidez e Oxigênio dissolvido.

A princípio, as leituras retrataram um estado geral das águas subterrâneas entre os 73 pontos de coleta e com as variações elaborou-se as respectivas distribuições espaciais em mapas de interpolação (figuras 20 a 29) com uma breve análise sobre as manifestações na área de estudo. As diferenças no valor de temperatura foram de 20,6°C e 34,4°C; Condutividade elétrica entre 0,043 e 2,44 mS/cm; Potencial hidrogeniônico (pH) de 5,32 a 12,21; Turbidez entre 0,11 e 35,2 NTU e Oxigênio dissolvido entre 0,76 e 50 mg/L<sup>12</sup>.

### **6.2.1 Temperatura**

A média das temperaturas coletadas em campo estiveram em 25°C, sendo a mínima apresentada 20,6 °C no município de Santo Antônio da Platina e a máxima em 34,4°C nos poços de Andirá (figuras 20 e 21).

---

<sup>12</sup> A tabulação dos dados encontra-se no item APÊNDICE, ao final deste trabalho.

Segundo a ANA (2002), a água em profundidade recebe influência térmica do grau geotérmico (acréscimo em média de 1°C para cada 30m de profundidade), logo, a temperatura atmosférica, ou a temperatura do ambiente, só interfere nestes valores quando em aquíferos são de pouca profundidade.

Em Andirá, onde as 5 amostras representam as maiores temperaturas coletadas, a captação se dá pelo SAMAE diretamente do SAG, esse mais profundo e localizado sob o SASG, numa profundidade aproximada de 580 metros, sendo assim, diretamente influenciado pelo gradiente geotérmico. A maior temperatura no momento da coleta foi de 34,4°C. Os valores abaixo da média apresentaram padrões distributivos no eixo Sul da área estudada.

### **6.2.2 Potencial hidrogeniônico**

O potencial hidrogeniônico das águas ou de uma solução, também chamado de pH é definido pelas reações químicas entre os íons existentes (Santos, 1997). A alcalinidade e o gás carbônico são os principais fatores que definem o pH, sendo o valor 7 atribuído quando os íons H<sup>+</sup> encontram-se em equilíbrio em soluções quimicamente puras. Segundo ANA (2002), as águas subterrâneas apresentam em média valores entre 5,5 a 8,5.

Para Alievi (2012), em cultivos agrícolas, consumo humano e na piscicultura, é relevante conhecer a acidez e a alcalinidade, visto que valores baixos de pH podem tornar o solo improdutivo, necessitando técnicas corretivas.

A porção norte da bacia hidrográfica apresentou concentrações ácidas de pH (< 7) na porção Sudoeste com destaque ao município de Jundiá do Sul (5,32). Os valores mais alcalinos estiveram nos municípios de Andirá (11,92) e Barra do Jacaré (12,21) e superam os obtidos no SASG por Quaggio et al (2018) cujo máximo é de 10,5 (figuras 22 e 23). Tal distorção pode ter sido gerada na obtenção da coleta de campo, possivelmente por imperfeição de calibração do equipamento.

Os índices de pH nos pontos coletados não oferecem danos significativos à saúde humana, o destaque com o menor valor expressa-se no ponto P12, em Jundiá do Sul, com pH 5,32. Possivelmente, o contexto regional é responsável pela configuração do pH apresentada, sendo inconclusivo apenas a partir dessa análise identificar as causas destas composições.

Figura 20 Mapa dos valores de Temperatura (°C) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas – PR (2018) (IDW)

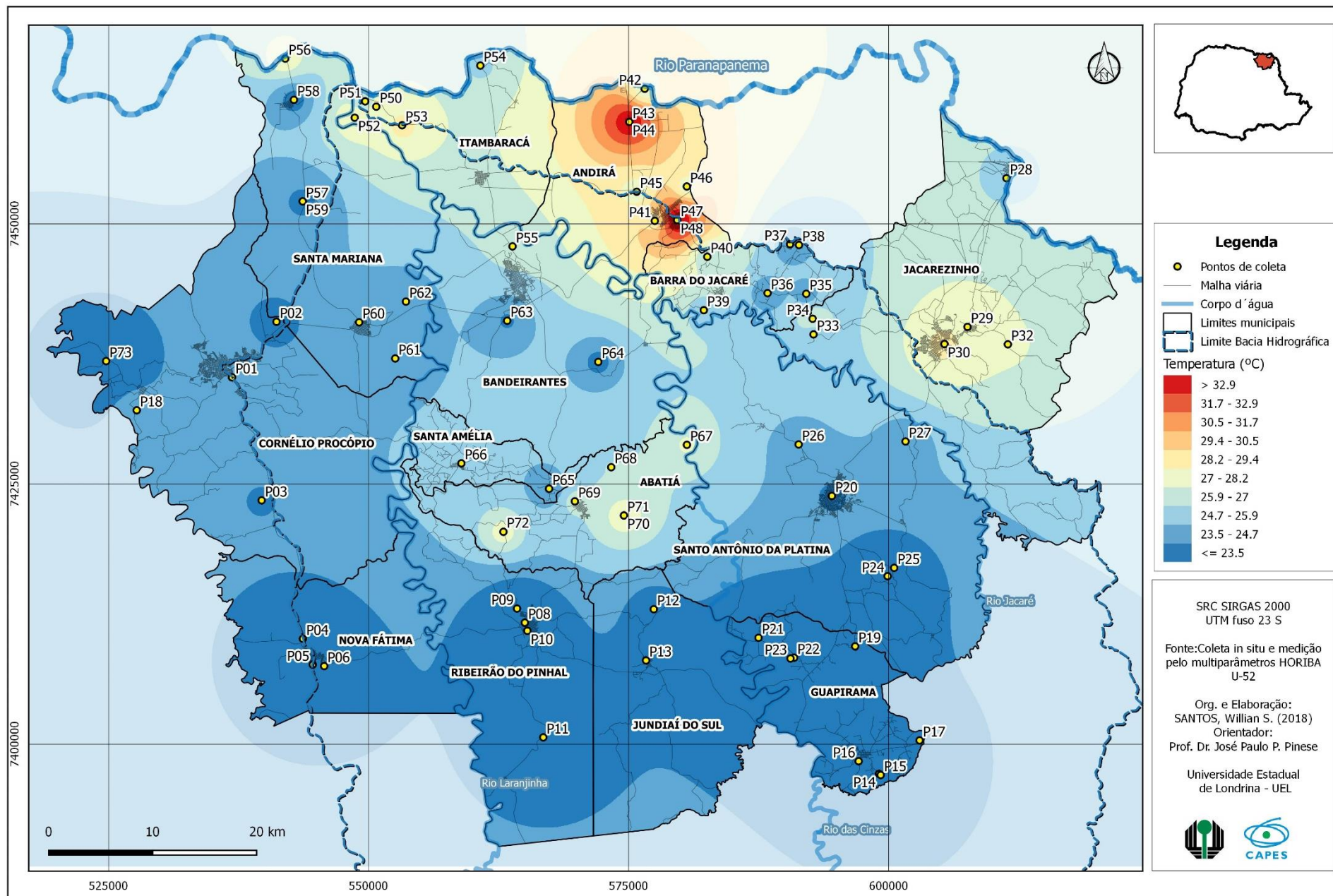


Figura 21 Mapa dos valores de Temperatura (°C) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas - PR (2018) (Círculos proporcionais)

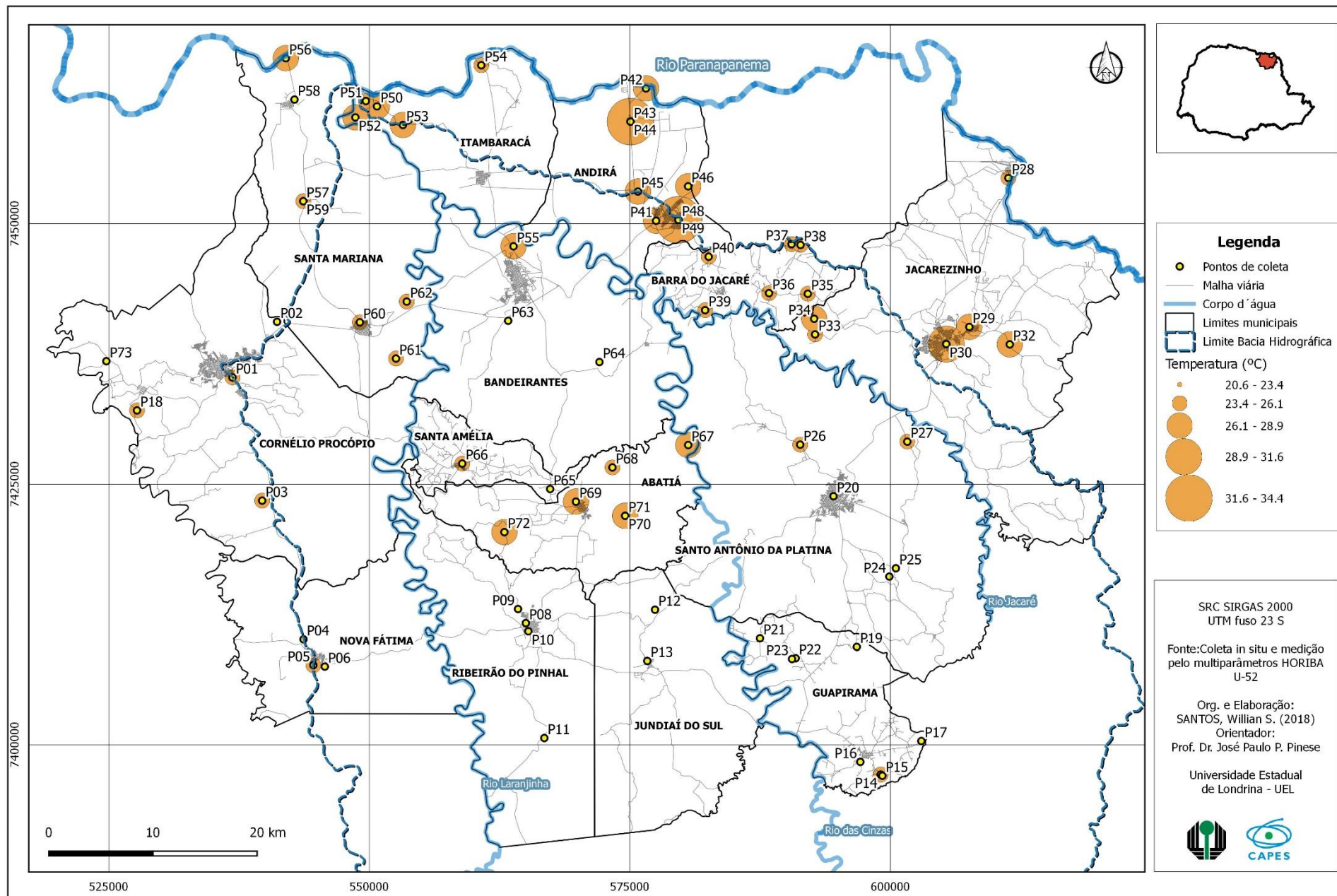


Figura 22 Mapa dos valores de Potencial Hidrogeniônico (pH) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas - PR (2018) (IDW)

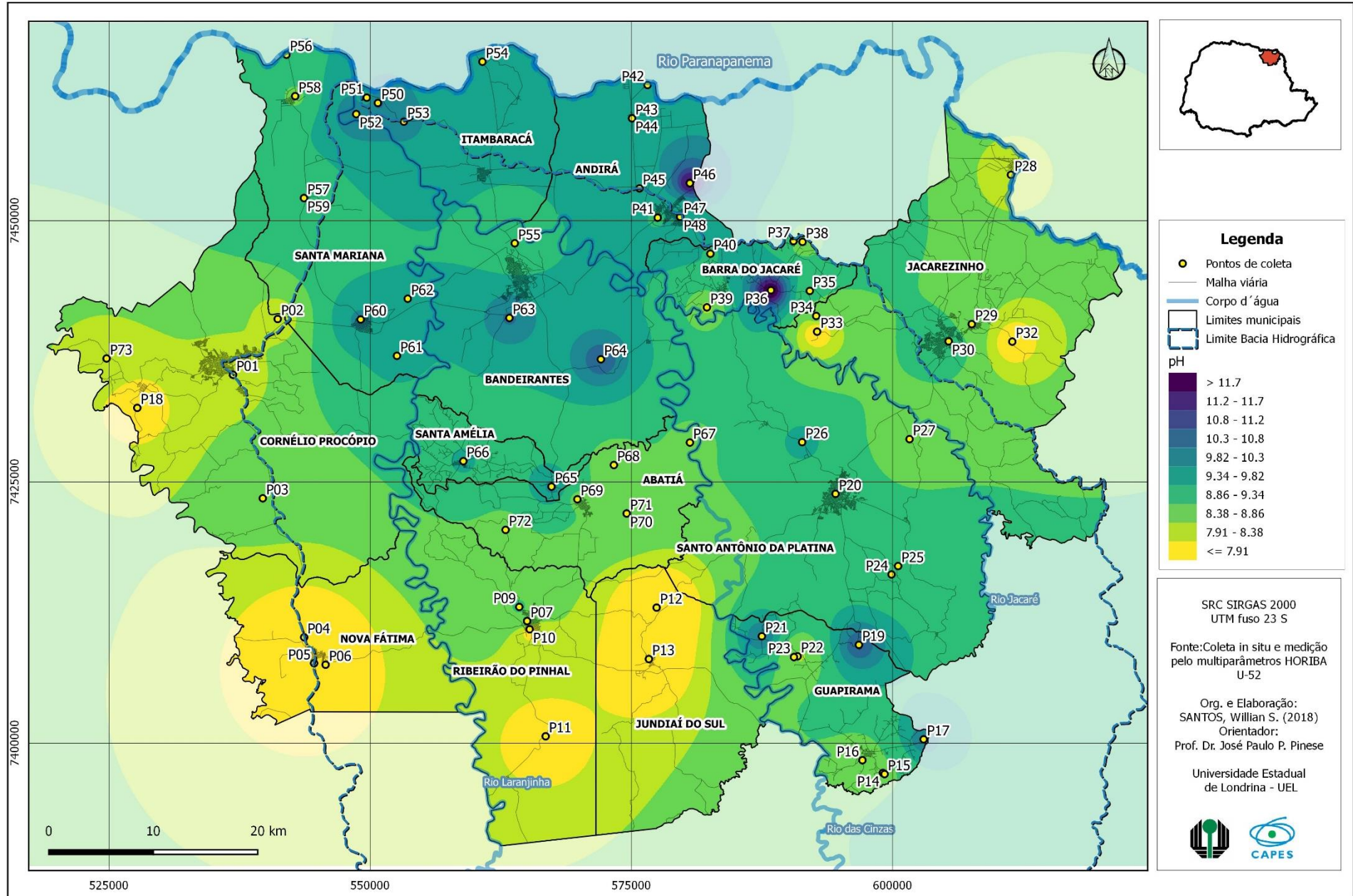
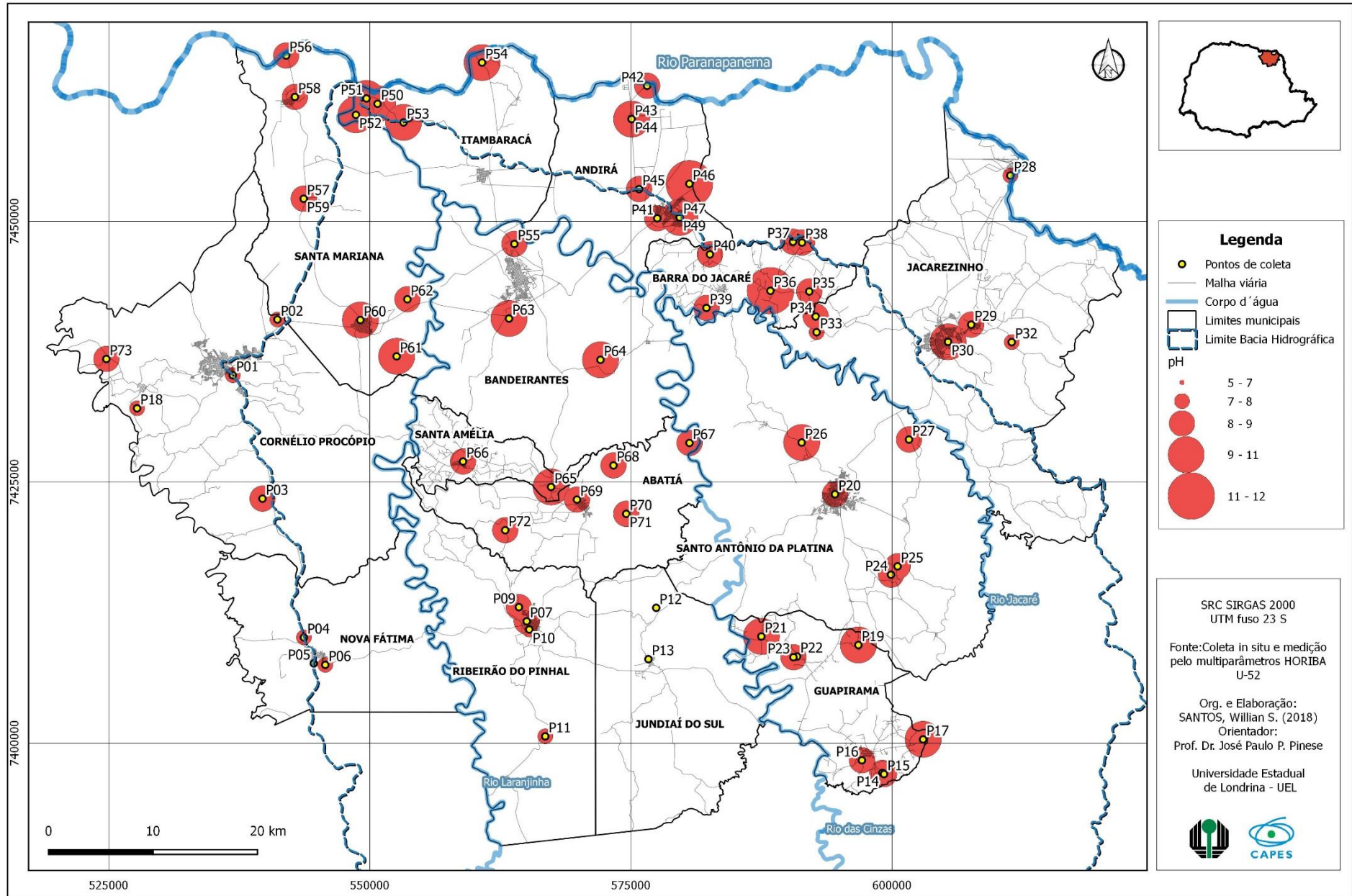


Figura 23 Mapa dos valores de Potencial Hidrogeniônico (pH) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas – PR (2018) (Círculos proporcionais)



### 6.2.3 Condutividade Elétrica

A capacidade da água em conduzir energia elétrica se deve a sua composição de íons e sais em solução, nessa proporção de concentração e dissolução pode-se medir a condutividade elétrica de águas subterrâneas, sendo esses valores mensurados por mS/cm.

