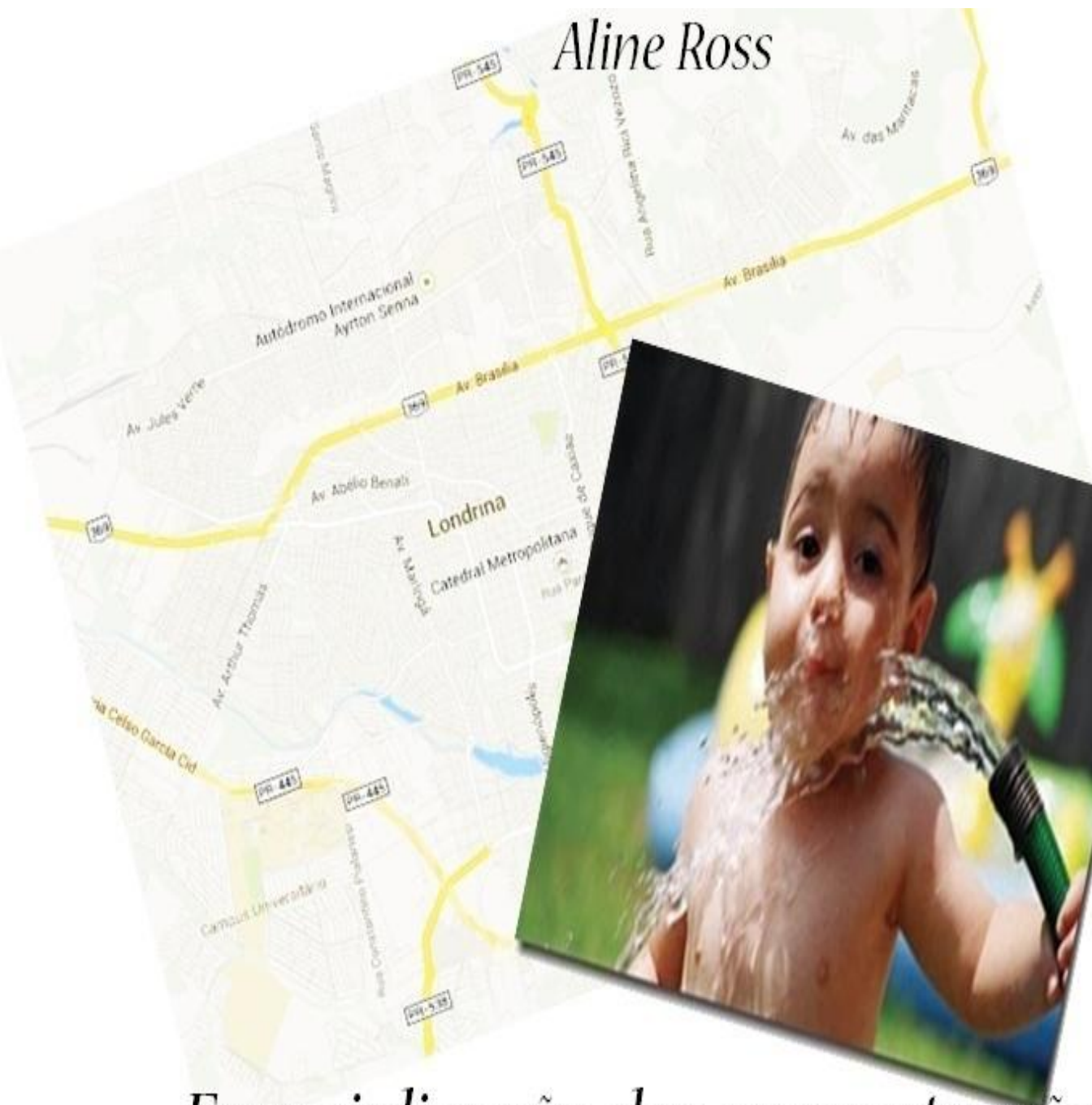


Aline Ross



*Espacialização das concentrações
de Flúor das águas subterrâneas do
Aquífero Serra Geral, município
de Londrina-PR (2011)*

Londrina
2013



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ALINE ROSS

ESPACIALIZAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO AQUÍFERO SERRA GERAL
DO MUNICÍPIO DE LONDRINA-PR

Londrina
2013

ALINE ROSS

ESPACIALIZAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO AQUÍFERO SERRA GERAL
DO MUNICÍPIO DE LONDRINA-PR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Geociências da Universidade Estadual de
Londrina, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Peccinini
Pinese

Londrina
2013

ALINE ROSS

ESPACIALIZAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS DO AQUÍFERO SERA GERAL DO MUNICÍPIO DE
LONDRINA-PR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento Geociências
da Universidade Estadual de Londrina, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

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

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

Prof. Dr. Márcia Siqueira de Carvalho
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 09 de dezembro de 2013.

*Dedico este trabalho
que vem promulgar o fim de um início:*

*À Deus, que me deu o dom da vida.
À minha família, pelo apoio e dedicação.
Aos amigos, pelo companheirismo.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus, pela capacidade concedida, sem a qual não seria possível concluir o curso.

Ao orientador José Paulo Peccinini Pinese, pelos conhecimentos e orientações transmitidos.

Aos professores André Celligoi e Márcia Siqueira de Carvalho por terem aceito o convite para compor a banca.

À professora Jacinta do Departamento de Bioquímica e ao João C. Alves do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina, por aferir a quantidade de íons de fluoreto das amostras e prestar esclarecimentos a cerca dos mesmos.

Aos professores, que ao longo do curso contribuíram de forma significativa para minha formação profissional e social, com destaque à Roseli Lima que foi tutora dentro e fora do grupo PET.

Aos servidores da Universidade Estadual de Londrina, em especial à Edna, Regina e Isabel, da secretaria do curso de Geografia e do Centro de Ciências Exatas, respectivamente.

Aos companheiros de trabalho durante a graduação, Carlos Eduardo, Naibi, Carol, Leticia e Glauco que somaram diferentes concepções à construção da “minha” Geografia.

Aos “petianos”, que ao longo de três anos compartilharam conhecimentos, experiências, exemplos, encontros, viagens, bolachas, crises e risos.

Aos colegas da 358, pelas construtivas trocas de saber e incentivos, em especial ao Heitor e à Mariana.

À minha “chefinha” Lúcia por compreender as minhas necessidades e sempre dar um jeitinho, bem como às minhas “colegas” de trabalho, Débora e Jéssica, particularmente à Angélica Kelci por me ouvir de modo sempre cortês.

À minha mãe e ao meu irmão, meu porto seguro.

Ao Rafael, pelo indispensável amor, companheirismo e apoio às decisões da vida.

*“Esquecer como escavar a terra
e cuidar do solo
é esquecer a nós mesmos”
Mahatma Ghandi*

ROSS, Aline. **Geografia e Saúde**: Espacialização da concentração de flúor das águas subterrâneas do município de Londrina-PR. 2013. 66 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina. 2013.