O mapa elaborado (figuras 24 e 25) retrata o arranjo distributivo dos valores de condutividade elétrica relativos às amostras obtidas. Apresentam variação entre 0,042 mS/cm em Cornélio Procópio a 2,44 mS/cm em Guapirama, sendo nesse município os maiores valores. Na totalidade da área há uma concentração de valores mais elevados na porção Sudeste, e uma homogeneidade de baixos valores no restante da área.

Observa-se elevadas concentrações no município de Guapirama que, como visto anteriormente, está assentado parcialmente sob a unidade aquífera Paleozoica Superior. Se faz necessário apontar que, devido ao período de coleta – início de novembro (fim do período seco), esse e os outros aquíferos envolvidos nessa pesquisa seguem a mesma dinâmica de reabastecimento. Durante o período de elevação dos regimes pluviométricos ocorre a recarga dos aquíferos e conseqüentemente a diluição dos íons e sais presentes em solução, logo, os valores de condutividade elétrica obtidos se aproximam dos maiores acúmulos na dinâmica anual destas águas.

### 6.2.4 Turbidez

A medida do impedimento de um feixe de luz ao atravessar uma quantidade de água é denominada turbidez, pode ocorrer devido a materiais em suspensão (matéria orgânica, colóides, argila, etc.). A coloração da água interfere diretamente nos valores de turbidez pois resulta na absorção da luz. Sua unidade de medida é expressa em Unidades Nefelométricas de turbidez (NTU) (ANA, 2002).

Com média de 2,14 NTU a distribuição espacial deste parâmetro se apresentou discreta com pequena amplitude de valores, sendo as menores concentrações em Itambaracá 0,11 NTU e pontos concentrados em Ribeirão do Pinhal com 35,2 NTU (figuras 26 e 27).

Figura 24 Mapa dos valores de Condutividade Elétrica (mS/cm) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas – PR (2018) (IDW)

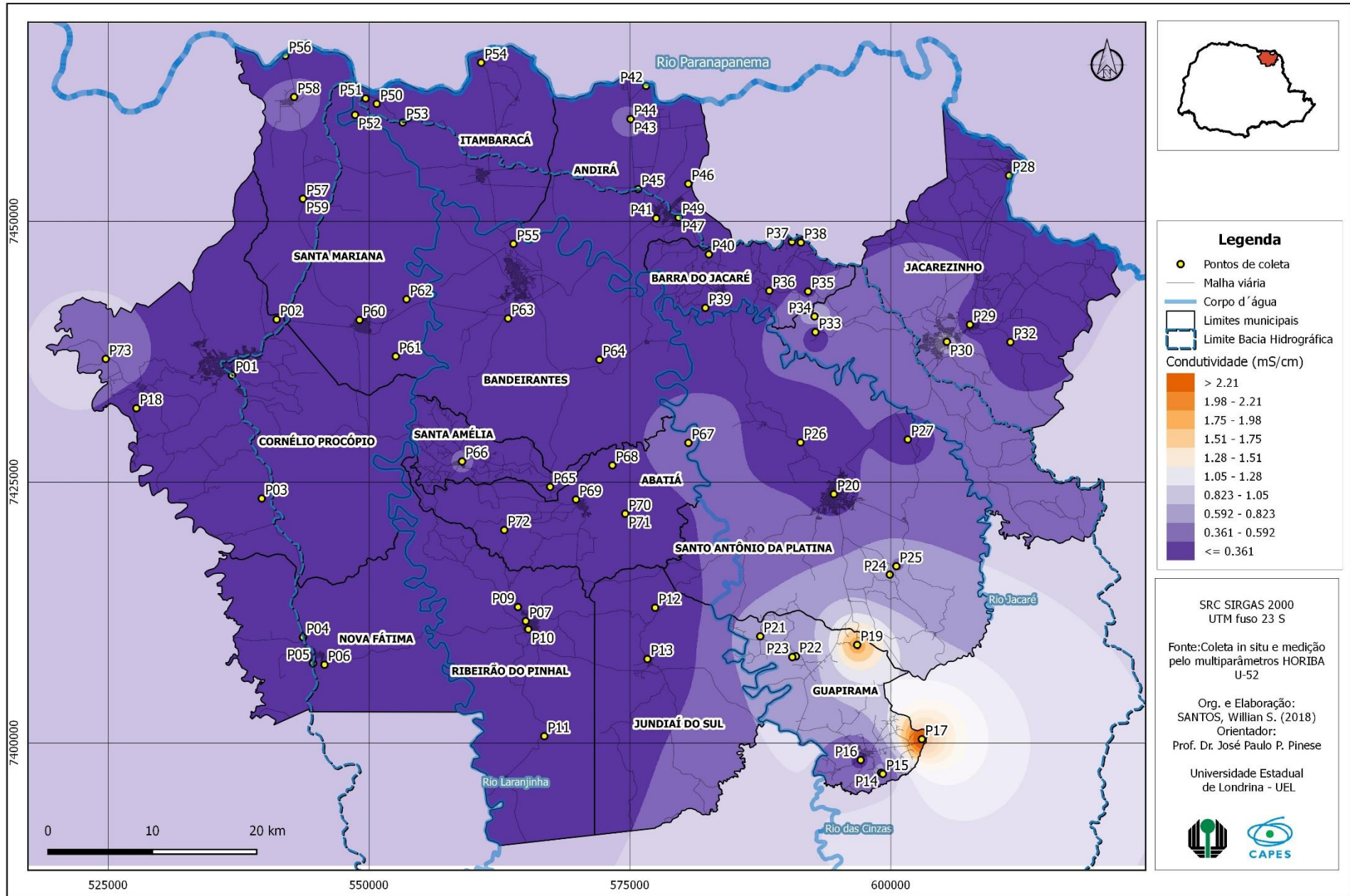


Figura 25 Mapa dos valores de Condutividade Elétrica (mS/cm) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas – PR (2018) (Círculos proporcionais)

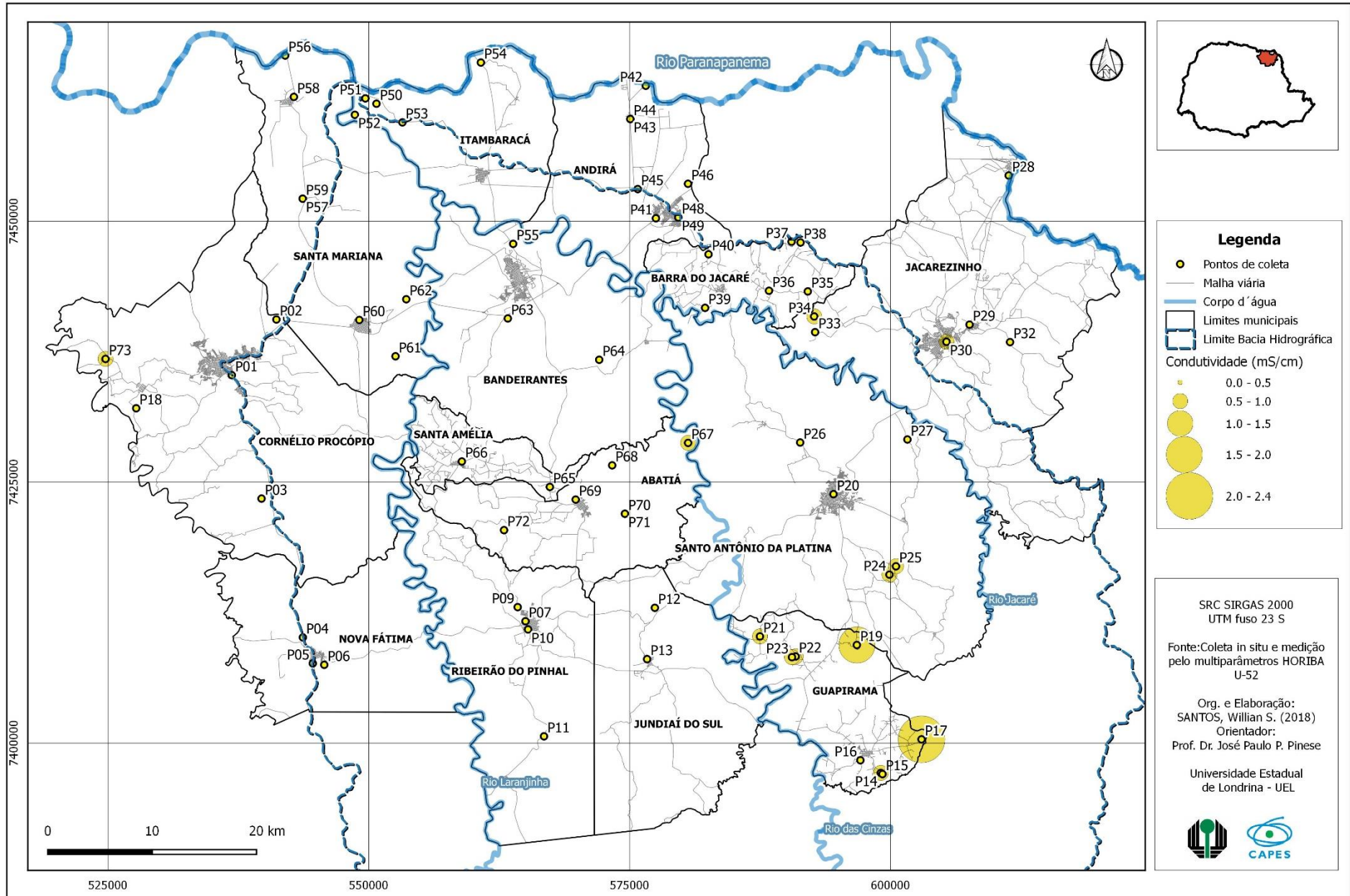


Figura 26 Mapa dos valores de Turbidez (NTU) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas - PR (2018) (IDW)

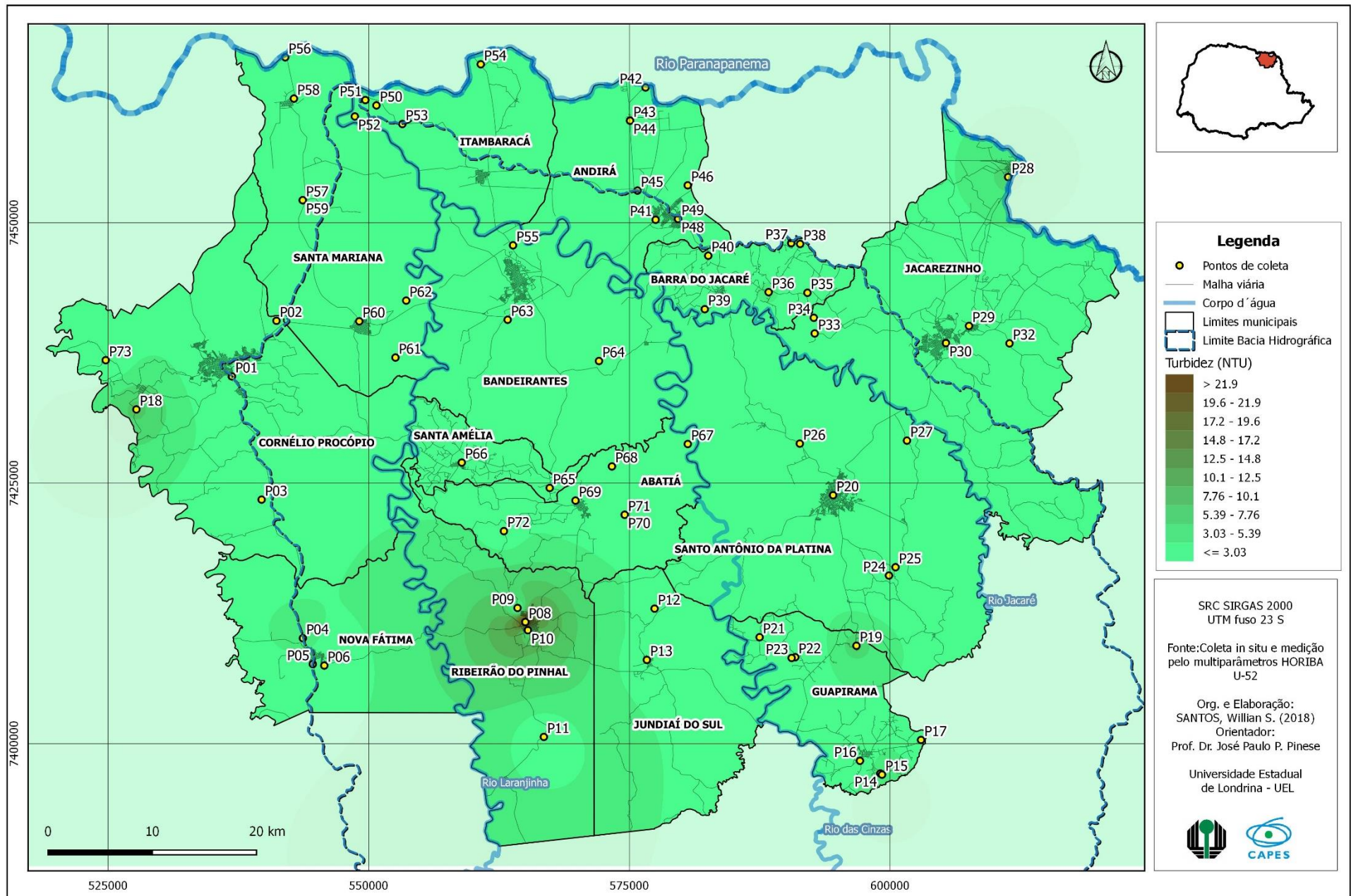
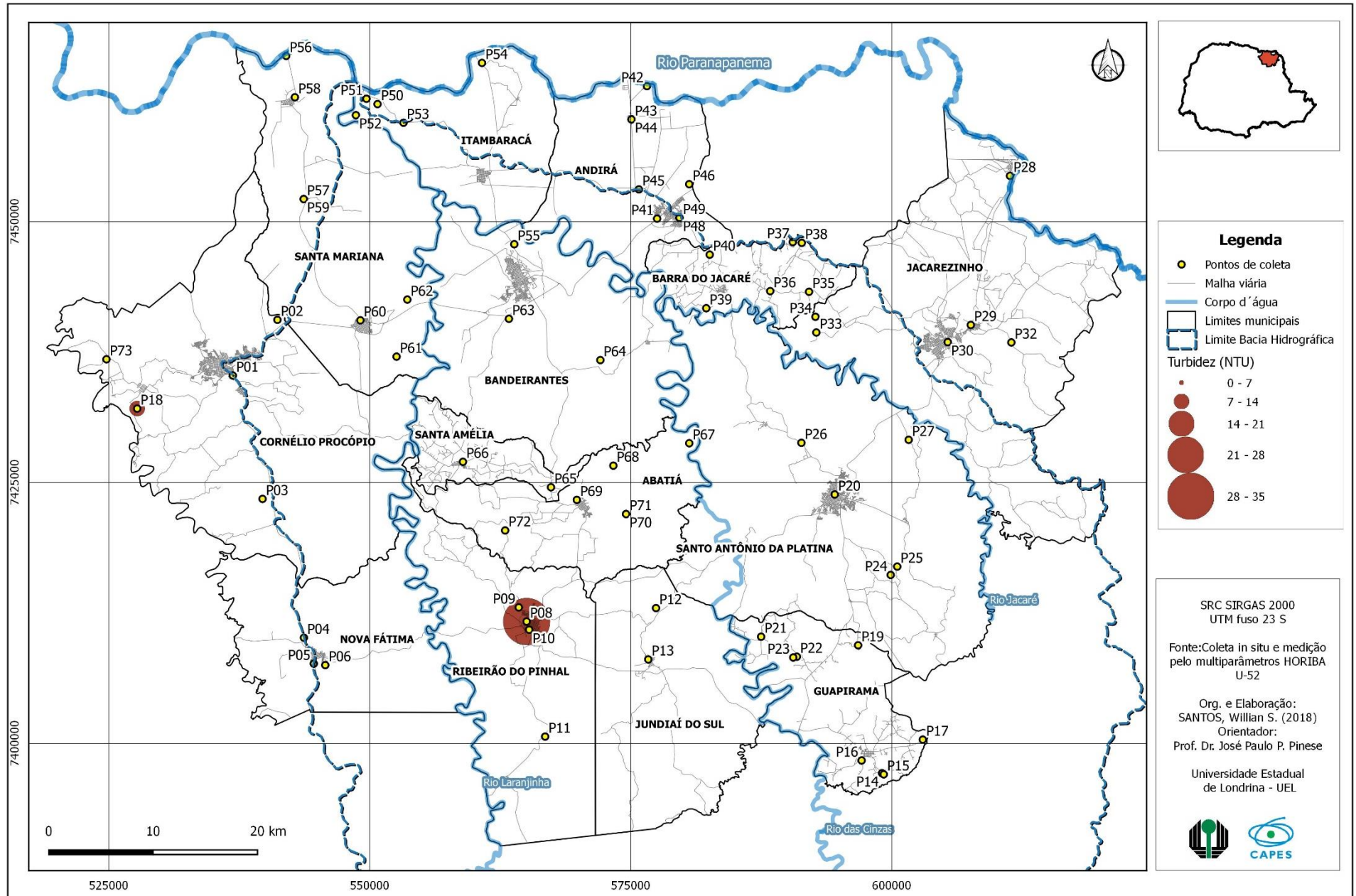


Figura 27 Mapa dos valores de Turbidez (NTU) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas - PR (2018) (Círculos proporcionais)



### **6.2.5 Oxigênio dissolvido**

Cabe ao oxigênio dissolvido a manutenção equilibrada da vida em ambientes aquáticos. Quando o uso do oxigênio dissolvido é amplamente utilizado por matérias orgânicas, em processos respiratórios, ocasiona-se uma desconcentração neste meio. Em linhas gerais as águas subterrâneas apresentam baixos valores de OD devido a percolação da água no solo (Ana, 2002).