RESUMO

No transcorrer de sua história a Geografia tem se debruçado sobre novos paradigmas ao buscar compreender e representar seu objeto. Visando interpretar o espaço pela óptica da saúde, a Geografia da Saúde através da compreensão integrada do meio enquanto espaço socialmente produzido, ou seja, da contextualização e sistematização de informações sociais e ambientais, configuradas em diferentes tempos e espaços, associadas ao surgimento e dispersão de determinadas doenças. A fluorose dentária e a fluorose óssea são doenças resultantes da ingestão de doses excessivas e por um prolongado tempo de íons de fluoreto. A ingestão de flúor está diretamente associada às águas superficiais e subterrâneas que representam o principal meio de consumo. A presença de flúor em subterrâneas pode estar relacionado à disposição natural do meio, ou seja, às características geoquímicas das rochas e ao excesso de adição de flúor pelo homem, processo conhecido por fluoretação. Nesse sentido, com subsídios em estudos hidrogeoquímicos e aplicação do geoprocessamento realizou-se a espacialização da concentração de flúor de águas subterrâneas de 79 poços, do Aquífero Serra Geral, localizados no município de Londrina-PR a fim de evidenciar se há padrões anômalos de concentração que exponha a população à riscos de saúde. Para efetuação do estudo fez-se necessário um breve diagnóstico geográfico da área de estudo, a coleta de amostras de águas em poços, a aplicação do método de potenciometria direta, a correlação com os índices permitidos para o consumo (0,7 mg/L) e o uso do *software Arcgis* e *Surfer* para o mapeamento das amostras e suas respectivas concentrações de flúor. A análise dos dados indicam a presença de concentração anômalas de flúor, entre 0,01 mg/L e 1,02 mg/L. Teores de flúor superiores aos limites permitidos para consumo pela Organização Mundial da Saúde (0,7 mg/L) foram encontrados em 10 poços (P.3 e P.23 0,713 mg/L, P.32 0,723 mg/L, P.24 0,731 mg/L, P.77 0,735 mg/L, P. 64 0,745 mg/L, P.57 0,805 mg/L, P.66 0,984 mg/L e P.55 1,012 mg/L), dos quais 2 (P.66 0,984 mg/L e P.55 1,012 mg/L) evidenciam possíveis agravos à saúde, a fluorose dental. Não obstante, a água utilizada para consumo em 69 poços apresentaram teores aquém do que se deve consumir para garantir os benefícios do flúor à saúde ($\leq 0,5$ mg/L).

Palavras-chave: Geografia da Saúde. Flúor. Hidrogeoquímica. Aquífero Serra Geral. Londrina.

ROSS, Aline. **Geography and Health: Geographical distribution of fluoride concentration in the groundwater of Londrina.** 2013. Número 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

In the course of its history, Geography has hunched about new paradigms trying to understand and represent its objectives. Aiming to interpret the space in the optical of health, Geography of Health emerges along the thematic studies of health through the integrated comprehension of the environment while the space socially produced, in other words, the contextualization and sistematization of social and environmental informations, configured in different times and spaces, associated with the emergence and dispersion of some diseases. Dental and skeletal fluorosis are diseases resulted of the ingestion of excessive doses and for a prolonged time of fluoride ions. The ingestion of fluoride directly associated to surface and groundwater that represent the primary means of consumption. The presence of fluoride in water from reservoirs underground can be related to the natural disposal in the environment, in other words, the geochemical characters of the rocks and the excessive addition of fluorides by man, process known as fluoridation. In this sense, based on hydrogeochemistry studies and the use of geoprocessing, in the present work were craved to realize the spatialization of the concentration of fluoride in groundwaters of eighty wells located in the county of Londrina-PR, aiming to evidenciate if there's anomalous patterns of concentration that can expose population to health risk. To achieve the goals of this study were needed some brief geographical diagnosis in the study area, the collect of water samples from wells, the application of the direct potentiometry method, the correlation with allowed indexes of consumption (0,7 mg/L) and the use of ArcGIS and Surfer softwares to realize the mapping of the samples and their respectives fluoride concentrations. The analysis of the data shows the presence of anomalous fluoride concentrations, between 0,01 mg/L and 1,02 mg/L. Fluoride levels upper than the permitted level established by OMS were detected in 10 wells (P.3 and P.23 0,713 mg/L; P.32 0,723 mg/L; P.24 0,731 mg/L; P.77 0,735 mg/L; P. 64 0,745 mg/L; P.57 0,805 mg/L; P.66 0,984 mg/L and P.55 1,012 mg/L), which 2 of them (P.66 0,984 mg/L and P.55 1,012 mg/L) shows possibles aggravations to health, the dental fluorosis. Notwithstanding, the water used to the consumption in 69 wells showed levels below the pattern of normal consumption to ensure the benefits of the fluoride to health ($\leq 0,5$ mg/L).

Key words: Geography of Health. Fluoride. Hydrogeochemistry. Serra Geral Aquifer. Londrina.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mortes por cólera em Londres (1832), por Augustus Petermann, 1852....	16
Figura 2 – Ocorrência de flúor em águas subterrâneas em várias partes do mundo baseado na literatura.....	24
Figura 3 – Níveis de manifestação da fluorose dentária	26
Figura 4 – Distribuição dos teores de flúor em águas fluviais	27
Figura 5 – Fluorose óssea, caso na Índia em que a média do teor de flúor é 9,5mg/L	28
Figura 6 – Tipos de aquíferos quanto à porosidade	30
Figura 7– Ciclo Hidrogeológico	31
Figura 8 – Localização da área de estudo.....	36
Figura 9 – Distribuição dos poços tubulares amostrados	46
Figura 10 – Teores de flúor dos poços tubulares amostrados.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Efeitos do flúor sobre a saúde humana	24
Quadro 2 – Resumo estatístico dos parâmetros químicos da água	31
Quadro 3 – Resumo Climatológico de Londrina (1976-2011)	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL	Estado de Alagoas
°C	Graus Celsius (medida de temperatura)
Ca	Cálcio
Cfa	Tipo Climático Subtropical Mesotérmico Úmido
DEPDE	Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente
DRM-RJ	Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro
E	Leste
F	Íon flúor
GPS	Global Positioning System
Há	Hectare
Kcal	Quilocaloria
Km	Quilômetro
M	Metros
mg/L	Miligramas por litro
Na	Sódio
NE	Nordeste
NW	Noroeste
OH ⁻	Hidroxila
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial hidrogênico da água
PPM	Partes por milhão
PR	Estado do Paraná
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SASG	Sistema Aquífero Serra Geral
SE	Sudeste
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SS	Secretaria da Saúde
SURHMA	Companhia Riograndense de Saneamento
SW	Sudoeste

UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
VMP	Valor máximo permitido
W	Oeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 DA GEOGRAFIA MÉDICA À GEOGRAFIA DA SAÚDE	14
2.2 GEOLOGIA MÉDICA	20
2.3 FLÚOR	21
2.3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FLÚOR	21
2.3.2 O FLÚOR EM AMBIENTES NATURAIS	21
2.3.3 O FLÚOR E A SAÚDE HUMANA	23
2.4 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	29
2.4.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, ELEMENTOS QUÍMICOS E SAÚDE	32
2.4.2 AQUÍFERO SERRA GERAL	33
2.4.3 ABASTECIMENTO	35
3. ÁREA DE ESTUDO	36
3.1 GEOLOGIA	36
3.2 GEOMORFOLOGIA	37
3.3 SOLOS	38
3.4 HIDROGRAFIA	39
3.5 CLIMA	39
3.6 VEGETAÇÃO	41
3.7 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E HISTÓRICOS	42
4 MATERIAS E MÉTODOS	44
5 FLÚOR EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CASO DE LONDRINA	46
CONSIDERAÇÕES	51
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICES	62

1 INTRODUÇÃO

Em decorrência do aumento populacional é cada vez maior a demanda por água potável, o que implica na crescente exploração de águas subterrâneas. Dessa forma, torna-se indispensável a realização de estudos acerca da sua qualidade, visto que essas águas podem apresentar anomalias nas concentrações de alguns elementos químicos, colocando em risco a saúde do homens e dos animais.

O flúor é um elemento químico altamente corrosivo da família dos halogênios, possui função bacteriostática, ou seja, inibe o desdobrimento dos açúcares e a conseqüente formação de ácidos que atuam sobre o esmalte dos dentes e auxilia no desenvolvimento saudável dos ossos. No entanto, quando ingerido em doses excessivas e por um longo período (de exposição) pode causar enfermidades, entre elas a fluorose dentária e fluorose óssea.

As águas superficiais e subterrâneas representam o mais importante meio de consumo de flúor, principalmente as águas subterrâneas que são de consumo direto e, em sua maioria, passam por um tratamento deficiente (GUIMARÃES, 2006). A presença de flúor em águas provenientes de reservatórios abaixo da superfície do solo pode estar relacionado à disposição natural do meio, ou seja, às características geoquímicas das rochas e ao excesso de adição de flúor pelo homem, processo conhecido por fluoretação.

O abastecimento de água do município de Londrina é suprido pelo sistema de captação superficial do rio Tibagi e dez poços profundos com águas provenientes do Aquífero Serra Geral, além de outros dois poços do Aquífero Guarani (LONDRINA, 2008). Cabe evidenciar que no Aquífero Serra Geral há o predomínio de rochas ígneas e vulcânicas, e que este comporta o maior número de poços perfurados, sendo então a principal fonte de abastecimento de água subterrânea para os municípios da região da Bacia Sedimentar do Paraná (BITTENCOURT et.al., 2003).

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo investigar a ocorrência do íon fluoreto em águas subterrâneas através de 79 amostras coletadas de poços tubulares distribuídos ao norte do município de Londrina, sobretudo na área urbana, tendo como ferramenta a hidrogeoquímica, no intuito de verificar se há concentrações anômalas que exponha algum risco de saúde à população.

Assim, ainda que de modo sucinto, ao longo do trabalho algumas discussões foram pertinentes para subsidiar a pesquisa. Inicialmente, abordou-se a Geografia Médica com as tradições hipocráticas, as relações entre ambiente físico e saúde e a construção da Geografia da Saúde como campo do conhecimento que estuda os processos de saúde e doença no espaço para nele poder intervir. O tópico 2.2 destaca a Geologia da Saúde como ramo da geologia que auxilia na identificação e comportamento geológico-químico de elementos que possam comprometer o equilíbrio geoquímico do meio. Posteriormente, se fez necessário apresentar as características físico-químicas do flúor, como ele se manifesta em ambientes naturais e qual a sua relação com a saúde humana, enquanto no tópico 2.4 se discute as águas subterrâneas com ênfase em seu desempenho no ambiente, em especial no ciclo hidrogeológico, e a afinidade da sua hidrogeoquímica com a saúde humana. O tópico 2.4.2 trata do Aquífero Serra Geral, suas feições hidrogeológicas e litologias, a análise físico-química de Rosa Filho (2011) e o abastecimento. No capítulo 3 é abordado as características socioeconômicas e ambientais do município de Londrina, no capítulo 4 os procedimentos e materiais necessários e, por fim, no capítulo 5 a discussão dos resultados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DA GEOGRAFIA MÉDICA À GEOGRAFIA DA SAÚDE

A Geografia caracteriza-se como uma ciência singular e horizontal, com a capacidade de correlacionar os elementos naturais e sociais. Essa sua particularidade lhe permite compreender o espaço e todas as suas interações, entre elas a do meio ambiente com a saúde humana.

Desde muito tempo, a Geografia tem dado suporte às ciências médicas e aos engenheiros sanitários que através do meio buscaram subsídios para interpretar as doenças em seu contexto de abrangência espacial a fim de identificar a causa, o tratamento e medidas preventivas.

Preocupações com os elementos naturais e a ocorrência de doenças em determinadas áreas geográficas surgiram ainda na antiguidade e foi tema de muitas reflexões por pesquisadores. Entre eles destaca-se Hipócrates, que fundamentado na concepção de Alcméon de que o corpo humano deveria ser compreendido a partir dos elementos e qualidades do ambiente, relaciona a influência do modo de vida da sociedade e os fatores ambientais.

Aquele que quiser compreender a medicina deve aprender tudo o que está escrito aqui. Primeiro, é preciso conhecer o efeito de cada estação do ano e as diferenças entre elas. Deve-se levar em conta os ventos frios ou quentes, comuns a qualquer país ou restritos a certas localidades. Finalmente, é preciso inteirar-se sobre as diferentes qualidades das águas, variações de gosto e efeitos no corpo humano...Da mesma maneira, é necessário observar como vivem as pessoas, do que elas gostam, o que comem e bebem, se fazem exercícios físicos ou se são preguiçosas e desleixadas com o corpo. Tudo isso o médico precisa saber, se quiser compreender as queixas dos pacientes e se colocar em uma posição em que a possa receitar o tratamento adequado. (MARGOTTA, 2008, p. 17-18).

Além de evidenciar a relação do modo de vida e do meio ambiente com a saúde Hipócrates, também, atentou-se para a necessidade de considerar a dimensão espacial, ou melhor, o local de ocorrência de determinadas moléstias para compreender a relação do organismo humano com o meio e os processos de saúde-doença.

Mais tarde, entre o século XVIII e XIX, durante a expansão colonial estudos foram direcionados aos interesses geopolíticos das potências coloniais que financiavam as pesquisas com o intuito de conhecer, conquistar e controlar os novos

territórios em áreas tropicais (MAZETTO, 2008, p. 18). Nessa perspectiva, a Geografia Médica, como ficou conhecida, teve seus estudos direcionados à relação e espacialização dos fenômenos físicos, endemias e epidemias.