Como retratado na figura 28 e 29, a média do OD na área é de 10,53 mg/L, sendo o menor valor no município de Andirá, possivelmente pela origem da água obtida do SAG, onde quanto maior a profundidade, menor a quantidade de OD. O município se insere na faixa Norte-Nordeste que apresenta os menores índices deste parâmetro.

Cornélio Procópio apresenta dois poços próximos com valores de 50 mg/L, sendo esses os maiores encontrados neste quesito.

Segundo Alievi (2012), é preciso se atentar às tubulações utilizadas quando fabricadas em ferro ou aço, devido seu potencial de corrosão quando em contato com quantidades elevadas de oxigênio.

Figura 28 Mapa dos valores de Oxigênio Dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas - PR (2018) (IDW)

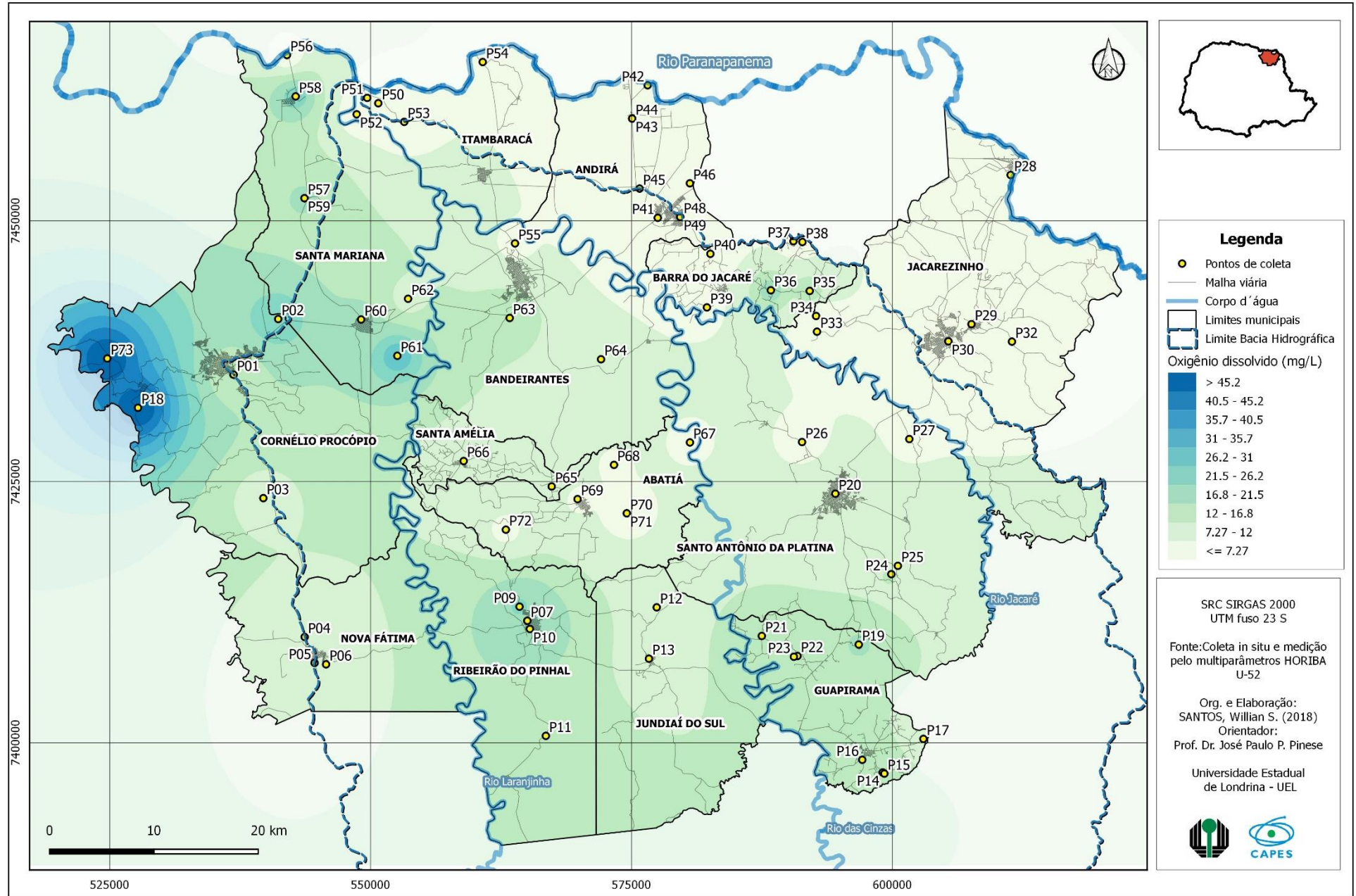
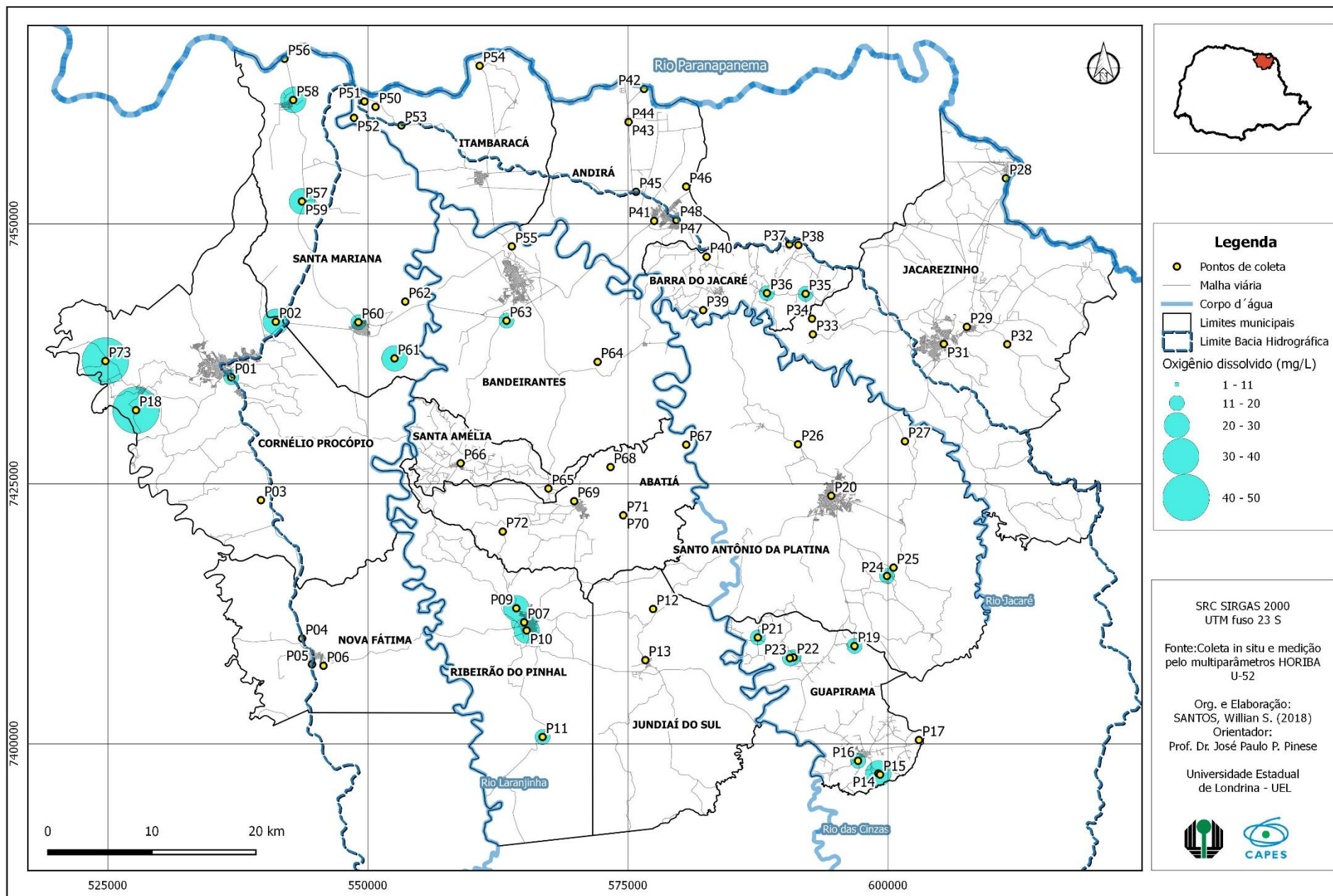


Figura 29 Mapa dos valores de Oxigênio Dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas - PR (2018) (Círculos proporcionais)



### 6.3 Espacialidade do flúor

A distribuição dos dados de flúor previamente coletados em campo, analisados em laboratório e espacializados pode ser observada e interpretada por duas diretrizes diferentes em concordância a duas legislações.

A primeira diz respeito à legislação expressa pela PORTARIA Nº 5, DE 03 DE OUTUBRO DE 2017, regulando o valor máximo tolerável de 1,5 mg/L de flúor em águas de abastecimento público (figura 30). Neste mapa, os valores considerados inferiores ( $\leq 0,2 - 1$  mg/L) representam áreas carentes de flúor encontrados respectivamente. O VMP determinado por essa legislação destacado é de até 1,5 mg/L e o excesso do elemento é representado pelos valores entre  $1,5 - > 4,5$  mg/L.

A segunda representação (figuras 31 e 32) está orientada pela PORTARIA Nº 635/Bsb, DE 26 DE DEZEMBRO DE 1975, que baliza os valores mínimos, máximos e ótimos apoiados pelas médias térmicas máximas diárias da área (cf. Pinese et al, 2017 e 2017 b). A legenda deste mapeamento representa os valores considerados inferiores para áreas carentes ( $\leq 0,2 - 0,4$  mg/L), concentração adequada entre  $0,6 - 0,8$  mg/L e o excesso de flúor, segundo o VMR para valores entre  $0,8 - > 4,5$  mg/L. Vale ressaltar que, mesmo a Portaria 5 (2017) indica no caso de fluoretação adicional, o uso da Portaria 635 Bsb (1975) conforme disposto no Artigo 37, parágrafo 1 (Veja anexo IV).

Nessa pesquisa as análises e discussões foram aplicadas sobre a segunda representação, pois mesmo não sendo a normativa mais recente, apresenta de forma completa intervalos baseados nas médias térmicas (o que individualiza diferentes localidades), fornece um valor ótimo, além de conciliar-se com uma legislação regionalizada referente ao Estado de São Paulo (Resolução SS-4/2003<sup>13</sup>) (validada neste caso pela proximidade geográfica), que partilha do mesmo intervalo de valores recomendados. O primeiro mapa estará para fins de representar a legislação em questão.

---

<sup>13</sup> Resolução SS 4, de 10 de janeiro de 2003. “Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano no Estado de São Paulo e dá outras providências.” Disponível em: <https://goo.gl/keTASy> . Acesso em 08 jan. 2019.

Figura 30 Mapa dos valores de flúor (mg/L) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas - PR. Segundo Portaria nº5, de setembro 2017 (2018) (IDW)

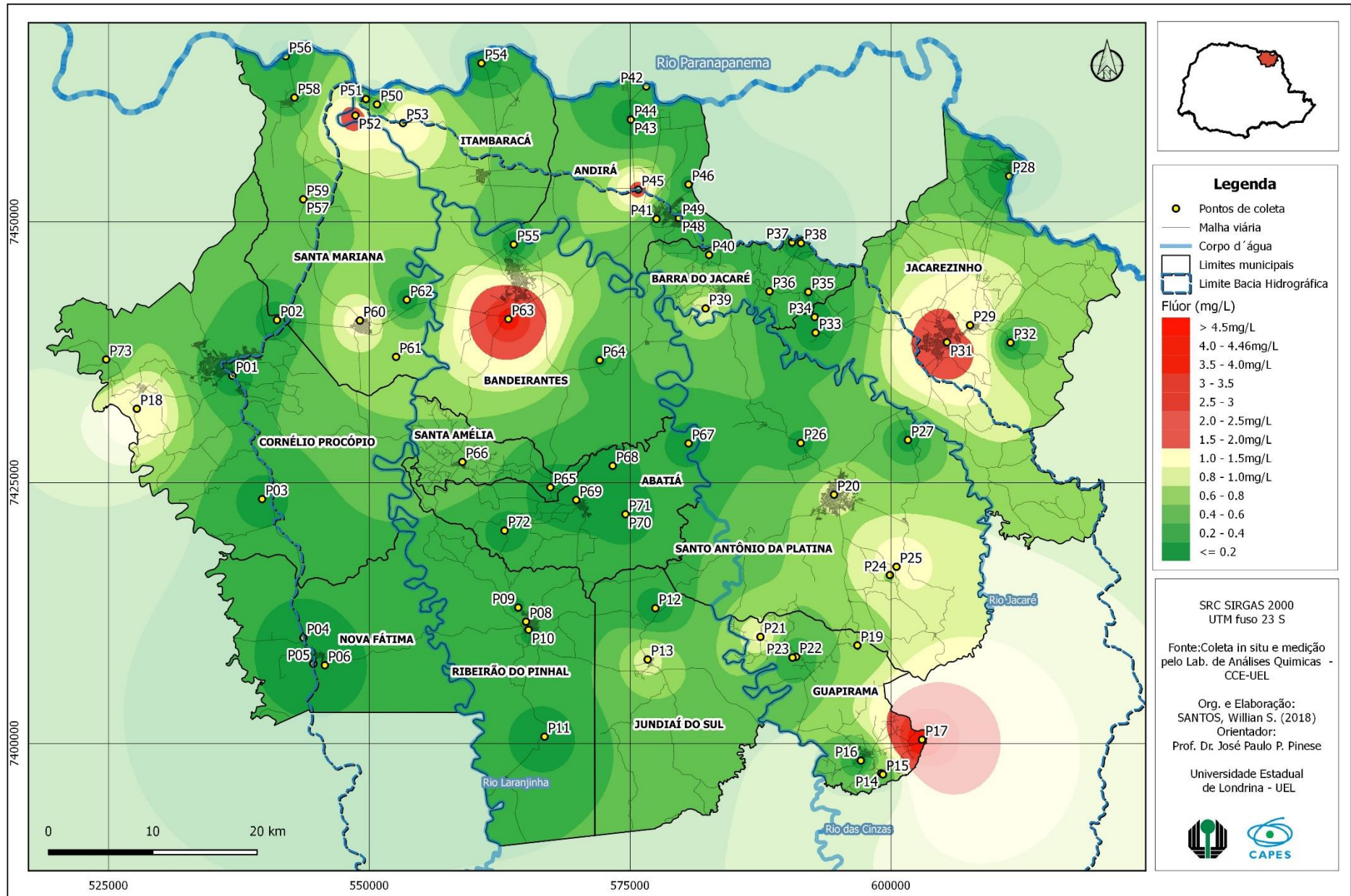


Figura 31 Mapa dos valores de Flúor (mg/L) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas - PR. Segundo Portaria nº635/Bsb, de dezembro 1975 (2018) (IDW)