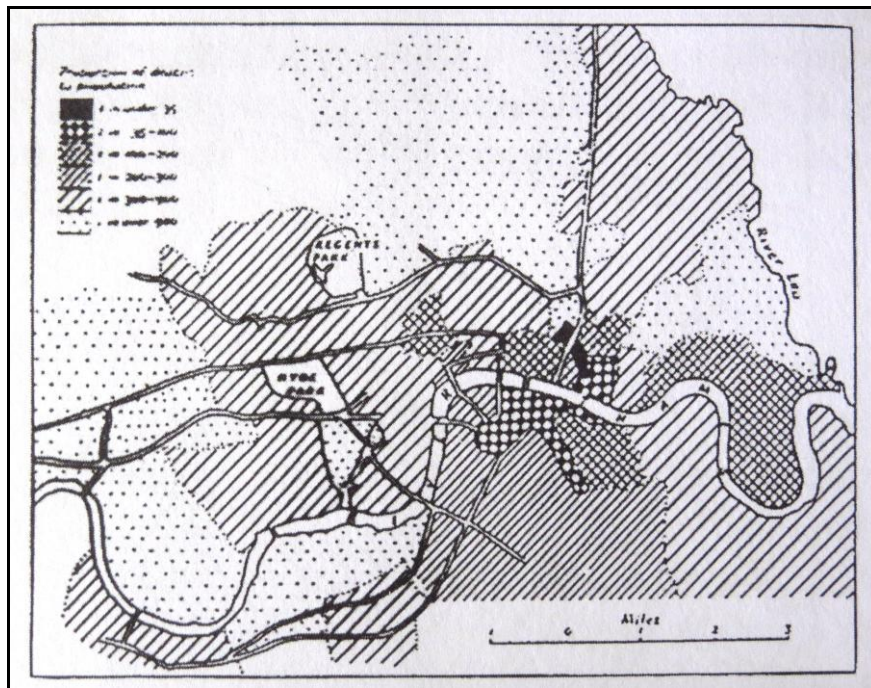
Parafaseando Lacaz, Baruzzi e Siqueira Junior (1972), Vieites e Freitas (2007) destacam que a Geografia Médica possuía cunho determinista, pois era carregada de preconceitos culturais, étnicos e ambientais nos estudos dos grupos populacionais e das áreas endêmicas, pois não consideravam outras variáveis determinantes para a ocorrência de uma doença específica ao passo que atribuíam-se à uma relação linear de causa-efeito entre as doenças e o meio físico.

Com a difusão de materiais cartográficos durante o século XIX, médicos e sanitaristas através da sistematização geográfica das doenças, da localização e movimento migratório das epidemias, buscavam confrontar as informações dos ambientes com o comportamento das doenças. Os ambientes urbanos tornaram-se os mais visados por esses profissionais, devido a presença de fatores e elementos preocupantes à saúde – aglomerações de pessoas, ausências de saneamento, habitações insalubres e exaustivas horas de trabalho –, sobretudo nos bairros mais carentes das cidades industriais da Grã-Bretanha, França e Estados Unidos (GUIMARÃES, 2001).

Nesse contexto, o cartógrafo alemão Augustus Petermann ao relacionar a distribuição de ocorrência dos óbitos por distritos urbanos em Londres (1832) tornou-se possível constatar que os maiores índices de mortes estavam associados aos bairros mais carentes (centro, zona leste e sul), habitados por operários de baixa renda em que as condições de vida os tornavam mais susceptíveis ao contágio de doenças infecciosas (MAZZETO, 2008) (Figura 1).

Nota-se assim, que já no século XIX a Geografia assumia grande importância junto ao planejamento e gestão da saúde pública através de sistematizações e representações cartográficas dos ambientes e da dispersão de doenças. Os estudos auxiliavam na identificação e busca de possíveis soluções às doenças que assolavam a população e direcionavam as obras de saneamento aos espaços mais degradados a fim de garantir a saúde coletiva.

Figura 1 – Mortes por cólera em Londres (1832), por Augustus Petermann, 1852



Fonte: GILBERT, 1958 apud MAZETTO, 2008.

Em consequência do desenvolvimento da microbiologia, da revolução bacteriológica nas últimas décadas do século XIX, as pesquisas de microrganismos patogênicos avançam e levam à “compreensão da ação dos micróbios dentro e fora do organismo humano e sua inserção no sistema biótico” (MAZETTO, p. 26, 2008), levando à concepção de que a prevenção e o tratamento das doenças se dariam a partir da identificação dos microrganismos patogênicos e seus meios de transmissão (LEMOS; LIMA, 2002). Logo, o argumento hipocrático é sobrepujado por terapias baseadas na microbiologia e a Geografia Médica se enfraquece.

No início do século XX, quando a teoria da unicausalidade cede espaço à teoria da multicausalidade, dois nomes se destacam na interface da ciência geográfica e epidemiológica com discussões teórico-conceituais e metodológicas que auxiliaram no ressurgimento das abordagens geográficas ligadas à temática da saúde. O médico patologista, Pavlovsky, com a *teoria dos Focos Naturais* e o geógrafo Max Sorre, através do *conceito de complexo patogênico* (DUTRA, 2011; VIEITES; FREITAS, 2007).

Em 1939, Pavlovsky a partir de abordagens ecológicas anteriores, pesquisas e experiências acadêmicas no Instituto de Zoologia da Academia de

Ciências da antiga União Soviética (1930-1965) elabora a *teoria do Foco Natural de Doenças Transmissíveis* tendo-se o espaço geográfico integrado aos estudos das doenças transmissíveis, relacionando o conhecimento geográfico à ecologia (VIEITES; FREITAS, 2007). Para este autor, o foco natural das doenças transmissíveis estaria intimamente ligado às condições específicas de uma paisagem geográfica (LEMOS; LIMA, 2002). Assim, a composição natural de determinado ambiente poderia promover a gênese de vetores específicos daquele foco natural, tornando a população suscetível à contração de doenças transmissíveis da localidade.

Inspirado nas leituras de La Blache, Demangeon, Jean Brunhes e De Martonne, o francês Maximilien Sorre aproxima a pesquisa geográfica da temática higienista com a finalidade de fornecer um estudo integrado, da geografia física e humana, à base teórico-conceitual da Geografia Médica (DUTRA, 2011; VIEITES; FREITAS, 2007).

De acordo com Guimarães (2001, p. 161), Sorre estimula

A necessidade de avaliar, na “história natural das doenças”, o maior ou menor ajustamento aos gêneros de vida, formulando e empregando o conceito dinâmico de complexo patogênico para esclarecer o perfil epidemiológico como resultado de condições específicas de vida em ambientes sociais, econômicos ou políticos.

Entende-se por *complexo patogênico* o conjunto de “agentes casuais, seus vetores, o meio ambiente e o próprio ser humano” (LEMOS; LIMA, 2002, p. 81), ou seja, o resultado da inter-relação de fatores físicos e sociais. O gênero de vida, os costumes e condições que determinada população tem com sua alimentação, vestuários e moradia explicariam o “perfil epidemiológico” de cada localidade (GUIMARÃES, 2001). Deste modo, Sorre destaca a importância de avaliar a ação humana na dinâmica do espaço, bem como a interação dos elementos sociais e físicos que tornariam o ambiente predisposto ao surgimento de determinadas doenças.