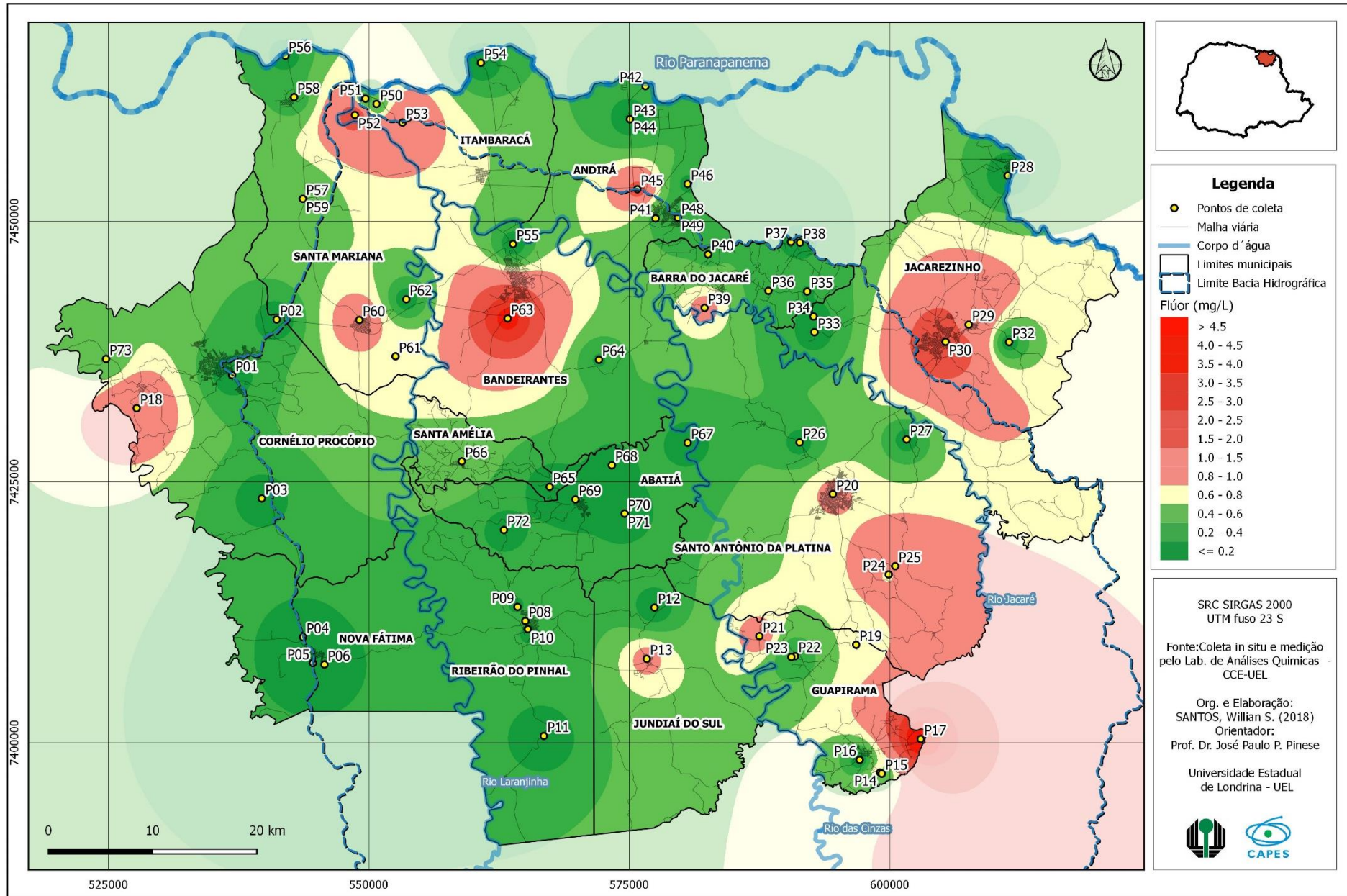
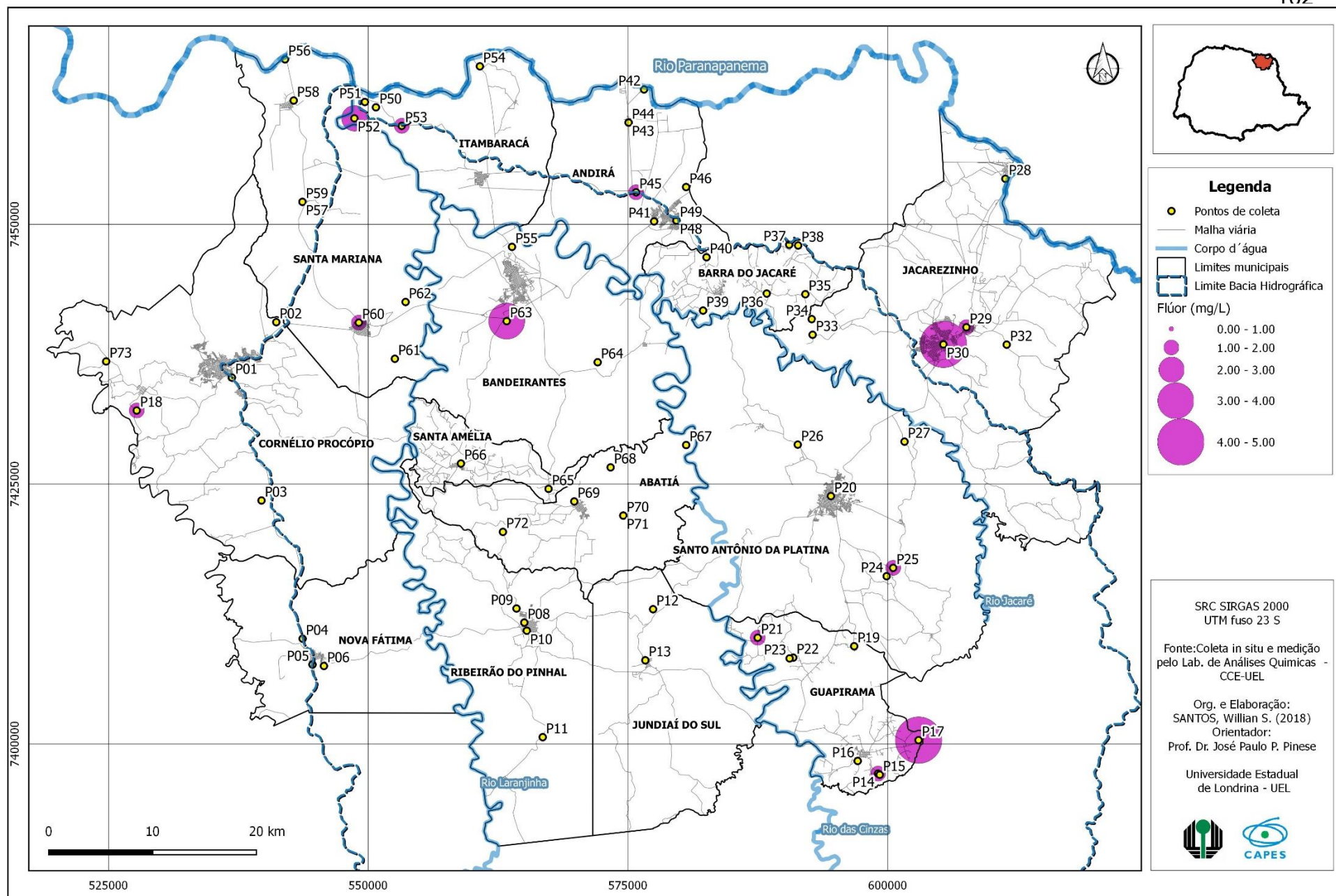


Figura 32 Mapa dos valores de flúor (mg/L) nas águas subterrâneas dos municípios da porção Norte da Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas - PR. Segundo Portaria nº635/Bsb, de dezembro 1975 (2018) (Círculos proporcionais)



Enfatiza-se ainda que outras pesquisas também se valeram dessa mesma metodologia em porções correspondentes, no Norte – Nordeste do Estado do Paraná, como em Pinese et al. (2017 e 2017 b) e Golono de Deus (2016).

O arranjo espacial fruto dos dados quantitativos e a localização das concentrações de flúor puderam ser sintetizados no mapa apresentado, possibilitando assim uma melhor interpretação das anomalias geoquímicas positivas e negativas, estabelecendo como pressuposto benefícios e malefícios à saúde humana.

As anomalias positivas apresentam em linhas gerais feições espaciais de contiguidade, formando um padrão de corredores anômalos nos municípios limítrofes de Jacarezinho, Santo Antônio da Platina, Jundiaí do Sul e Guapirama na porção Leste da área de estudo, e nos municípios de Bandeirantes, Itambaracá e Santa Mariana na região Noroeste. Além destas feições, manifestam-se com limites marcadamente pontuais em Andirá, e Cornélio Procópio, corroborando com a análise regional, que configurava uma ampla distribuição fluoranômala intensa e difusa no Nordeste paranaense, elaborada por Licht (2001). Estes valores agora em trabalho de detalhe representam 20,5% do universo amostral (15 poços com valores > 0,8 mg/L).

Dentro dos limites adequados à saúde (0,6 – 0,8mg/L) constam 4 pontos considerados satisfatórios, correspondentes a 5,4%. Por meio da técnica geoestatística, esses valores circundam os pontos anômalos e ocorre de forma pontual no município de Barra do Jacaré.

Por fim, 54% dos poços coletados indicaram valores abaixo dos níveis recomendados (< 0,6 mg/L), portanto, insatisfatórios, correspondendo a 54 amostras que configuram um arranjo distributivo central de sentido Nordeste – Sudoeste, com destaque para municípios totalmente inseridos nesse contexto como Abatiá, Ribeirão do Pinhal e Nova Fátima, indicando a necessidade de fluoretação no caso de abastecimento público.

Como resultados da variância total, o menor valor encontrado foi de 0,015 mg/L em Ribeirão do Pinhal e o maior de 4,758 mg/L em Guapirama, tendo como média da área total o registro de 0,5 mg/L. A variação de concentrações intramunicipais configura como município mais homogêneo em suas amostras o de Nova Fátima, apresentando uma diferença de 0,042 mg/L, e em Guapirama evidencia valores excessivamente díspares na ordem de 4,707 mg/L.

No contexto da porção Leste, o trecho que conecta as maiores concentrações possui correlação espacial com as anomalias positivas encontradas por Golono de Deus (2016) em águas superficiais. A ligação entre essas concentrações em sua pesquisa é denominada cinturão anômalo que, segundo a autora, converge

[...] com as bordas dos derrames basálticos da Formação Serra Geral [onde] há ocorrência de fraturas horizontais [que] configuram áreas de descarga do Aquífero Serra Geral e consequente abastecimento dos afluentes das bacias hidrográficas (GOLONO DE DEUS, 2016 p.102).

Na região Noroeste, tais concentrações estão possivelmente associadas ao fator geogenético, pela afinidade geoquímica do flúor em rochas ígneas vulcânicas em interação com a água (Licht, 2001). Esse contato, no processo de percolação em basaltos da Formação Serra Geral, resulta em teores elevados de flúor demonstrados por difração de raio X liberados pelo mineral fluorapatita, presente nesses basaltos, além dos resíduos hidrotermais ricos em ácidos (Licht et al, 2015).

A associação dos maiores valores com a hipsometria, a geomorfologia, a pedologia e o clima não trouxeram essencialmente um vínculo de causas e fatores na organização dos padrões distributivos. Na sobreposição desses com as unidades aquíferas e geológicas, nota-se um acompanhamento das anomalias à margem do limite da Formação Botucatu e assentados notadamente sob a UAPS e o SAG. Segundo MINEROPAR (2001), pode haver conectividade entre estes dois aquíferos e semelhanças químicas das águas em condições de alto e médio confinamento.

Dentre os 73 resultados obtidos em amostragem para detecção de flúor, 4 destes (tabela 5) apresentam os valores mais elevados (> 2 mg/L), indicando assim, pontos naturalmente críticos, que seguem com uma descrição individualizada.

Tabela 5 Pontos de anomalia positiva para teores de flúor

Amostra	Município	Zona	Unidade aquífera	Referência	Finalidade	Flúor
P52	Itambaracá	R	SASG	Chácara “Yochitsugo Outuki”	Uso geral	2,243
P63	Bandeirantes	R	SASG	Chácara “João Cravo filho”	Uso geral	3,980
P30	Jacarezinho	U	UAPS	Sta. Casa de Jacarezinho	Consumo humano	4,279
P17	Guapirama	R	UAPMS	Granja “Solange”	Dessedentação Animal	4,758

A amostra **P52** coletada na porção Noroeste do município de Itambaracá situa-se numa propriedade rural particular, tendo a água subterrânea como finalidade a categoria uso geral, ou seja, utilizada para higiene, consumo, limpeza e fins agrícolas de modo geral. Logo, os residentes e até mesmo arredores desta propriedade têm consumido diariamente concentrações de flúor equivalentes a 2,243 mg/L, possivelmente desde a perfuração do poço (valores que podem flutuar em períodos secos e chuvosos).

O município de Itambaracá anteriormente foi alvo de investigações quanto às concentrações de flúor em águas subterrâneas, como demonstrado por Pires (2008). Descobriu-se, nesse estudo, que poços da cidade apresentavam valores de até 1,79 mg/L, além de revelar ocorrências de fluorose em estado grave de forma endêmica. Avaliou-se por levantamentos epidemiológicos na área que a doença atingia aproximadamente 60% dos escolares (Cardoso et al. 2001; Morita, 1998). Segundo o Atlas Brasil: *Abastecimento urbano de água* (ANA, 2010), a origem de captação e abastecimento público do município se dá exclusivamente por água subterrânea.

Mesmo extrapolando os objetivos desta pesquisa vale ressaltar o relato pertinente de um morador sobre a conjuntura na durante as coletas na região. Segundo o morador: *“Já é o 4º ou 5º poço que é preciso fechar e furar outro. Há muito tempo esse problema na nossa cidade tem sido propaganda de políticos, que se elegem prometendo resolver [...] se você olhar os dentes das crianças, estão todos comprometidos”*<sup>14</sup>.

Esse relato provoca inquietações sobre a relevância e a valorização dos conhecimentos produzidos e apontados por Pires (2008) nesta universidade há exatos 10 anos em tópico direcionado e intitulado “RECOMENDAÇÕES E

<sup>14</sup> Informação verbal - Discurso não documentado, porém transcrito livremente pelo autor para fins de contribuição para a pesquisa.

SUGESTÕES AOS GESTORES PÚBLICOS”, sinalizando a conveniência de constante avaliação dos teores de flúor nas águas de consumo, o uso de geoindicadores como instrumentos norteadores de políticas públicas, dentre outras práticas para o município.

Nota-se, portanto, a continuidade dessa problemática visto os resultados apresentados aqui com valores ainda maiores. A vila de São Joaquim do Pontal (conhecido popularmente por “Pindura”) também traz concentrações acima do recomendado, expresso no valor de 1,479 mg/L. Para fins de complementação, a amostra P52 encontra-se entre as dez mais turbidas e entre os dez menores níveis de pH.

A amostra **P63** tem como utilização o consumo humano por uma propriedade rural particular localizada na porção central da área de estudo, contemplada pelo SASG. O município de Bandeirantes compõe uma das áreas com maior valor encontrado (3,980 mg/L).

Nesta região, como exposto, as águas subterrâneas podem manifestar liberações naturais de fluorapatita contida nas rochas ígneas basálticas que resultam em elevados teores de flúor. Mesmo demandando réplicas ou até mesmo tréplicas de coleta para definição exata dos pontos anômalos, esse poço apresenta potencial prejuízo à saúde de seus consumidores em uso contínuo.

A amostra apresenta valores de pH entre os dez maiores no universo amostral. Pode ser considerada uma zona de atenção para as modalidades de fluorose óssea em adultos e fluorose dental no futuro, principalmente em crianças no período de formação da dentição e desenvolvimento ósseo.

Os poços **P30** e **P31** encontram-se nas dependências da Santa Casa de Misericórdia do município de Jacarezinho, na área urbana da cidade, trazendo valores respectivamente de 4,279 mg/L e 0,583 mg/L. Segundo informações colhidas com a enfermeira plantonista que guiou a coleta, era sabido previamente que a água de um dos poços continha flúor em excesso, o que foi confirmado na atual análise do primeiro poço. Segundo a funcionária do hospital, essa água é distribuída aos pacientes, mas é recusada pelos funcionários do estabelecimento, que adotaram a prática de consumir água trazida de suas residências.

É oportuno considerar que o consumo prejudicial de elevadas quantidades do elemento se dá na ingestão contínua da água naturalmente acrescida. Em geral nos períodos de internação e convivência dos pacientes o fato ocorre de forma

esporádica, mitigando, portanto, os malefícios que podem prejudicar (ainda mais) a saúde destes enfermos. Entretanto, trata-se nesse caso de um valor cinco vezes maior que o VMR delimitado na legislação, configurando, portanto, mesmo nesse modelo de ingestão, um potencial danoso à qualidade odontológica e óssea dos envolvidos, sejam esses pacientes do hospital ou funcionários que demandam condições salubres no ambiente de trabalho.

Golono de Deus (2016) anteriormente retratou que nas águas superficiais de Jacarezinho se manifestam valores de 0,81 mg/L, ou seja, situados no limite máximo permitido, enfatiza-se que esses valores podem variar sazonalmente para mais ou para menos. Essa mesma área articula-se como nó setentrional do referido cinturão anômalo (figura 33). O município realiza a captação e distribuição de água mista, ou seja, via fontes superficiais e por vias subterrâneas.

Para resolver a contradição de distribuir água prejudicial à saúde nas dependências de um hospital, surge uma possibilidade de diluição proporcional da água entre os dois poços próprios do estabelecimento. Acumuladas num reservatório, essas águas poderão ser redistribuídas de modo naturalmente fluoretadas dentro dos limites estabelecidos e sujeitas a permanentes análises de controle (uma vez que os valores do segundo poço se apresentam abaixo do recomendado). Essa medida poderia certamente inverter o cenário de possíveis malefícios a uma situação de benéficas aos seus consumidores.

É imprescindível ressaltar, quanto às doenças secundárias possivelmente relacionadas pelo consumo de flúor, que Jacarezinho se destaca como o maior adensamento desses pacientes pelo índice máximo de prevalência total. Entretanto, a teorização demanda um aprofundamento investigativo pois, conforme reportagem do site da prefeitura do município, o local atendia em 2015 pacientes de todos os municípios do Norte Pioneiro<sup>15</sup>.

O dígito mais crítico encontrado em toda a pesquisa refere-se à amostra **P17**. Ela tem com uso da água a produção animal avícola, sendo a dessedentação de aves de consumo humano a principal prática mediadora entre o flúor natural e a ingestão do elemento.

Pesquisas citadas anteriormente (Anzai, 2003) atribuem uma relevante biodisponibilidade de flúor em produtos à base de frango (e outros animais). Como

---

<sup>15</sup> Reportagem da Prefeitura de Jacarezinho. “Jacarezinho deverá ter reforço de mais de R\$ 2 milhões na área da saúde”. Disponível em: <https://goo.gl/jpB3Lv>. Acesso em 11 jan. 2019.

principais concentradores durante sua dinâmica alimentar, como verificado na pele desses animais cujos valores variaram entre 0,6 a 10,5 mg/L (Anzai, 2003).

Tal amostra (P17) foi coletada na porção Sudeste do município de Guapirama, esse suprido (nesse ponto) pela UAPMS.

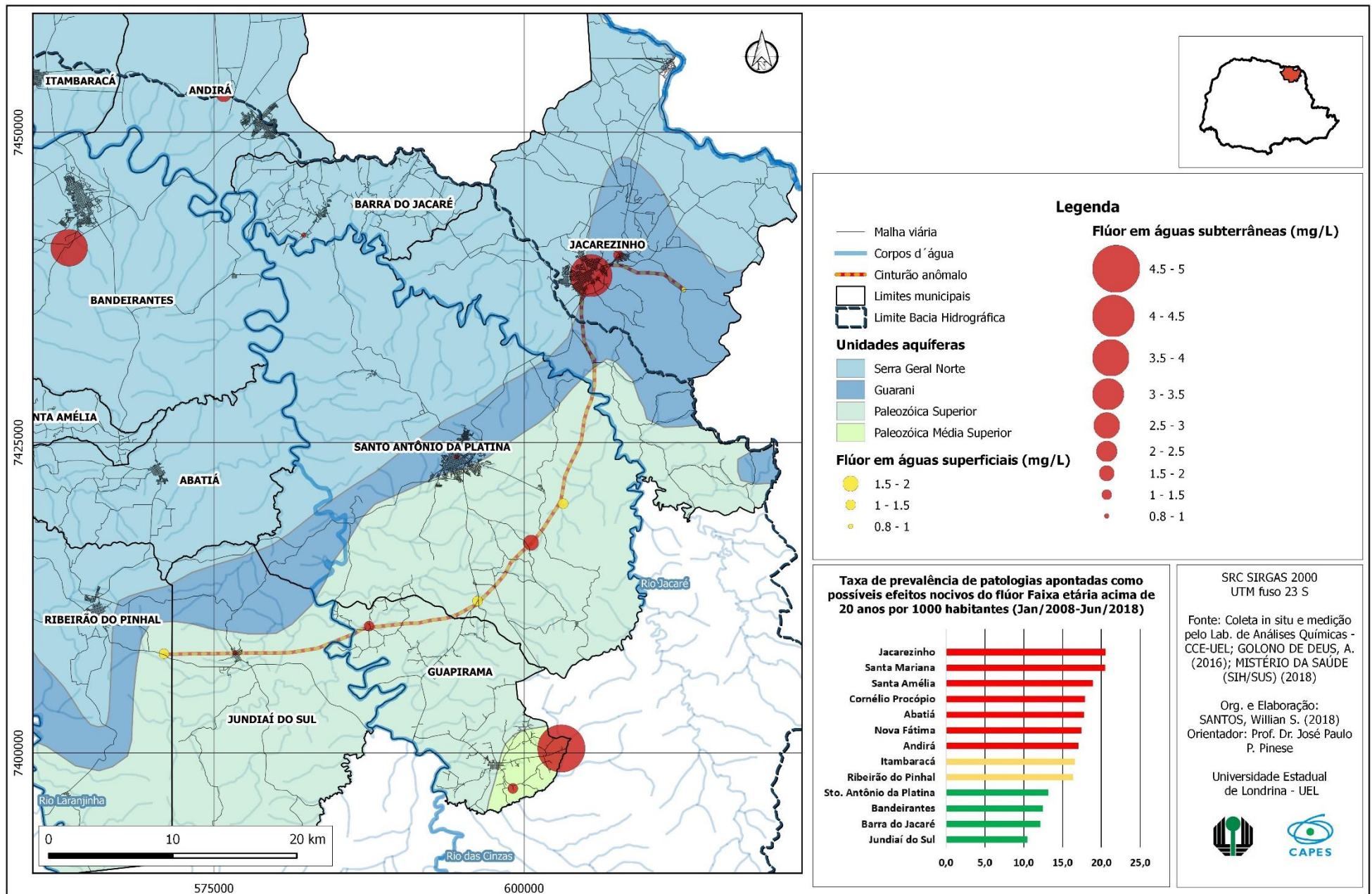
Guapirama apresenta os menores índices de prevalência de patologias possivelmente relacionadas ao flúor. Isso, possivelmente, pela concentração de serviços de saúde em cidades do entorno (como em Jacarezinho) e conseqüentemente uma imprecisão da real origem dos pacientes, demandando um aprofundamento da logística destes serviços.

Poços próximos a área urbana do município apresentaram pouca concentração do elemento flúor (P14, P15 e P16 < 0,6mg/L). A água subterrânea consta como principal fonte de abastecimento público da cidade.

A P17 inclui-se entre os dez maiores valores de pH e o maior valor de condutividade elétrica no universo amostral.

É oportuno pensar nos processos produtivos que disseminam o flúor por meio de alimentos como o frango e seus derivados, nesse caso, a responsabilidade do fornecedor na qualidade produtiva e na saúde dos consumidores. Uma vez sabido que dentro da cadeia produtiva o alimento transfere a água utilizada na dessedentação de animais para o organismo humano, é imprescindível haver uma análise regular do flúor e também da logística distributiva deste produto a saber possíveis impactos à população consumidora.

Figura 33 Mapa síntese do "Cinturão anômalo" de flúor nas águas subterrâneas e superficiais nos municípios da porção Norte da bacia do Rio das Cinzas - PR (2018) e taxa de prevalência



## 7. CONCLUSÃO

Criada como medida mitigatória da problemática de cáries dentais na população, a suplementação controlada das águas com flúor no abastecimento público, através da fluoretação, tem se mostrado eficaz no aumento da resistência dos dentes frente à dinâmica das bactérias causadoras no processo da doença. Muito embora, como observado nessa e em outras pesquisas, concentrações elevadas de flúor podem originar de forma natural ou artificial manifestações como a fluorose na dentição e fluorose óssea no sistema esquelético através da ingestão das águas e dos produtos alimentícios em situação de anomalia positiva. Por outro lado, anomalias negativas podem favorecer as cáries na fase infanto-juvenil.

A porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas posicionada no Nordeste do Estado do Paraná apresentou, dentre 73 amostras coletadas, 15 pontos anômalos para águas subterrâneas com valores acima do VMR para a saúde humana, conforme a portaria nº 635 do Ministério da Saúde (1975) com destaque aos municípios de Guapirama, Jacarezinho, Bandeirantes e Itambaracá.

Dentre as características naturais da região da área de estudo, a dinâmica hídrica superficial e subterrânea, o clima e sobretudo a geologia configuram um cenário heterogêneo na concentração dos teores de flúor veiculados pelo consumo de águas nesses municípios com potencial de manifestar a fluorose. Sendo uma doença desprovida de dados quantitativos e pouco conhecida, a fluorose nem sempre é identificada pelos acometidos e que por consequência não procuram atendimento odontológico inicial. A falta de informação sobre a doença acaba por limitar algumas correlações e análises, sendo relatada apenas em entrevistas informais, tal qual ocorrido em Itambaracá como moléstia habitual entre seus moradores.

Para qualificar a discussão, propõe-se que futuramente seja feita em campo entrevistas com os dentistas dos municípios que apresentaram desequilíbrio geoquímico de flúor, obtendo informações quantitativas e qualitativas sobre a frequência da fluorose dental na população atendida nos consultórios odontológicos. Somado a isso, levantamentos epidemiológicos de análise físico-química dos dentes de escolares, e até mesmo a espacialização da cárie nos municípios sem fluoretação (por baixa quantidade natural do elemento).

Considera-se muito relevante o monitoramento por coletas nos pontos em desequilíbrio para designar focos de persistência ou intermitência de anomalias seja em períodos chuvosos ou em períodos secos do ano, devido às características climáticas da área.

Conforme apresentado, os parâmetros físicoquímicos das águas subterrâneas analisados configuraram um estado geral das unidades aquíferas possibilitando ampliação investigativa por futuros aprofundamentos. Nesta pesquisa não houveram resultados expressivamente extremos ou com destaque associativo à distribuição do elemento flúor.

Mesmo que dependente de dados epidemiológicos conclusivos, evidencia-se a prevalência de doenças secundárias atribuídas ao consumo do flúor em excesso principalmente no município de Jacarezinho, onde constam anomalias no cenário hídrico tanto subterrâneo quanto superficial, sabendo-se ainda que a origem de captação de água para o abastecimento público do mesmo município dispõe-se dessas duas fontes. Pela fragilidade desses dados se faz necessário um debruçar especializado para delinear correlações mais precisas. Esses apontamentos sugerem contribuições informativas para o aprofundamento, sobretudo no campo de estudos epidemiológicos, delimitando um cenário completo sobre a relação saúde – doença relacionada ao flúor na região.

A cartografia digital ao trabalhar os resultados obtidos, permitiu sustentar a compreensão do arranjo espacial do elemento flúor, que somado às análises em águas superficiais caracterizam hidrogeoquimicamente picos de concentração distribuídos em aspecto de cinturão. Também propiciou a delimitação de áreas geográficas de maior ou menor prejuízo à saúde, no tocante a enfermidades relacionadas a ingestão de teores de flúor que desviam da necessidade metabólica benéfica aos seres humanos da região investigada.

Através do mapa de síntese, com destaque a algumas informações sugere a princípio, uma confirmação da hipótese de Golono de Deus (2016) sobre para a existência de um cinturão anômalo do elemento flúor.

Para além das áreas destacadas com excesso do elemento pontuais em outras áreas, nota-se no eixo Sul-Leste o arranjo espacial numa linha hipotética que une as anomalias positivas em águas superficiais e subterrâneas assentadas principalmente entre a UAPS e o SAG. Encontram-se prevalentemente em áreas rurais passando pelos municípios de Ribeirão do Pinhal, Jundiá do Sul, Guapirama,

Santo Antônio da Platina e Jacarezinho, sendo este último com o resultado mais expressivo.

Os dados de saúde apontados na região estudada referentes aos últimos dez anos apresentam um desalinho com os resultados espaciais de flúor, com exceção do município de Jacarezinho, que juntamente com um dos teores mais elevados do elemento está ordenado como a maior prevalência de morbidades associadas ao consumo excessivo do mesmo. Ainda que dependente de maiores investigações sobre a mobilidade dos serviços de saúde e origem dos pacientes o produto cartográfico sugere uma tendência que propicia um olhar atento na escala deste município.

Conclui-se, portanto, a necessária vigilância das águas de abastecimento público de maneira contínua pelos órgãos responsáveis de forma ativa quanto aos teores flutuantes do elemento flúor e um olhar enfático à manifestação de doenças a ele associado. Os municípios de Guapirama, Jacarezinho, Bandeirantes e Itambaracá demandam conclusivamente atenção específica, estudos dirigidos *in loco* e formação de um banco de dados sobre a fluorose.

Por fim, compete a essa pesquisa valer-se de todas as informações levantadas e analisadas, mesmo com algumas limitações conclusivas, alertar os gestores públicos e os estabelecimentos envolvidos em situação de anomalia positiva ou negativa de flúor. Como compromisso devolutivo e extensionista desse estudo, será elaborado futuramente um material informativo às populações envolvidas e diagnósticos pontuais encaminhados aos órgãos competentes, enfatizando a contribuição da hidrogeoquímica e da geográfica da saúde como instrumento norteador de políticas públicas para melhorias na qualidade de vida das populações das Bacias Hidrográficas do Paraná.

## REFERÊNCIAS

ALIEVI, A. **O consumo de água subterrânea do aquífero Serra Geral na regional de saúde de Londrina (PR) e implicações à saúde coletiva** – Uma discussão da geografia da saúde apoiada na Hidrogeoquímica. Dissertação (Dissertação em Geografia) - UNIVESIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. Londrina, 2012.

ANNANDALE, **The Sociology of Health and Medicine: A Critical Introduction**,

Polity Press, 1998

AGUASPARANÁ. **Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas Subterrâneas**. In: Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos. COBRAPE, Revisão. Final. Curitiba. AGUASPARANÁ. Instituto das Águas do Paraná, 2010. Disponível em: <https://goo.gl/QrPpJM>. Acesso em 14 ago. 2018.

AMARANTE, L. M. **Flúor: benefícios e controvérsias dos programas de fluoretação no Estado do Paraná**. Curitiba: Fundação Caetano Munhoz da Rocha, 1992.

\_\_\_\_\_. **Fluoretação das águas de abastecimento público no Estado do Paraná**. Curitiba: SESA, 2008

ANA. Agência Nacional de Águas. **Águas subterrâneas**. 2002

\_\_\_\_\_. Atlas Brasil. **Abastecimento Urbano de Água**. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>. Acesso: 17 jan. 2019.

ANDRADE, E. M de et al. **Impacto da lixiviação de nitrato e cloreto no lençol freático sob condições de cultivo irrigado**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 1, ene./feb., 2009, p. 88-95.

ANDREAZZINI, M. J. et al. **Geoquímica do flúor em águas e sedimentos fluviais da região de Cerro Azul, Estado do Paraná: definição de áreas de risco para consumo humano**. In: SILVA et al. *Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente* / Cássio Roberto da Silva (Ed.) ... [et al.]. — Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. 220 p.

ANZAI, A. **Concentração de flúor em medicamentos pediátricos e risco de fluorose dentária**. 161p.: il.; Dissertação. (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Bauru. USP. Bauru, 2003.

ARCHELA, E.; FRANÇA, V. de; CELLIGOI, A. **Geologia, geomorfologia e disponibilidade hídrica subterrânea na bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga**. *Geografia*, Londrina, vol.12, n.2, jul-dez, 2003.

ARCURI, A. S. A.; FERNÍCOLA, N. A. G. G. **Riscos ao meio ambiente e acidentes relatados**. In AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. – Metais: gerenciamento da toxicidade. Editora Atheneu, SP, 2003.

ARAÚJO, P. R. **Interação Hidrogeoquímica e Geografia da Saúde na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lindóia, Zona Norte de Londrina- PR**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006

BARROZO, L. V. **Técnicas em Geografia da Saúde**. In VENTURI L. A. B. et al. Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. – Coleção Praticando).

BATISTELLA, C. **O território e o processo saúde-doença**. In: FIOCRUZ. Educação Profissional e Docência em Saúde: a formação e o trabalho do agente comunitário de Saúde. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <https://goo.gl/Pcp1EL>>. Acesso em 28/12/2018

BARCELLOS, C. (org.) **A Geografia e o contexto dos problemas de saúde**. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2008, (Saúde Movimento; n. 6)

BARCELLOS, C. & BASTOS, F. I. **Geoprocessamento, ambiente e saúde**. Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 12(3):389-397, jul-set 1996.

BITTENCOURT, A. V. L. et al. **A influência dos basaltos e de misturas com águas de aquíferos sotopostos nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia do rio Piquiri, Paraná – BR**. Revista Águas Subterrâneas, v. 17, n.1, p. 67-75, maio, 2003.

BRASIL. Agência nacional de águas (ANA). **Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água**. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <https://goo.gl/tSGhrQ>. Acesso em 30 jul. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Diretrizes da Política Nacional de Saúde Bucal. Secretária de Atenção à Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: <https://goo.gl/J5Npsb>. Acesso em 14 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia de recomendações para o uso de fluoretos no Brasil** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – Brasília : Ministério da Saúde, 2009. 56 p.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Pesquisa Nacional de Saúde Bucal: Resultados Principais de 2010**. Brasília, 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde: DATASUS, **Informações epidemiológicas e morbidade**, MORBIDADE HOSPITALAR DO SUS - POR LOCAL DE RESIDÊNCIA – PARANÁ. 2016. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/nrpr.def>. Acesso em 13 ago. 2018.

BUENDIA, O. C. **Fluoretação de águas: manual de orientação prática**. São Paulo: American Med., 1996.

CAETANO-CHANG, M.R.; WU, F.T. **As formações Pirambóia e Botucatu no Estado de São Paulo**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 4, 1995, São Pedro. Anais...Boletim Resumos, São Pedro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1995, p. 64-72.

CAMPOS, H.C.N.S. **Modelación conceptual y matemática Del Acuífero Guarani**, Cono Sur. Mapa Hidrogeológico do Aqüífero Guarani. Acta Geológica Leopoldensia, 23 (4): 3-50. 1999.

CANGUSSU, M. C. T. et al. **A fluorose dentária no Brasil: uma revisão crítica**. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 18. p. 7-15, Jan-Fev. 2002.

CARDOSO, L.; MORITA, M. C.; LICHT, O. A. B.; ALVES, J. C. **Anomalia hidrogeoquímica e a ocorrência de fluorose dentária em Itambaracá – PR**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA, 8., 2001, Curitiba: SIMPÓSIO DE GEOQUIMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., 2001, Curitiba. Anais... Curitiba: SBG, 2001. CD-ROM.

CARVALHO, R. W. F. et al. **Estudo da prevalência de fluorose dentária em Aracaju**. Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 15, supl.1, p. 1875-1880, jun. 2010

CDC – CENTERS OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION. U. S. Department of Health and Human Services, Atlanta. **Preventing lead poisoning in young children**. 1991. Disponível em: <<https://goo.gl/CH44SJ>>. Acesso em: 03/08/2018.

CECOL-USP. **Protocolo de Coleta e Análise da Amostra de Água – Projeto Vigifluor**. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://goo.gl/9q3CDg>. Acesso em 01 ago. 2018.

CELLIGOI, A. **Recursos hídricos subterrâneos da formação Serra Geral na cidade de Londrina – PR**. 1993. Dissertação (Mestrado em Geociências (Recursos Minerais e Hidrogeologia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Províncias hidrogeológicas do Brasil**. 2009.

CORTECCI, Gianni. **Geologia e saúde**. Tradução de Wilson Scarpelli. 2004

Disponível em: <<https://goo.gl/6mxLff>>. Acessado em 29/12/2019

CPRM. **Noções básicas sobre poços tubulares**. Cartilha informativa: Serviço Geológico do Brasil, 1998.