Portanto, Sorre vai além de Pavlovsky que concebeu o homem como hospedeiro ou vetor numa cadeia de doenças, pois não se limitou a interpretar o ambiente enquanto meio exterior ao homem, mas sim como agente e fruto resultante da transformação do ambiente. A proposta de Sorre trouxe novas concepções aos estudos entre o ambiente e saúde, a relação entre o meio ambiente e o homem.

Entretanto, Vieites e Freitas (2007) citam que ao regionalizar e nomear os complexos patogênicos de acordo com os possíveis impactos epidemiológicos, a exemplo do complexo malárico, se sujeita a ação antrópica a uma perspectiva ecológica, neutralizando o conceito de gênero de vida, ou melhor, a intenção e capacidade do homem em reunir esforços para modificar o ambiente. Por esse motivo, pontua-se que o complexo patogênico de Sorre “não é suficiente para explicar grande parte dos problemas de saúde pública na sociedade contemporânea” (VIEITES; FREITAS, p.198, 2007), uma vez que o espaço conjuntural encontra-se muito mais complexo e interligando necessitando de reformulações teóricas e metodológicas transdisciplinares.

Evidencia-se assim, que antes de haver uma relação mais estreita entre a ciência geográfica e a saúde, a Geografia Médica, hoje Geografia da Saúde, destacou-se nos estudos temáticos da saúde auxiliando na contextualização e sistematização de informações sociais e ambientais, configuradas em diferentes tempos e espaços, associadas ao surgimento e dispersão de determinadas doenças.

Por muito tempo a Geografia Médica teve seus estudos produzidos por médicos e para a medicina, na tentativa de explicar as doenças e terapias através do ambiente, com destaque às condições físicas. Assim, a Geografia Médica se dirigiu mais ao estudo da doença do que propriamente da saúde, pois suas questões estavam centralizadas na mortalidade e morbidade ao passo que a Geografia da Saúde volta-se mais ao estudo da doença e sua relação com a saúde (ANDRADE, 2008).

Embora a Geografia da Saúde ainda esteja ausente na ementa de cursos de Geografia, a sua estruturação e interpretações do espaço geográfico há muito tempo tem somado esforços aos saberes produzidos pelas ciências biomédicas e epidemiológicas na tentativa de compreender as doenças que assolaram a sociedade. Sua maior contribuição tem se direcionado ao planejamento e gestão da saúde coletiva, especialmente, a partir da consolidação do uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta para análise espacial dos eventos em saúde.

A Geografia da Saúde nos últimos anos tem apresentado diversas questões, principalmente em decorrência do fenômeno da urbanização. Como panorama dos novos temas abordados na Geografia da Saúde tem-se uma ampla

diversidade em produções nacionais e estrangeiras, entre elas: mobilidade e saúde (GATRELL, 2011; ROCHA et al., 2012; BOYLE; NORMAN, 2010); clima e saúde (SOBRAL, 1988; BARROS, 2006; SANT'ANNA NETO, 2012; MAURA; MENDONÇA; BONETTI, 2013); variabilidade climática e dengue (SCOPEL, 2008; ALEIXO; SANT'ANNA NETO, 2011; ELY, 2013); suicídios (BANDO; BARROZO, 2010); desigualdades sociais e homicídios (BARATA, 2000; CUBBIN; PICKLE; FINGERHUT, 2000); geoprocessamento e saúde (BARCELLOS, 1996), saúde ambiental (POULIOU; ELLIOTT, 2010; PEREIRA; ALVES, 2010) e elementos químicos e saúde (ROCHA, 2002; MARIMON, 2006; PIRES, 2008; BARBOSA, 2009; FRAZÃO; PERES; CURY, 2011).

Diante desse amplo campo, denota-se que para ampliar sua capacidade de compreensão a cerca do seu objeto mutável, o espaço, torna-se necessário à ciência geográfica repensar suas concepções teóricas, métodos, técnicas e conceitos, bem como congregar outros saberes, como na presente pesquisa em que fez-se uso da hidrogeoquímica.

Como já evidenciado, a Geografia da Saúde está vinculada a inúmeros objetos, elementos e relações o que remete à necessidade de interpretar o espaço, principalmente a partir da realidade socioeconômica da população, para então auxiliar na prevenção de doenças e não tê-lo apenas como resposta a certas patologias. Nesta direção Quartilho (2001, p. 62 apud SANTOS, 2010) diz que,

A doença não é apenas uma experiência física ou uma experiência psicológica, é também uma experiência social. O corpo doente não está fechado, escondido limitado pela pele. Do mesmo modo, o nosso ambiente físico, tal como a paisagem urbana, o local de trabalho, ou os alimentos, são influenciados pela cultura, estrutura social e relações interpessoais.

Desse modo, a atual Geografia da Saúde vai além da “antiga Geografia da Saúde”, a Geografia Médica, ao buscar compreender de forma integrada o meio enquanto espaço socialmente produzido que levou à enfermidade, ou seja, quais condições socioeconômicas e ambientais que estão por trás da enfermidade (SANTOS, 2010).

No intuito de contribuir para o perfil epidemiológico do município de Londrina, ou seja, de identificar a partir dos teores de flúor em águas subterrâneas destinadas ao consumo da população, este trabalho consiste em uma pesquisa de suporte aos próximos estudos de Geografia da Saúde, em que dados

epidemiológicos (fluorose dentária) serão incorporados à discussão e confrontados com a identificação das anomalias aqui destacadas.

Nesse sentido, acredita-se que o referente trabalho refere-se à Geografia da Saúde. Uma Geografia que busca, através de representações cartográficas, auxiliar no traçar do perfil epidemiológico e, por conseguinte no planejamento e gestão da saúde coletiva.

2.2 GEOLOGIA MÉDICA

Todo complexo biológico envolve a presença de elementos químicos, principalmente de carbono, oxigênio, nitrogênio e hidrogênio, que se compreendem em numa matriz de materiais dispersos na Terra, entre eles os minerais, as rochas, os solos, o ar e a água. Desse modo, qualquer anomalia envolvendo os processos e materiais geológicos interferem no desenvolvimento natural do ecossistema e dos seres vivos.

Assim, combinada à medicina a Geologia emerge como um ramo científico essencial para identificar e solucionar a distribuição dos elementos, com destaque aos metálicos e metaloides, seu comportamento geológico-químico, as contaminações naturais e artificiais que podem agredir a saúde de homens por excessos ou deficiências (SCARPELI, 2003).

A necessidade de haver equilíbrio geoquímico no meio ambiente torna-se visível quando se analisa a transferência de elementos presentes no solo à água e, por conseguinte aos animais e vegetais. O solo é resultado da interação de rochas com a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera, ou seja, produto do intemperismo (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2000, p. 140). Os componentes minerais que se desprenderam das rochas e passam a compor o solo são absorvidos pelos vegetais, e mais tarde por animais através da cadeia alimentar. Por meio de mecanismos naturais entre as rochas e a água, essa agrega algumas substâncias que em grande concentração contaminam as águas subterrâneas, sendo que as águas superficiais e subterrâneas representam o mais importante meio de conexão entre a geoquímica das rochas, o solo e a fisiologia humana (PIRES, 2005, p. 22).