CUNHA, F. G. et al. **Diagnóstico Ambiental e de Saúde Humana: Contaminação por Chumbo em Adrianópolis, no Estado do Paraná, Brasil**. In: SILVA, C. R. et al. *Geologia Médica no Brasil, efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente*. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico Brasileiro, p.97-103, 2006.

CURY, J. A. **Flúor dos 8 aos 80?** In BOTINNO, M. A.; FELLER, C. (Org.). *Atualização na clínica odontológica*. São Paulo: Artes Médicas, 1992. p. 375-382

CZERESNIA, D.; RIBEIRO, A. M. **O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica**. *Caderno de Saúde Pública*. Rio de Janeiro, 16(3):595-617, jul-set, 2000.

DEAN, H. T. **The Investigation of physiological effects by the epidemiological method**. In: MOULTON, F.R. (Org.). *Fluorine and dental health*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 1942.p.23-31.

DISSANAYAKE, C. B.; CHANDRAJITH, R. **Introduction to medical geology: focus on tropical environments**. Berlin; New York: Springer, 2009.

DISSANAYAKE, J. **Fluorine in the Natural Environment**. *Journal of Fluorine Chemistry*, 41: 1-8, 1998. In: MARIMON, M. P. C. *O flúor nas águas subterrâneas da formação Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, RS, Brasil*. 2006. Tese (Doutorado em Geociências). Departamento de Geoquímica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

DUTRA, D. A. **Geografia da Saúde no Brasil: arcabouço teórico epistemológico, temáticas e desafios**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

EIDELWEIN, C. **Panorama, benefícios e controvérsias da fluoretação das águas de abastecimento público no Brasil e no mundo: uma revisão da literatura**. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em saúde pública). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

\_\_\_\_\_. **Mapa simplificado de solos do Estado do Paraná: legenda autorizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas; Embrapa Solos; Laboratório de Monitoramento Ambiental; Universidade Federal do Paraná; Instituto Agrônômico do Paraná. 2012.

EMMERICH, A.; FREIRE, A. D. S. **Flúor e saúde coletiva**. Vitória: EDUFES. 2003.

FEJERSKOV, O. et al. **Fluorose dentária: um manual para profissionais de saúde**. São Paulo: Editora Santos, 1994.

FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento.** 1.ed. – São Paulo: Editora Unesp, 2014.

FERREIRA, M. U. **Epidemiologia e geografia: o complexo patogênico de Max**

Sorre. Cad. de Saúde Pública, vol. 7, nº 3, 1991. pp. 297-300.

FIGUEIREDO, B. R. **Minérios e ambiente.** Campinas: Editora UNICAMP, 2000.

FRAZÃO, P.; NARVAI, P. C. **Cobertura e vigilância da fluoretação da água no Brasil: municípios com mais de 50 mil habitantes / organizadores Paulo Frazão e Paulo Capel Narvai.** - São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2017. 202 p.

FREEZE, A. R.; CHERRY, J.A. **Groundwater.** Englewood Cliffs, NY: Prentice Hall, 1994

FUNASA. **Manual de fluoretação da água para consumo humano.** Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa; 2012.

GARBIN, C. A. S. et al. **Fluoretação da água de abastecimento público: abordagem bioética, legal e política.** Revista bioét. (Impr.). 2017; 25 (2): 328-37.

GOLONO DE DEUS, A. **Análise da distribuição espacial dos concentrados de Flúor nas bacias hidrográficas do nordeste paranaense: Relações com a saúde coletiva.** Dissertação (Dissertação em Geografia) - UNIVESIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. Londrina, 2016.

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico.** Rio de Janeiro: IBGE, 1969.

GUIMARÃES, R. B. **Saúde pública e política urbana: memória e imaginário social.** Tese de Doutorado – Universidade Federal de São Paulo, FFLCH/PPGG. São Paulo. USP/FFLCH/PPGG, 2000.

\_\_\_\_\_. **Geografa e saúde sem fronteiras / Raul Borges Guimarães, Jorge Amancio Pickenhayn, Samuel do Carmo Lima.** - Uberlândia (MG): Assis Editora, 2014. 160 p

GÜNTHER, W. M. R. Área contaminada por disposição inadequada de resíduos industriais de galvanoplastia. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 2655-2664. 1999.

HIRATA, R. **Recursos hídricos.** In: TEIXEIRA, W. et al. Decifrando a Terra, Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Referências ambientais e socioeconômicas para o uso do território do Estado do Paraná: uma contribuição ao zoneamento ecológico-econômico – ZEE / Instituto**

Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. – Curitiba: IPARDES, 2006. 160 p.

JACOMINE, Paulo. K. T. **A nova classificação brasileira de solos**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica. Recife: v.5 e 6, p.161-179, 2008-2009.

JUNQUEIRA, R. D. **Geografia Médica e Geografia da Saúde**. Hygeia Revista

Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 5, n. 8, p. 1-10, jun. 2009.

KARMANN, I. **Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica**. In: TEIXEIRA, W. et al. Decifrando a Terra, Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

KEARNS, R. A.; MOON, G. **From medical to health geography: novelty, place and theory after a decade of change**. Progress in Human Geography, 26(5), 605-625, 2002.

KIMMELMANN, A.A.; REBOUÇAS, A.C.; SANTIAGO, M.M.F.; SILVA, R.B.G. **Isotopic study of the Botucatu aquifer system in the brazilian portion of the Paraná basin**. Regional Seminar for Latin America on the Use of Isotope Techniques in Hydrology - IAEA, Mexico. Abstracts: 1989. 51-71.

KLAASSEN, C.; WATKINS, B.J. **Fundamentos em Toxicologia de Casarett e**

**Doull**. 2ª ed, Porto l'Union Française pour la Santé Bucco-Dentaire. Paris: UFSBD. 2012.

KLEIN H & PALMER. **Dental caries in american indian children**. Public Health Bulletin, 239. Washington, GPO. CE 1937

KNOX, E. G. **Fluoridation of water and cancer: A Review of the Epidemiological Evidence**, Londres: Majesty's Stationery Office, 1985.

KOMATINA, M. M. **Medical Geology: effects of geological environments on human health**. Amsterdam: Elsevier, 2004

KOZLOWSKI, F. C.; PEREIRA, A. C. **Métodos de utilização do flúor sistêmico**. In: PEREIRA, A. C. (Org.). Odontologias em Saúde Coletiva: planejando ações e promovendo saúde. Porto Alegre: Artmed, 2003. p. 265- 74.

LACAZ, C. S.; BARUZZI, R. G.; SIQUIRA, JR. W. **Introdução à Geografia Médica no Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1972.

LEMOS, J. C.; LIMA, S. do C. **A geografia médica e as doenças infecto-parasitárias**. Caminhos da Geografia, UFU, 3(6), jun, 2002.

LICHT, O. B. **Prospecção Geoquímica: Princípios, técnicas e métodos.** CPRM, 1983.

\_\_\_\_\_. **A Geoquímica multielementar na gestão ambiental:** identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná, Brasil. Curitiba, 2001. 236 p. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) -Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

LICHT, O. A. B.; ATHAYDE, G. B.; ATHAYDE, C. V. M.; ALLAN, G.; ROMULO, S. A. **Basaltos HTI-HP e os altos teores de fluoreto em bacias hidrográficas do terceiro planalto e no sistema aquífero Serra geral, estado do Paraná, Brasil.** In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 9., 2015, Florianópolis. Anais...Florianópolis: 2015.

LIMA, J. E. O. **Cárie dentária:** um novo conceito. Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial Maringá, v. 12, n. 6, p. 119-130, nov. /dez. 2007.

MAACK, R. **Geografia Física do Paraná.** 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MARCELLIN, R. C.; FERREIRA, F. J. F. **Conectividade e compartimentação dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani no sudoeste do Estado do Paraná, Brasil.** Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 39, n. 3, setembro, 2009.

MARIMON, M. P. C. **O flúor nas águas subterrâneas da formação Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, RS, Brasil.** 2006. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARTINS, R. A. **Contágio – História da prevenção das doenças transmissíveis.** São Paulo: Moderna, 1997.

MEADE, S. M. (org). et al. **Medicalg.** Nova York, The Guilford Press.1988.

MENDONÇA, F. **A tipologia climática:** gênese, características e tendências. In:

STIPP, N.A.F. Macrozoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio

Tibagi. Londrina: EDUEL, 2000.

MENDOZA, J. G. et al. **Los radicalismos geográficos** In: El pensamiento geográfico: estudio interpretativo y antología de textos (De Humboldt a las tendencias radicales ). Madrid: Alianza Editorial, p.134-154, 1982.

MENEGHEL, S. N. **Saúde pública – um processo em construção.** Revista On-line do IHU. São Leopoldo, edição 233, 27 de agosto de 2007. Acesso em: 12/01/2019.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, mai/nov. 2007, p. 266-287.

MINERAIS DO PARANÁ S.A – MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Paraná**. Curitiba: Mineropar 2006.

MINERAIS DO PARANÁ S.A – MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba, 125 p; 2001.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 635 de 26 de dezembro de 1975. **Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água de sistemas públicos de abastecimento**. Diário Oficial União. 30 jan. 1976. Disponível em: <https://goo.gl/LLv83S>. Acesso em: 01 ago. 2018.

MONTEIRO, A. C.; MIRANDA, H. R. A. **O flúor e outros vilões da humanidade**. Itapetininga: Via Sette Editorial, 2003.

MORITA, M. C. **Utilização de dados geoquímicos na identificação de áreas de fluorose endêmica**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ODONTOLOGIA, 18, 1998: São Paulo. Anais... São Paulo: 1998.

MULLEN, J. **History of water fluoridation**. British Dental Journal, v. 199, n. 7, p. 1-4, dez. 2005.

NANNI, A. S. **O flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico**. 2008. Tese (Doutorado em Geociências). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

NARVAI, P. C. **Cárie dentária e flúor: uma relação do século XX**. Ciência & Saúde Coletiva, 5(2):381-392, 2000.

NASCIMENTO, R. E. **O consumo de água subterrânea do aquífero Serra Geral na porção norte da 19ª Regional de Saúde de Jacarezinho (PR) e suas relações com a hidrogeoquímica e saúde coletiva**. Dissertação (Dissertação em Geografia) - UNIVESIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. Londrina, 2015.

NOSSA, N. P. **Tendências e desafios da geografia da saúde**. In. Apresentações Realizadas no II Simpósio Nacional de Geografia da Saúde e I Encontro Luso-brasileiro de Geografia da Saúde. Rio de Janeiro, 28 a 30 de novembro de 2005

OMS. **Elementos traço na nutrição e saúde humanas**. Organização Mundial de Saúde; tradução Andréa Favano]. São Paulo: Roca, 1998. (Preparado em colaboração com a Organização de Alimentação e Agricultura das Nações Unidas [FAO] e Agência Internacional de Energia Atômica [IAEA]. Título original: Trace elements in human nutrition and health.)

PAIVA, S. M. et al. **Fluoride intake by Brazilian children from two communities with fluoridated water. Community Dentistry and Oral Epidemiology**, [S.l.], v. 31, n. 3, p. 184-191, 2003.

PESSOA, S. B. **Ensaio Médico-Sociais**. Rio de Janeiro: Livraria Editora Guanabara, koogan S.A., 1960.

PICCIRILLO E.M., COMIN-CHIARAMONTI, MELFI A.J., STOLFA D., BELLINI G., MARQUES L.S., GIARETTA A., NARDY A.J.R., PINESE J.P.P., Raposo M.I.B., ROISENBERG A. **Petrichemistry of Continental Flood Basalt-Rhyolite Suites and Related Intrusives from the Paraná Basin (Brazil)**. In: E.M. Piccirillo & A.J. Melfi (eds.) *The Mesozoic Flood Volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and Geophysical Aspects*. São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico – Universidade de São Paulo. p. 107-156. 1988.

PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. - **The Mesozoic Flood Volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and and Geophysical Aspects**, E.M. Piccirillo & A.J. Melfi Editors, IAG-USP, São Paulo, Brazil, 600pp. 1988.

PINESE, J.P.P.; STIPP, N.A.F.; OLIVEIRA, J. **A geologia e os recursos minerais no curso inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi-PR**. In: STIPP, N.A.F. (org.). *Sociedade, Natureza e Meio Ambiente no Norte do Paraná: A porção inferior da Bacia Hidrográfica do rio Tibagi – PR*. Londrina: UEL, 2000.

PINESE, J. P. P. **Síntese Geológica da Bacia do Rio Tibagi**. In: Moacyr E. Medri; Edmilson Bianchini; Oscar A. Shibatta; José A. Pimenta. (Org.). *A Bacia do Rio Tibagi*. 1ed. Londrina-PR: MC Gráfica Editora, 2002, v. 1, p. 21-38.

PINESE, J. P. P.; ROSS, A.; ALVES, J. C. Risco à saúde bucal evidenciada pela hidrogeoquímica do flúor em águas superficiais e subterrâneas de Londrina, Paraná, Brasil. In: *IV International Congress on Risks, 2017, Coimbra. Abstracts IV International Congress on Risks*. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 2017. v. 1. p. 399-399.

PINESE, J. P. P; GOLONO DE DEUS, A.; ALVES, J. C.; MORITA, M. C. . Análise da distribuição espacial dos teores de flúor nas bacias hidrográficas do Norte do Paraná, Brasil e riscos à saúde coletiva. In: *IV International Congress on Risks, 2017, Coimbra. Abstracts IV International Congress on Risks*. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 2017 b. v. 1. p. 353-353.

PINESE, J. P. P.; MARTINS Jr, J. C. G. **Riscos ambientais geogenéticos na utilização das águas subterrâneas para o consumo humano sem análise geoquímica prévia**. In: CARVALHO, Márcia Siqueira de (Org.). *Geografia, meio ambiente e saúde em Londrina*. Londrina: Edições Humanidades, 2005.

PINTO, V. G. **Saúde bucal coletiva**. 5 ed. São Paulo: Santos, 2008.

PIRES, E. O. **Geografia da saúde e geologia médica como instrumentos de planejamento e gestão em Saúde Ambiental: O caso das anomalias de flúor e da**

fluorose dentária em Itambaracá-PR. Dissertação (Dissertação em Geografia) - UNIVESIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. Londrina, 2008.

PITTER, P. **Forms of occurrence of fluorine in drinking water**. Water res. v. 19, n. 3, p. 281- 284, set. 1985.

QUAGGIO, C. S. GASTMANS, D.; KIRCHHEIM, R.; BATISTA, L. V. **Variações na composição das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral em território brasileiro e sua relação com anomalias hidrogeoquímicas**. Águas Subterrâneas, v. 32, n.3, p. 283-294, 2018.

RAMIRES, I.; BUZALAF, M. A. R. **A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária -- Cinquenta anos no Brasil**. Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 1057-1065, 2007.

REDDY, D. R. **Neurology of endemic skeletal fluorosis**. Neurol India, v. 57, n. 1, p.:7–12, jan. 2009.

RELPH, E. **Place and placelessness**. London: Pion, 1979.

RIBEIRO, H. **Saúde Pública e meio ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos**. Saúde e Sociedade, São Paulo, v. 13, n. 1, p.70-80, jan-abr. 2004.

ROJAS, L. I. **Geografia y salud. Entre historias, realidades y utopias**. In: Caderno Prudentino de Geografia. Associação dos geógrafos Brasileiros. Vol.1, n.1, Dezembro de 2003.

ROSA FILHO, E. F. et al. **Aquíferos do Estado do Paraná**. Curitiba: Edição do Autor, 2011.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: Editora Unesp, 2006.

ROSS, A. **Espaços de risco à saúde bucal por teores de Flúor em águas superficiais e subterrâneas em Londrina – PR**. (2008 - 2012). Dissertação (Dissertação em Geografia) - UNIVESIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. Londrina.

RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Tradução de Márcia Guekezian. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1994.

SANTOS, A. C. **Noções de hidroquímica**. In: FILHO, J. M.; FEITOSA, F. A. C. (ORG.). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, p.325-357. 1997.

SANTOS, H. H. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

SANTOS, F. O. **Geografia médica ou Geografia da saúde? Uma reflexão.** Caderno Prudentino de Geografia n.32, vol.1, p.41-51, jan/jun. 2010. Disponível em: <https://goo.gl/nc7Nn6>. Acesso em 22/01/2019.

SANTOS, M. **Por uma geografia nova:** da crítica da geografia a uma geografia crítica. São Paulo: Editora Hucitec, 1978.

\_\_\_\_\_. **A natureza do espaço – técnica e tempo, razão e emoção.** São Paulo: Editora Hucitec, 1996.

SCARPELI, W. **Introdução à geologia médica.** São Paulo: I FENAG. IG/USP, 2003.

SCLIAR, M. **História do conceito de saúde.** Physis: Rev. de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 17(1):29-41, 2007.

SELINUS, O. et al. **Medical Geology in Europe.** In: SELINUS, O. FINKELMAN, R. B.; CENTENO, A.(Orgs.). *Medical Geology: a regional synthesis.* Springer, New York, 2010. p. 259 -301.

SELINUS, O. **Geologia médica.** Trad. Fernanda Gonçalves da Cunha In: SILVA, C. R. et al. *Geologia Médica no Brasil, efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente.* Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico Brasileiro, p.1-5, 2006.

SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, **Revista Bacias Hidrográficas do Paraná – Série Histórica,** Curitiba, p.51-57, 2010.

SILVA et al. **Geologia médica no Brasil:** efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente / Cássio Roberto da Silva (Ed.) ... [et al.]. — Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. 220 p.

STIPP, N. F. **Principais tipos de solo da bacia do rio Tibagi.** In: MEDRI, Moacyr E. et al (Editores). *A Bacia do Rio Tibagi.* Londrina: 2002.

SUDERHSA. INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Outorgas Emitidas,** 2018. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-79.html>. Acesso em 19 ago. 2018.