Nesse âmbito, a Geologia tem como uma das suas principais atribuições os estudos direcionados à identificação e caracterização de anomalias geoquímicas que ameaçam a saúde e bem-estar da sociedade. Com aportes dessa ciência se tornou possível o desenvolvimento desse trabalho, uma vez que para

aferir se o flúor presente nas águas subterrâneas do Aquífero Guarani constitui-se em um fator de risco à saúde tornou-se indispensável agregar leituras acerca da litologia local.

2.3 FLÚOR

2.3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FLÚOR

O flúor é um elemento químico não-metálico presente na família dos halogênios, mas seu comportamento químico é distinto do restante do grupo, sendo o elemento mais leve com 18,998 de número de massa atômica, e o elemento com maior eletronegatividade química, formando íons em soluções. Dentre as suas características químicas, pode-se cita-se a mobilidade química modera entre os pH 5,0 e 8,5 (LUCAS, 1988 apud MARIMON, 2006).

Entre os halogênios, o flúor, é considerado o mais abundante na crosta terrestre o que proporciona sua abrangência em grande variedade dos materiais geológicos, em minerais como fluorita, micas, anfibólios, apatitas, certo tipos de argilas e a vermiculita (MINEROPAR, 2001; PANAGOULIAS e DA SILVA FILHO, 2006).

O flúor é um elemento altamente corrosivo, sobretudo quando em contato com substâncias orgânicas e inorgânicas. Na forma de elemento livre natural caracteriza-se fisicamente nas cores amarelo-claro, seu odor pungente, é detectável em concentrações de 20 ppb; o ponto de ebulição é 188,13°C e o de fusão - 219,61°C; a densidade no estado líquido é de 1,512 e a entalpia de dissociação é de 37, 7 Kcal (MARIMON, 2006).

2.3.2 O FLÚOR EM AMBIENTES NATURAIS

O flúor destaca-se como o décimo terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, sua abrangência se estende a diversos materiais geológicos e corpos hídricos, apresentando-se em diferentes concentrações que variam de um conjunto de fatores, tais como: temperatura, pH, presença ou não de complexos minerais, íons precipitados e colóides, solubilidade de minerais, capacidade de troca

iônica de minerais, a granulometria e o tipo da litologia e o tempo de residência das águas (APAMBIRE et al., 1997, apud PANAGOULIASE; FILHO, 2006).

A maior fonte de flúor natural são os minerais de flúor, como a fluorita que apresentam elevadas concentrações, frequentemente entre 0,1 e 1,5 mg/L em água, quando associadas a rochas graníticas. Sua ocorrência está vinculada aos processos ígneos dos minerais. Assim, é no processo de intemperismo dos minerais primários, que o flúor deixa de substituir o grupo hidroxila (OH-) passando sob à forma de íon fluoreto livre F (ANDREAZZINI et al., 2006; GUIMARÃES, 2006;).

Nesse sentido, as características mineralógicas dos materiais primários acabam por definir os teores de flúor em determinadas rochas. Os granitos apresentam os teores de flúor mais elevados (360-420 ppm), basaltos e gabros entre 360-420 ppm, calcários e arenitos não mineralizados mais baixo teor (180-260 ppm) e em folhelhos na média de 800 ppm (MINEROPAR 2001). Em águas subterrâneas de gnaisses e granitos presentes da Índia as concentrações de fluoreto encontradas foram na ordem de 3,5 mg/L de flúor (JACKS et al. 2005, apud NANNI, 2008).

Logo, com a ausência de estudos e tratamentos prévios o flúor é ingerido com a água e conseqüentemente tem-se a alta incidência de fluorose em países como na China, em que o abastecimento de água é feito através de poços condicionados por rochas magmáticas ricas em flúor (CORTECCI, 2012).

As águas superficiais e subterrâneas representam o mais importante meio de consumo de flúor, sendo vínculo entre a geoquímica das rochas e a fisiologia humana, sobretudo nos países em desenvolvimento em que o consumo de água se dá de forma direta (GUIMARÃES, 2006).

Conforme Nanni (2008), nas águas subterrâneas e superficiais o fluoreto, em geral, ocorre em baixas concentrações, mas o intemperismo das rochas e as contribuições das fontes antropogênicas – a agricultura com a aplicação de fertilizantes, a indústria de alumínio e de fertilizantes, entre outras – podem influenciar no aumento substancial das concentrações de fluoreto. As águas de fonte ou hidrotermais frequentemente apresentam elevadas concentrações de fluoreto.

Cabe ressaltar que a concentração de Ca, Na, hidroxilas e certos complexos iônicos podem alterar a taxa de dissolução da fluorita, normalmente na ordem de 8 a 10 mg/L. A quantidade de cálcio acima do necessário para a

solubilidade do F condiciona a uma dissolução negativa de flúor. Logo, a presença de Ca limita a concentração de flúor e se caracteriza como uma correlação negativa, enquanto a correlação F e Na é positiva, visto que as altas concentrações de sódio aumentam a solubilidade do fluoreto nas águas (PANAGOULIAS; SILVA FILHO, 2006).

Nesse âmbito, na água do mar a concentração média de flúor é de 1 a 1,3 mg/L. Em água doce de superfície essas concentrações são baixas, entre 0,01 mg/L e 0,3 mg/L (UNICEF, 2012). Em água subterrânea a concentração natural de flúor esta condicionada por vários fatores (características químicas, físicas e geológica do aquífero, a porosidade e a acidez do solo e rochas, a temperatura, a ação de outros elementos químicos e a profundidade das cavidades), podendo variar desde menos 1 a mais de 35 mg/L (UNICEF, 2012).