TCHERNITCHIN, A. N. **Fluoruración del agua:** evaluación de las ventajas y riegos para la salud. Cuadernos Medico Sociales, v. 44, n. 2, p. 103-107, set. 2004.

TOBAR, F.; MONTIEL, L.; GAYA, R. M. E. **Modelos de equitativos de distribución de recursos sanitarios. Resultado parcial del proyecto de investigación. Propuestas para un modelo de Federalismo sanitario em Argentina.** Buenos Aires. 2001. Disponível em: <<https://goo.gl/p84RFT>> Acesso em 25/11/2019.

TOLEDO, M. C. M. et al. **Intemperismo e formação do solo**. In: TEIXEIRA, W. et al. Decifrando a Terra. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008. p. 139-166.

VELÁSQUEZ , L. N. M. et al. **Fluorose dentária e anomalias de flúor na água subterrânea no município de São Francisco, Minas Gerais, Brasil**. In: SILVA et al. **Geologia médica no Brasil**: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente / Cássio Roberto da Silva (Ed.) ... [et al.]. — Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. 220 p.

VIANA, T. R.; CELLIGOI, A. **Análise das reservas de águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral em Londrina**: recarga e consumo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. Anais... Florianópolis: REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **International Programme on Chemical Safety**. Environmental Health Criteria 165. Inorganic lead. Geneva, 1995. 300 p.

VIEGAS, A. R.; VIEGAS, I.; CASTELLANOS, R. A. **Fluoretação da água de abastecimento público**. Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas, São Paulo, v. 41, n. 4, p.2002-2004, mai. 1987.

VIEITES, R. G.; FREITAS; I. A. de. **PAVLOVSKY e SORRE**: Duas Importantes Contribuições à Geografia Médica. Ateliê Geográfico, Goiânia-GO, v. 1, n. 2, dez/2007, p.187-201.

ZIEGELBECKER, R. **A critical review on the fluorine cáries problem**. Fluoride. v. 3, n. 4, p. 71-79, nov. 1970.

## APÊNDICE

### VALORES DE TEMPERATURA, POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, TURBIDEZ, OXIGÊNIO DISSOLVIDO E ÍONS DE FLUORETO NOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA, MUNICÍPIOS ESTUDADOS NO NORDESTE PARANAENSE, NOVEMBRO DE 2018 (ORDENADOS POR NUMERAL)

Amostra	Nº	Lat (X)	Long (Y)	Município	Zona	Referência	Finalidade	T (°C)	pH	Cond.	Turbidez	Oxigênio dissolvido	Flúor
P104	P01	-50,6397	-23,1914	Cornélio Procópio	R	Soc. Rural de C. Procópio	Consumo humano	24.01	7.92	0.193	1.07	12.64	0,075
P105	P02	-50,5981	-23,1431	Cornélio Procópio	R	Chácara "Seu Zé"	Consumo humano	22.77	8.07	0.189	1.03	26.16	0,048
P106	P03	-50,6116	-23,2982	Cornélio Procópio	R	Faz. Sta Maria	Consumo humano	23.4	8.53	0.042	1	9.3	0,074
P107	P04	-50,5725	-23,4182	Nova Fátima	U	Caixa d'água municipal	Abastecimento Público	21.75	7.33	0.114	4.04	8.69	0,074
P108	P05	-50,5631	-23,4407	Nova Fátima	U	SAE	Abastecimento Público	23.59	6.2	0.117	1.73	8.74	0,077
P109	P06	-50,5523	-23,4419	Nova Fátima	U	SAE	Abastecimento Público	21.89	7.74	0.103	1.25	9.55	0,116
P110 A	P07	-50,3636	-23,4035	Ribeirão do Pinhal	U	SANEPAR	Abastecimento Público	22.29	8.72	0.146	35.2	25.62	0,359
P110 B	P08	-50,3636	-23,4035	Ribeirão do Pinhal	U	SANEPAR	Abastecimento Público	22.28	9.26	0.148	13.5	16.12	0,401
P111	P09	-50,371	-23,3913	Ribeirão do Pinhal	R	Sítio São José	Agrícola	21.73	8.95	0.096	0.95	22.6	0,147
P112	P10	-50,3612	-23,4106	Ribeirão do Pinhal	U	SANEPAR	Abastecimento Público	22.79	7.05	0.056	1.52	20.98	0,038
P113	P11	-50,3458	-23,503	Ribeirão do Pinhal	U	SANEPAR	Abastecimento Público	21.92	7.11	0.051	0.91	14.64	0,015
P114	P12	-50,2424	-23,3913	Jundiá do Sul	R	Chácara "Carlino Bigorna"	Consumo humano	22.37	5.32	0.055	1.45	9.26	0,041
P115	P13	-50,2494	-23,4358	Jundiá do Sul	U	SANEPAR	Abastecimento Público	22.97	6.3	0.065	1.35	9.2	0,931
P116	P14	-50,0294	-23,5331	Guapirama	R	Granja Zazula	Dessedentação Animal	23.43	8.88	0.895	1.71	21.05	1,009
P117	P15	-50,0278	-23,534	Guapirama	R	Sítio "Seu Hermínio"	Agrícola	22.14	8.78	0.189	7.03	9.57	0,081
P118	P16	-50,0486	-23,5222	Guapirama	R	Danilo Fujikawa	Agrícola	23.18	8.56	0.277	0.85	12.31	0,051
P119	P17	-49,973	-23,5042	Guapirama	R	Granja "Solange"	Dessedentação Animal	23.02	10.07	2.44	1.61	7.82	4,758
P12	P18	-50,7292	-23,2202	Cornélio Procópio	R	SANEPAR	Irrigação	23.95	7.4	0.304	8.15	50	1,498
P120	P19	-50,0527	-23,4225	Guapirama	R	Faz. "Seu José"	Agrícola	22.7	10.69	1.87	6.28	17.75	0,603
P121	P20	-50,0755	-23,2921	Santo Antônio da Platina	U	Hotel	Consumo humano	23.26	9.07	0.269	1.59	10.49	0,911
P122	P21	-50,1436	-23,4156	Santo Antônio da Platina	R	Sítio "Emê"	Uso geral	20.6	10.31	0.72	1.19	16.76	1,062
P123	P22	-50,11	-23,4327	Santo Antônio da Platina	R	Sítio "Emê"	Uso geral	21.9	8.01	0.775	1.53	13.07	0,308
P124	P23	-50,1134	-23,4334	Santo Antônio da Platina	R	Sítio "Emê"	Uso geral	21.47	8.98	0.709	1.47	13.95	0,152
P125	P24	-50,0225	-23,3614	Santo Antônio da Platina	R	Sítio "Alexandre"	Uso geral	21.78	8.93	0.779	1.39	13.28	0,685
P126	P25	-50,0165	-23,3541	Santo Antônio da Platina	R	Barracão	agrícola	23.18	9.21	0.554	0.74	6.77	1,550
P127	P26	-50,107	-23,2476	Santo Antônio da Platina	R	Chacara Sta. Edwiges	Uso geral	23.87	9.53	0.134	0.6	5.77	0,113

P128	P27	-50,0065	-23,2444	Santo Antônio da Platina	R	Faz. Nelore Beka	Uso geral	23.88	8.43	0.292	0.97	6.6	0,109
P129	P28	-49,9135	-23,0153	Jacarezinho	R	SEARA	Fábrica de alimentos	25.71	7.98	0.103	5.81	5.06	0,083
P130	P29	-49,9491	-23,1446	Jacarezinho	U	Posto de Gasolina	Consumo humano	27.73	8.46	0.22	1.49	5.01	1,044
P131	P30	-49,9706	-23,1596	Jacarezinho	U	Sta. Casa de Jacarezinho	Consumo humano	27.35	9.71	0.946	0.97	1.01	4,279
P132	P31	-49,9706	-23,1596	Jacarezinho	U	Sta. Casa de Jacarezinho	Consumo humano	29.71	8.58	0.309	0.98	0.97	0,583
P133	P32	-49,9111	-23,1594	Jacarezinho	R	SEARA	Fábrica de alimentos	27.15	7.38	0.188	0.95	4.01	0,098
P134	P33	-50,0937	-23,152	Jacarezinho	R	Chácara "Caio"	Uso geral	25.08	7.17	0.202	0.67	4.24	0,057
P135	P34	-50,0946	-23,1384	Jacarezinho	R	"Seu Geraldo"	Uso geral	27.15	8.58	0.946	0.95	0.97	0,108
P136	P35	-50,1007	-23,1168	Barra do Jacaré	R	Granja Palmeira	Uso geral	24.05	9	0.326	0.59	16.32	0,188
P137	P36	-50,1371	-23,1164	Barra do Jacaré	U	Vila da cidade	Abastecimento	23.58	12.21	0.297	3.71	20.29	0,312
P138	P37	-50,1077	-23,0622	Barra do Jacaré	R	Chácara "Daniele"	Uso geral	23.79	8.9	0.126	1.14	5.19	0,172
P139	P38	-50,1078	-23,0745	Barra do Jacaré	R	Chácara "Fabrício"	Uso geral	24.49	8.52	0.273	1.4	5.91	0,103
P140	P39	-50,1968	-23,1315	Barra do Jacaré	U	Poço da vila	Consumo humano	25.34	8.31	0.215	1.02	6.41	0,971
P141	P40	-50,1939	-23,0852	Barra do Jacaré	U	Residência	Uso geral	25.78	9.32	0.29	0.83	4.81	0,370
P142	P41	-50,2433	-23,0542	Andirá	U	Mecânica Guaqueamar	Uso geral	28.45	9.24	0.204	0.65	1.5	0,367
P143	P42	-50,2534	-22,9396	Andirá	R	Usina Energia CANOAS III	Consumo humano	27.26	9.37	0.123	0.88	1.11	0,221
P144 A	P43	-50,2677	-22,9684	Andirá	U	SANEPAR	Abastecimento	33.74	9.82	0.395	2.08	0.8	0,109
P144 B	P44	-50,2677	-22,9684	Andirá	U	SANEPAR	Abastecimento	33.75	9.83	0.396	2.09	0.9	0,101
P145	P45	-50,2604	-23,029	Andirá	U	Cooperativa Integrada	Consumo humano e industrial	27.26	9.37	0.238	0.72	1.29	1,768
P146	P46	-50,2134	-23,0242	Andirá	R	Sítio "Marco"	Uso geral	27.42	11.92	0.123	0.88	1.11	0,122
P147	P47	-50,2223	-23,0534	Andirá	U	SAMAE – poço Major	Abastecimento	33.65	8.04	0.322	0.96	0.83	0,132
P148	P48	-50,2223	-23,0534	Andirá	U	SAMAE	Abastecimento	34.04	10.36	0.333	1.22	0.81	0,282
P149	P49	-50,2223	-23,0534	Andirá	U	SAMAE – poço Ivaí	Abastecimento	34.41	9.87	0.384	1.9	0.76	0,298
P150	P50	-50,5051	-22,9561	Itambaracá	R	Chácara "Ademir Tostes"	Uso geral	27.83	10.42	0.335	0.37	4.9	0,349
P151	P51	-50,5155	-22,9515	Itambaracá	R	Condomínio	Consumo humano	25.71	9.57	0.283	0.11	5.01	0,274
P152	P52	-50,5253	-22,9658	Itambaracá	R	Chácara "Yochisugo Outuki"	Uso geral	28.3	10.21	0.308	0.43	5.05	2,243
P153	P53	-50,4808	-22,9722	Itambaracá	U	São Joaquim do Pontal "Pindura"	Abastecimento	28.69	9.92	0.286	1.52	4.02	1,479
P154	P54	-50,4076	-22,9201	Itambaracá	R	Chácara	Uso geral	25.71	9.57	0.308	0.37	5.01	0,058
P155	P55	-50,3767	-23,0769	Bandeirantes	R	Sítio Primavera	Uso geral	26.19	8.85	0.081	0.55	6.15	0,067
P156	P56	-50,5906	-22,9146	Bandeirantes	R	Sítio Primavera	Uso geral	27.81	8.89	0.168	0.94	4.48	0,095
P157	P57	-50,5738	-23,0385	Santa Mariana	R	Sítio "Seu Antônio"	Uso geral	23.5	8.81	0.422	1.23	10.4	0,095
P158	P58	-50,5823	-22,9504	Santa Mariana	R	Residência	Uso geral	22.88	8.78	0.488	0.67	24.46	0,239

P159	P59	-50,5738	-23,0385	Santa Mariana	U	SANEPAR	Abastecimento	23.12	9.24	0.227	0.59	24.06	0,782
P160	P60	-50,5205	-23,1433	Santa Mariana	U	Clube Itapoã	Lazer	24.53	9.93	0.251	0.66	18.06	1,201
P161	P61	-50,4865	-23,1746	Santa Mariana	U	SANEPAR	Abastecimento	23.58	9.5	0.353	0.69	30.16	0,789
P162	P62	-50,4766	-23,1252	Santa Mariana	R	Residência	Uso geral	23.79	9.37	0.295	2.08	9.98	0,075
P163	P63	-50,3814	-23,1415	Bandeirantes	R	Chácara "João Cravo filho"	Uso geral	23.36	10.36	0.263	0.89	16.89	3,980
P164	P64	-50,2957	-23,1769	Bandeirantes	R	Chácara "Pedro Pavinato"	Uso geral	23.08	10.69	0.239	2.18	9.18	0,175
P165	P65	-50,3414	-23,2872	Santa Amélia	R	Granja – Marcos	Dessedentação Animal	23.36	9.93	0.295	2.08	9.98	0,059
P166	P66	-50,4239	-23,2655	Santa Amélia	R	SANEPAR	Abastecimento	25.57	9.41	0.373	1.22	7.71	0,573
P167	P67	-50,212	-23,2485	Abatiá	R	Residência "Edson"	Uso geral	27.15	8.73	0.525	1.33	6.21	0,045
P168	P68	-50,2831	-23,2682	Abatiá	R	Granja – Valdeci	Dessedentação Animal	25.91	8.56	0.354	0.51	6.6	0,075
P169	P69	-50,3171	-23,298	Abatiá	R	Residência "Ibereide"	Uso geral	26.33	8.78	0.353	0.59	6.15	0,066
P170 A	P70	-50,2709	-23,3101	Abatiá	R	Residência – Elton (torneira)	Uso geral	27.57	8.72	0.303	1.33	5.47	0,100
P170 B	P71	-50,2709	-23,3101	Abatiá	R	Residência – Elton (bruta)	Uso geral	27.58	8.73	0.304	1.34	5.48	0,106
P171	P72	-50,373	-23,313	Abatiá	R	Faz. Abandonada	Desconhecido	27.59	8.74	0.305	1.35	5.49	0,101
P80	P73	-50,758	-23,1776	Cornélio Procópio	R	Chac. José Pedro filho	Uso geral	20.92	8.22	0.529	1.5	50	0,439

Temperatura (Celsius), Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade (mS/cm), Turbidez (NTU) e Oxigênio Dissolvido (mg/L)

**Fonte:** Org.: SANTOS, W. S., 2018. Coletas *in situ* pelo multiparâmetros HORIBA U-52 e posterior análise no CCE- UEL (Laboratório de Química Analítica da Universidade Estadual de Londrina), 2018.

**VALORES DE TEMPERATURA, POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, TURBIDEZ, OXIGÊNIO DISSOLVIDO E ÍONS DE FLUORETO NOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA, MUNICÍPIOS ESTUDADOS NO NORDESTE PARANAENSE, NOVEMBRO DE 2018 (ORDENADOS POR VALORES DE FLUORETO)**

Amostra	Nº	Lat (X)	Long (Y)	Município	Zona	Referência	Finalidade	T (°C)	pH	Cond.	Turbidez	Oxigênio dissolvido	Flúor
P113	P11	-50,3458	-23,503	Ribeirão do Pinhal	U	SANEPAR	Abastecimento Público	21.92	7.11	0.051	0.91	14.64	0,015
P112	P10	-50,3612	-23,4106	Ribeirão do Pinhal	U	SANEPAR	Abastecimento Público	22.79	7.05	0.056	1.52	20.98	0,038
P114	P12	-50,2424	-23,3913	Jundiaí do Sul	R	Chácara "Carlino Bigorna"	Consumo humano	22.37	5.32	0.055	1.45	9.26	0,041
P167	P67	-50,212	-23,2485	Abatiá	R	Residência "Edson"	Uso geral	27.15	8.73	0.525	1.33	6.21	0,045
P105	P02	-50,5981	-23,1431	Cornélio Procópio	R	Chácara "Seu Zé"	Consumo humano	22.77	8.07	0.189	1.03	26.16	0,048
P118	P16	-50,0486	-23,5222	Guapirama	R	Danilo Fujikawa	Agrícola	23.18	8.56	0.277	0.85	12.31	0,051
P134	P33	-50,0937	-23,152	Jacarezinho	R	Chácara "Caio"	Uso geral	25.08	7.17	0.202	0.67	4.24	0,057
P154	P54	-50,4076	-22,9201	Itambaracá	R	Chácara	Uso geral	25.71	9.57	0.308	0.37	5.01	0,058
P165	P65	-50,3414	-23,2872	Santa Amélia	R	Granja – Marcos	Dessedentação Animal	23.36	9.93	0.295	2.08	9.98	0,059
P169	P69	-50,3171	-23,298	Abatiá	R	Residência "Ibereide"	Uso geral	26.33	8.78	0.353	0.59	6.15	0,066
P155	P55	-50,3767	-23,0769	Bandeirantes	R	Sítio Primavera	Uso geral	26.19	8.85	0.081	0.55	6.15	0,067
P106	P03	-50,6116	-23,2982	Cornélio Procópio	R	Faz. Sta Maria	Consumo humano	23.4	8.53	0.042	1	9.3	0,074
P107	P04	-50,5725	-23,4182	Nova Fátima	U	Caixa d'água municipal	Abastecimento Público	21.75	7.33	0.114	4.04	8.69	0,074
P104	P01	-50,6397	-23,1914	Cornélio Procópio	R	Soc. Rural de C. Procópio	Consumo humano	24.01	7.92	0.193	1.07	12.64	0,075
P162	P62	-50,4766	-23,1252	Santa Mariana	R	Residência	Uso geral	23.79	9.37	0.295	2.08	9.98	0,075
P168	P68	-50,2831	-23,2682	Abatiá	R	Granja – Valdeci	Dessedentação Animal	25.91	8.56	0.354	0.51	6.6	0,075
P108	P05	-50,5631	-23,4407	Nova Fátima	U	SAE	Abastecimento Público	23.59	6.2	0.117	1.73	8.74	0,077
P117	P15	-50,0278	-23,534	Guapirama	R	Sítio "Seu Hermínio"	Agrícola	22.14	8.78	0.189	7.03	9.57	0,081
P129	P28	-49,9135	-23,0153	Jacarezinho	R	SEARA	Fábrica de alimentos	25.71	7.98	0.103	5.81	5.06	0,083
P156	P56	-50,5906	-22,9146	Bandeirantes	R	Sítio Primavera	Uso geral	27.81	8.89	0.168	0.94	4.48	0,095
P157	P57	-50,5738	-23,0385	Santa Mariana	R	Sítio "Seu Antônio"	Uso geral	23.5	8.81	0.422	1.23	10.4	0,095
P133	P32	-49,9111	-23,1594	Jacarezinho	R	SEARA	Fábrica de alimentos	27.15	7.38	0.188	0.95	4.01	0,098
P170 A	P70	-50,2709	-23,3101	Abatiá	R	Residência – Elton (torneira)	Uso geral	27.57	8.72	0.303	1.33	5.47	0,100
P144 B	P44	-50,2677	-22,9684	Andirá	U	SANEPAR	Abastecimento	33.75	9.83	0.396	2.09	0.9	0,101
P171	P72	-50,373	-23,313	Abatiá	R	Faz. Abandonada	Desconhecido	27.59	8.74	0.305	1.35	5.49	0,101
P139	P38	-50,1078	-23,0745	Barra do Jacaré	R	Chácara "Fabrício"	Uso geral	24.49	8.52	0.273	1.4	5.91	0,103
P170 B	P71	-50,2709	-23,3101	Abatiá	R	Residência – Elton (bruta)	Uso geral	27.58	8.73	0.304	1.34	5.48	0,106