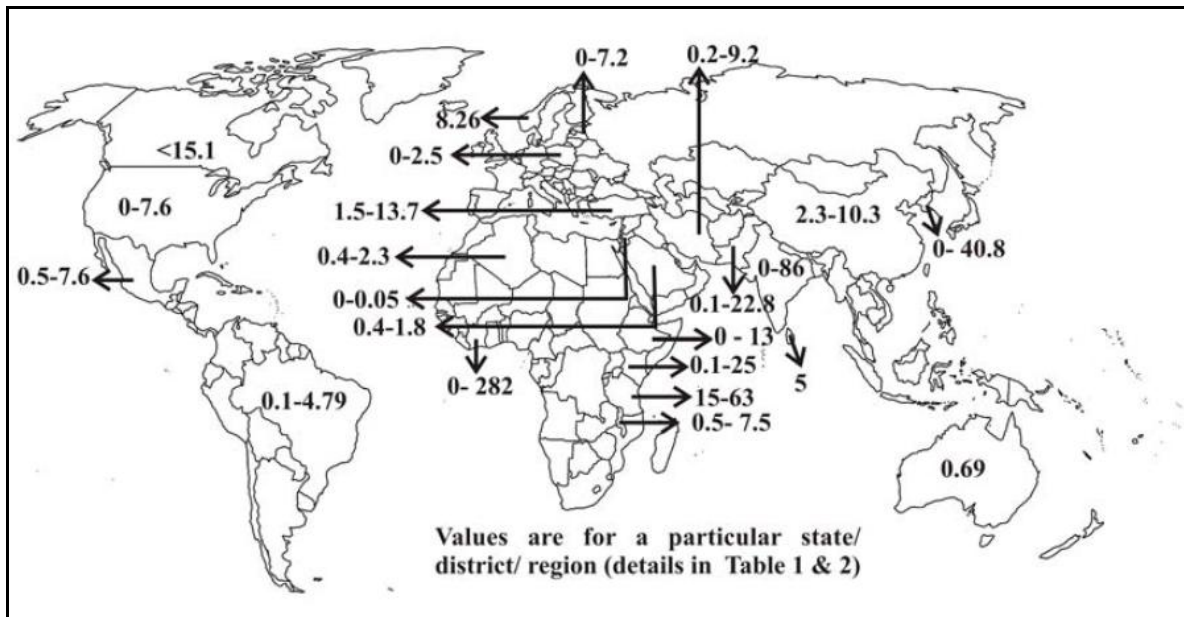
2.3.3 O FLÚOR E A SAÚDE HUMANA

Como já evidenciado, em decorrência do aumento populacional é cada vez maior a demanda por água, o que tem elevado os índices de exploração de águas subterrâneas em face da demanda e das razões econômicas e estratégicas. Logo, torna-se indispensável a realização de estudos a cerca das águas subterrâneas, visto que essas podem apresentar anomalias nas concentrações de alguns elementos químicos, entre eles o flúor, bem como a preservação e a classificação da qualidade d'água para consumo humano.

O flúor consiste em um elemento químico com função bacteriostática, inibidora do sistema enzimático das bactérias, ou seja, evita o desdobramento dos açúcares e a consequente formação de ácidos que atuam sobre o esmalte dos dentes, bem como auxilia no desenvolvimento saudável dos ossos. No entanto, quando ingerido em doses excessivas pode causar sintomatologias, fluorose óssea e fluorose dentária.

A OMS estima que mais de 260 milhões de pessoas em todo o mundo consomem água com concentração de flúor superior a 1mg/L (WHO, 1984 apud BRINDHA; ELANGO, 2011), sendo as águas subterrâneas ricas em flúor um problema potencial para sociedade humana (BRINDHA; ELANGO, 2011), sobretudo na Ásia Meridional e na África Oriental, como se observa na figura 2.

Figura 2 - Ocorrência de flúor em águas subterrâneas em várias partes do mundo baseado na literatura



Fonte: BRINDHA; ELANGO, 2011

Em muitos países como Israel, China, Índia e México o consumo de águas subterrâneas *in natura* com elevados teores de fluoreto tem assolado a população com a fluorose óssea (MARIMON, 2006).

Segundo Brindha e Elango (2011), o risco da fluorose pela alta concentração de flúor em águas subterrâneas é maior em países tropicais onde o consumo de água é mais elevado. No Brasil, algumas ocorrências de doenças relacionadas à degeneração dos ossos já tem sido associada ao consumo de águas subterrâneas em São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MARIMON, 2006).

Conforme exposto por Pires e Pinese (2002), o teor de flúor definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para países tropicais, em que o consumo de água tende a ser maior, é de 0,7 mg/L. No entanto, a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que o valor máximo permitido para consumo de fluoreto não deve ultrapassar 1,5 mg/L (BRASIL, 2011).

Scarpelli (2003) demonstra que o consumo em excesso de água com teores de flúor superiores a 1 mg/L podem causar fluorose dentária e acima de 4 mg/L a fluorose óssea, como disposto no Quadro 1.

Quadro 1 – Efeitos do flúor sobre a saúde humana.

Efeitos do íon de fluoreto dissolvido em água sobre a saúde humana	
Concentração em mg/L	Efeitos sobre a saúde
0,00	Limitação do crescimento
0,00 – 0,5	Não evita a cárie dental
0,5 - 0,7	Evita o enfraquecimento dos dentes, com efeitos benéficos sobre a saúde
0,8 - 4,0	Fluorose dental
4,0 - 10,0	Fluorose dental grave e fluorose esquelética
> 10,00	Fluorose deformante

Fonte: Adaptado de Scarpelli (2003, apud PIRES, 2008).

Considerando os riscos à saúde alguns Estados, como no Rio Grande do Sul e em São Paulo, o teor de flúor estipulado para consumo torna-se mais restritivo que a Legislação Federal. A Portaria nº 10/1999 do Rio Grande do Sul designa que a faixa de concentração de flúor em água para consumo seja entre 0,6 a 0,9 mg/L. Em São Paulo, a Resolução SS-4/2003 que determina os parâmetros de qualidade de água para consumo humano estabelece que o teor adequado de flúor está entre 0,6 a 0,8 mg/L.

As altas concentrações de flúor atingem severamente a mineralização do esmalte, durante o período de formação e calcificação dos dentes permanentes, dando origem às alterações nos ameloblastos, na homeostase do cálcio e na formação de cristais de apatita (PARREIRAS; SILVA; ZOCRATTO, 2009).

O aspecto clínico em nível mais suave (Figura 3-a e 3-b) de fluorose os dentes apresentam manchas esbranquiçadas em forma de linhas, seguindo as periquemáceas do esmalte; em grau moderado (Figura 3-c) os dentes passam a apresentar manchas amarelas e no severo (Figura 3-d) o defeito na estrutura do esmalte manifesta-se em manchas marrons e porosidades, onde os corantes são depositados durante a alimentação; o aspecto mais preocupante o severo em que há manchas opacas esbranquiçadas ou manchas de cor marrom com porosidade e desgastes excessivos nos dentes (PARREIRAS; SILVA; ZOCRATTO, 2009).

Figura 3 – Níveis de manifestação da fluorose dentária.



Fonte: FLUORIDEALERT.ORG, 2013.