P135	P34	-50,0946	-23,1384	Jacarezinho	R	"Seu Geraldo"	Uso geral	27.15	8.58	0.946	0.95	0.97	0,108
P128	P27	-50,0065	-23,2444	Santo Antônio da Platina	R	Faz. Nelore Beka	Uso geral	23.88	8.43	0.292	0.97	6.6	0,109
P144 A	P43	-50,2677	-22,9684	Andirá	U	SANEPAR	Abastecimento	33.74	9.82	0.395	2.08	0.8	0,109
P127	P26	-50,107	-23,2476	Santo Antônio da Platina	R	Chacara Sta. Edwiges	Uso geral	23.87	9.53	0.134	0.6	5.77	0,113
P109	P06	-50,5523	-23,4419	Nova Fátima	U	SAE	Abastecimento Público	21.89	7.74	0.103	1.25	9.55	0,116
P146	P46	-50,2134	-23,0242	Andirá	R	Sítio "Marco"	Uso geral	27.42	11.92	0.123	0.88	1.11	0,122
P147	P47	-50,2223	-23,0534	Andirá	U	SAMAE – poço Major	Abastecimento	33.65	8.04	0.322	0.96	0.83	0,132
P111	P09	-50,371	-23,3913	Ribeirão do Pinhal	R	Sítio São José	Agrícola	21.73	8.95	0.096	0.95	22.6	0,147
P124	P23	-50,1134	-23,4334	Santo Antônio da Platina	R	Sítio "Emê"	Uso geral	21.47	8.98	0.709	1.47	13.95	0,152
P138	P37	-50,1077	-23,0622	Barra do Jacaré	R	Chácara "Daniele"	Uso geral	23.79	8.9	0.126	1.14	5.19	0,172
P164	P64	-50,2957	-23,1769	Bandeirantes	R	Chácara "Pedro Pavinato"	Uso geral	23.08	10.69	0.239	2.18	9.18	0,175
P136	P35	-50,1007	-23,1168	Barra do Jacaré	R	Granja Palmeira	Uso geral	24.05	9	0.326	0.59	16.32	0,188
P143	P42	-50,2534	-22,9396	Andirá	R	Usina Energia CANOAS III	Consumo humano	27.26	9.37	0.123	0.88	1.11	0,221
P158	P58	-50,5823	-22,9504	Santa Mariana	R	Residência	Uso geral	22.88	8.78	0.488	0.67	24.46	0,239
P151	P51	-50,5155	-22,9515	Itambaracá	R	Condomínio	Consumo humano	25.71	9.57	0.283	0.11	5.01	0,274
P148	P48	-50,2223	-23,0534	Andirá	U	SAMAE	Abastecimento	34.04	10.36	0.333	1.22	0.81	0,282
P149	P49	-50,2223	-23,0534	Andirá	U	SAMAE – poço Ivaí	Abastecimento	34.41	9.87	0.384	1.9	0.76	0,298
P123	P22	-50,11	-23,4327	Santo Antônio da Platina	R	Sítio "Emê"	Uso geral	21.9	8.01	0.775	1.53	13.07	0,308
P137	P36	-50,1371	-23,1164	Barra do Jacaré	U	Vila da cidade	Abastecimento	23.58	12.21	0.297	3.71	20.29	0,312
P150	P50	-50,5051	-22,9561	Itambaracá	R	Chácara "Ademir Tostes"	Uso geral	27.83	10.42	0.335	0.37	4.9	0,349
P110 A	P07	-50,3636	-23,4035	Ribeirão do Pinhal	U	SANEPAR	Abastecimento Público	22.29	8.72	0.146	35.2	25.62	0,359
P142	P41	-50,2433	-23,0542	Andirá	U	Mecânica Guaquemar	Uso geral	28.45	9.24	0.204	0.65	1.5	0,367
P141	P40	-50,1939	-23,0852	Barra do Jacaré	U	Residência	Uso geral	25.78	9.32	0.29	0.83	4.81	0,370
P110 B	P08	-50,3636	-23,4035	Ribeirão do Pinhal	U	SANEPAR	Abastecimento Público	22.28	9.26	0.148	13.5	16.12	0,401
P80	P73	-50,758	-23,1776	Cornélio Procópio	R	Chac. José Pedro filho	Uso geral	20.92	8.22	0.529	1.5	50	0,439
P166	P66	-50,4239	-23,2655	Santa Amélia	R	SANEPAR	Abastecimento	25.57	9.41	0.373	1.22	7.71	0,573
P132	P31	-49,9706	-23,1596	Jacarezinho	U	Sta. Casa de Jacarezinho	Consumo humano	29.71	8.58	0.309	0.98	0.97	0,583
P120	P19	-50,0527	-23,4225	Guapirama	R	Faz. "Seu José"	Agrícola	22.7	10.69	1.87	6.28	17.75	0,603
P125	P24	-50,0225	-23,3614	Santo Antônio da Platina	R	Sítio "Alexandre"	Uso geral	21.78	8.93	0.779	1.39	13.28	0,685
P159	P59	-50,5738	-23,0385	Santa Mariana	U	SANEPAR	Abastecimento	23.12	9.24	0.227	0.59	24.06	0,782
P161	P61	-50,4865	-23,1746	Santa Mariana	U	SANEPAR	Abastecimento	23.58	9.5	0.353	0.69	30.16	0,789
P121	P20	-50,0755	-23,2921	Santo Antônio da Platina	U	Hotel	Consumo humano	23.26	9.07	0.269	1.59	10.49	0,911

P115	P13	-50,2494	-23,4358	Jundiaí do Sul	U	SANEPAR	Abastecimento Público	22.97	6.3	0.065	1.35	9.2	0,931
P140	P39	-50,1968	-23,1315	Barra do Jacaré	U	Poço da vila	Consumo humano	25.34	8.31	0.215	1.02	6.41	0,971
P116	P14	-50,0294	-23,5331	Guapirama	R	Granja Zazula	Dessedentação Animal	23.43	8.88	0.895	1.71	21.05	1,009
P130	P29	-49,9491	-23,1446	Jacarezinho	U	Posto de Gasolina	Consumo humano	27.73	8.46	0.22	1.49	5.01	1,044
P122	P21	-50,1436	-23,4156	Santo Antônio da Platina	R	Sítio "Emê"	Uso geral	20.6	10.31	0.72	1.19	16.76	1,062
P160	P60	-50,5205	-23,1433	Santa Mariana	U	Clube Itapoã	Lazer	24.53	9.93	0.251	0.66	18.06	1,201
P153	P53	-50,4808	-22,9722	Itambaracá	U	São Joaquim do Pontal "Pindura"	Abastecimento	28.69	9.92	0.286	1.52	4.02	1,479
P12	P18	-50,7292	-23,2202	Cornélio Procópio	R	SANEPAR	Irrigação	23.95	7.4	0.304	8.15	50	1,498
P126	P25	-50,0165	-23,3541	Santo Antônio da Platina	R	Barracão	agrícola	23.18	9.21	0.554	0.74	6.77	1,550
P145	P45	-50,2604	-23,029	Andirá	U	Cooperativa Integrada	Consumo humano e industrial	27.26	9.37	0.238	0.72	1.29	1,768
P152	P52	-50,5253	-22,9658	Itambaracá	R	Chácara "Yochitsugo Outuki"	Uso geral	28.3	10.21	0.308	0.43	5.05	2,243
P163	P63	-50,3814	-23,1415	Bandeirantes	R	Chácara "João Cravo filho"	Uso geral	23.36	10.36	0.263	0.89	16.89	3,980
P131	P30	-49,9706	-23,1596	Jacarezinho	U	Sta. Casa de Jacarezinho	Consumo humano	27.35	9.71	0.946	0.97	1.01	4,279
P119	P17	-49,973	-23,5042	Guapirama	R	Granja "Solange"	Dessedentação Animal	23.02	10.07	2.44	1.61	7.82	4,758

Temperatura (Celsius), Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade (mS/cm), Turbidez (NTU) e Oxigênio Dissolvido (mg/L)

**Fonte:** Org.: SANTOS, W. S., 2018. Coletas *in situ* pelo multiparâmetros HORIBA U-52 e posterior análise no CCE- UEL (Laboratório de Química Analítica da Universidade Estadual de Londrina), 2018.

## ANEXOS

### Anexo I

#### Lei nº 6.050 - de 24 de maio de 1975<sup>16</sup>

Dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento.

O Presidente da República

Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 10. Os projetos destinados à construção ou à ampliação de sistemas público de abastecimento de água, onde haja estação de tratamento, devem incluir previsões e planos relativos à fluoretação da água, de acordo com os requisitos e para os fins estabelecidos no regulamento desta Lei.

Parágrafo único. A regulamentação, de que trata este artigo, disciplinará a aplicação de fluoretação, tendo em vista, entre outras condições específicas, o teor natural de flúor já existente e a necessária viabilidade econômico-financeira da medida.

Art. 20 A captação de recursos para a aquisição do equipamento e dos produtos necessários à fluoretação poderá ser feita mediante financiamento concedido por estabelecimentos de crédito oficiais, de acordo com a exigências aplicáveis.

Art. 3o Esta Lei entrará em vigor no prazo de 120 (cento e vinte) dias após a sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Brasília, 24 de maio de 1974; 158.o da Independência e 86.o da República.

Ernesto Geisel  
Paulo de Almeida Machado

---

<sup>16</sup> Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-6050-24-maio-1974-357391-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em 08 ago. 2018.

## Anexo II

### Decreto nº 76.872, de 22 de dezembro de 1975<sup>17</sup>

Regulamenta a Lei nº 6.050, de 24 de maio de 1974, que dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso das atribuições que lhe confere o Artigo 81, Item III, da Constituição e tendo em vista o disposto na Lei nº 6.050, de 28 de maio de 1974,

DECRETA:

Artigo 1º Os projetos destinados à construção ou à ampliação de sistemas públicos de abastecimento de água deverão conter estudos sobre a necessidade de fluoretação de água para consumo humano.

Parágrafo Único - O disposto neste artigo se aplica inclusive aos sistemas que não possuam estação de tratamento nos quais deverão ser utilizados métodos e processos de fluoretação apropriados, observado o contido no Parágrafo 1º do Artigo 2º, deste Decreto.

Artigo 2º Fica o Ministério da Saúde nos termos da Alínea "b" do Item I do Artigo 1º da Lei nº 6.229, de 17 de julho de 1975, autorizado a estabelecer normas e padrões para a fluoretação de água, a serem observados em todo o território nacional.

§ 1º As normas a que se refere este artigo fixarão as condições de obrigatoriedade da fluoretação da água levando em consideração o teor natural de flúor já existente, a viabilidade técnica e econômica da medida e o respectivo quadro nosológico de tal da população.

§ 2º As normas e padrões a que se refere este artigo disporão sobre:

a) a concentração mínima recomendada e a máxima permitida de íon fluoreto a ser mantida na água dos sistemas públicos de abastecimento;

b) métodos de análise e procedimentos para determinação da concentração de íon fluoreto nas águas de consumo público;

c) tipo de equipamento e técnicas a serem utilizadas na fluoretação de água.

§ 3º As normas e padrões de que trata este artigo serão aprovados por Portaria do Ministro de Estado da Saúde.

Artigo 3º Compete aos órgãos responsáveis pelos sistemas públicos de abastecimento de água dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e dos Territórios, o projeto, instalação, operação e manutenção do sistema de fluoretação de que trata este regulamento.

Artigo 4º - Compete às Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e dos Territórios examinar e aprovar os planos e estudos Fundação Nacional de Saúde 70 de fluoretação contidos nos projetos a que se refere o Artigo 1º deste Decreto, dentro de suas respectivas áreas de jurisdição.

---

<sup>17</sup> Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-76872-22-dezembro-1975-425471-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em 08 ago. 2018.

Artigo 5º - O Ministério da Saúde, em ação conjugada com as Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes exercerá a fiscalização do exato cumprimento das normas estabelecidas neste decreto e nas demais complementares.

Artigo 6º - Os dirigentes dos órgãos responsáveis pelos sistemas públicos de abastecimento de água ficarão sujeitos às sanções administrativas cabíveis, de acordo com o regime jurídico a que estejam submetidos, pelo não cumprimento deste decreto e de suas normas complementares.

Artigo 7º - Os órgãos oficiais de crédito concederão facilidades para obtenção de financiamentos destinados à instalação dos sistemas de fluoretação da água.

Artigo 8º - O Ministério da Saúde em colaboração com órgãos oficiais de outros reconhecidos pelo Poder Público, promoverá as medidas necessárias à implementação do disposto neste decreto, inclusive a capacitação de recursos humanos visando a melhorar as condições de saúde dental da população.

Artigo 9º - Este Decreto entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Brasília 22 de dezembro de 1975; 154º da Independência e 87º da República.

Ernesto Geisel  
Paulo de Almeida Machado  
Maurício Rangel Reis

### Anexo III

**PORTARIA N.º 635/Bsb, de 26 de Dezembro de 1975<sup>18</sup>**

**D.O. de 30/01/76**

Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água,  
tendo em vista a Lei n.º 6050/74.

O Ministro de Estado da Saúde, no uso das atribuições que lhe confere o artigo do Decreto n.º 76.872, de 23 de dezembro de 1975, e tendo em vista o disposto na Lei n.º 6.050 de 24 de maio de 1974 [...].

X - Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação no Diário Oficial da União.

Paulo do Almeida Machado

[...]

III - Os sistemas públicos de abastecimento de água fluoretada deverão obedecer aos seguintes requisitos mínimos:

1. Abastecimento contínuo da água distribuída à população, em caráter regular e sem interrupção.
2. A água distribuída deve atender os padrões de potabilidade.
3. Sistemas de operação e manutenção adequados.
4. Sistema de controle rotineiro da qualidade da água distribuída.

IV - A concentração recomendada de íon fluoreto nas águas de abastecimento público é obtida pela seguinte fórmula:  $G = 22,2/E$  Onde  $E = 10,3 + 0,725 T$  T = média de Temperaturas máximas diárias observadas durante um período mínimo de 1 ano (recomendado 5 anos) em graus centígrados.

V - Os limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das Temperaturas máximas diárias são os indicados no Quadro I, que acompanha esta Portaria. [...]

#### QUADRO I

Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias.

Média das temperaturas máximas diárias do ar °C	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em mg/l		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 - 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 - 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 - 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 - 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 - 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 - 32,5	0,6	0,8	0,6

<sup>18</sup> Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/349893/>. Acesso em 07 jan. 2019.

## Anexo IV

### MINISTÉRIO DA SAÚDE

### PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5 DE 03 DE OUTUBRO DE 2017<sup>19</sup>

[...]

#### CAPÍTULO V

#### DO PADRÃO DE POTABILIDADE

(Origem: PRT MS/GM 2914/2011, CAPÍTULO V)

[...]

Art. 37. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e cianotoxinas, expressos nos Anexos 7 e 8 do Anexo XX e demais disposições deste Anexo. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 37)

§ 1º No caso de adição de flúor (fluoretação), os valores recomendados para concentração de íon fluoreto devem observar a Portaria nº 635/GM/MS de 26 de dezembro de 1975, não podendo ultrapassar o VMP expresso na Tabela do Anexo 7 do Anexo XX. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 37, § 1º)

[...]

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Anexo 7)

Parâmetro	CAS <sup>20</sup>	Unidade	VMP <sup>21</sup>
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5

<sup>19</sup> Disponível em: <https://goo.gl/m6FioE>. Acesso em 29 jan. 2019.

<sup>20</sup> CAS é o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo Chemical Abstract Service.

<sup>21</sup> Valor Máximo Permitido.