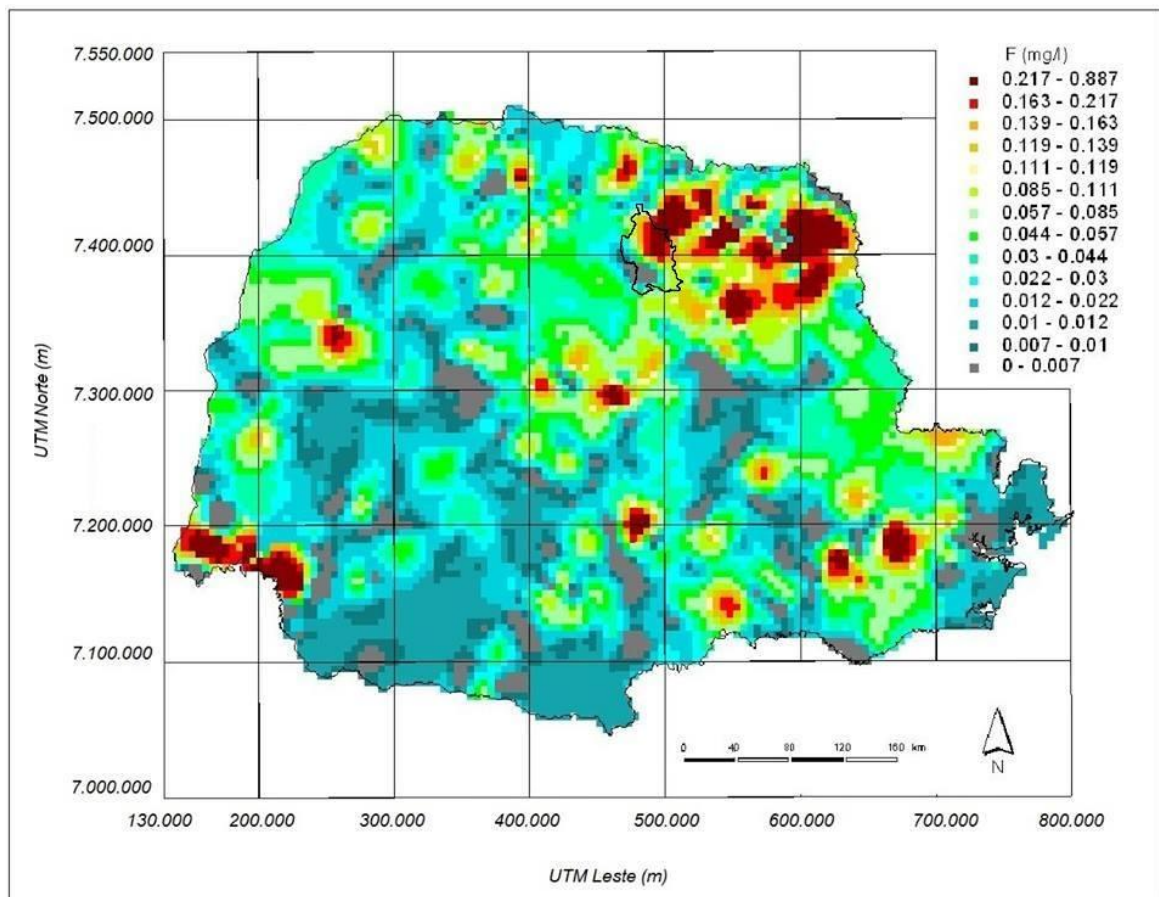
De maneira geral, as condições de manifestações da fluorose na população variam entre “suave” e “moderado”, podendo, principalmente em casos severos (Figura 4), comprometer a qualidade de vida dos indivíduos, pois provoca alterações nos aspectos funcionais físicos, mental, psicológico e estético (PARREIRAS; SILVA; ZOCRATTO, 2009; CANGUSSU et al., 2002).

O flúor e a ocorrência de fluorose dentária tem sido objeto de estudo por pesquisadores brasileiros na área de odontologia (KOZLOWAKI; KOZLOWAKI JÚNIOR, 2000; DITTERICH, 2006; CANGUSSU et al., 2002; PARREIRAS; SILVA; ZOCRATTO, 2009; CARVALHO, et al. 2010) com ênfase na ocorrência e nível de manifestação da fluorose dentária em crianças de idade escolar, na tentativa de identificar se essa configura-se como um problema a saúde pública; e na área de geociências (LICHT; MORITA, TARVAINEN, 1996; PINESE et al., 2002; DINIZ et al. 2006; ANDREAZZINI et al., 2006; PANAGOULIAS; SILVA FILHO, 2006; MARIMON, 2006; NANNI, 2008), com investigações hidrogeoquímicas de anomalias de fluoreto em águas subterrâneas e superficiais, correlacionando-as com a disposição de minerais ricos em flúor e fontes antrópicas, tendo como objetivo mapear a

distribuição e identificar as áreas críticas, susceptíveis a ocorrência da fluorose endêmica.

Estudos no Paraná já identificaram a correlação direta entre a geologia e a saúde humana no que se refere ao flúor e a fluorose dentária. Morita et al. (1998) e Pinese et al. (2002) ratificam que no município de Itambaracá a manifestação da fluorose dentária, sobretudo em crianças de 6 a 17 anos com fluorose grave, advém dos elevados teores de flúor presentes em águas fluviais e de abastecimento público.

Figura 4 - Distribuição dos teores de flúor em águas fluviais



Fonte: Mineropar, 2013./Org. a autora.

As maiores concentrações de flúor em águas fluviais ocorrem, como observa-se na figura 4, sobretudo na porção sudoeste, sudeste e Norte Pioneiro, onde se encontra Itambaracá com teores que chegam até 0,96 mg/L de F (MORITA et al. 1998). Já, Pires e Pinese (2002) obtiveram teores de até 1,79 mg/L de flúor em águas subterrâneas (poços tubulares) e superficiais (minas e poços “cacimba”) do

Aquífero Serra Geral, com maiores concentrações em águas subterrâneas. Em Londrina a concentração de flúor em águas fluviais apresenta-se heterogênea, com teores de 0 a 0,007mg/L até 0,887mg/L.

Figura 5 – Fluorose óssea, caso na Índia em que a média do teor de flúor é 9,5mg/L¹



Fonte: <http://www.apagemedia.com/gallery/category/80>

A fluorose esquelética é resultante do consumo prolongado de elevados teores de flúor. Além da ingestão de flúor através da água, a fluorose esquelética pode estar associada à alimentos, produtos odontológicos e ao uso interno de carvão como combustível (BRINDHA; ELANGO, 2011).

A fluorose óssea é uma doença degenerativa de difícil diagnóstico, facilmente confundida com artrite, e reconhecia apenas quando atinge uma fase avançada. Em estágios iniciais causa dores esporádicas nas articulações, costas, pescoço, fraqueza muscular e fadiga crônica; posteriormente com a manifestação avançando ocorre a calcificação dos ossos, osteoporose nos ossos longos, os ossos tornam-se mais densos e uma estrutura cristalina é desenvolvida; quando em grau avançado as dores tornam-se crônicas, ocorrem deformações permanentes como a ligeira calcificação dos ligamentos e a manifestação da hiperdensidade óssea, as

¹ Teotia M, et al. Endemic chronic fluoride toxicity and dietary calcium deficiency interaction syndromes of metabolic bone disease and deformities in India: year 2000. **Indian Journal Pediatr** (online), n.65, v.3, p. 371-81, 1998.

articulações ficam completamente fracas e movê-los torna-se difícil; em estágio final, as vertebrae da coluna vertebral se fundem e levam o paciente à invalidez (BRINDHA; ELANGO, 2011; GUIMARÃES, 2006).

Estima-se que 6 milhões de pessoas estão afetadas pela fluorose esquelética na Índia, onde 17 dos 32 estados foram identificados como áreas endêmicas, sobretudo na cidade Haryana, estado Bhiwani, em que os teores de flúor chegam a 86 mg/L e em Nalgonda a 20 mg/L. (BRINDHA; ELANGO, 2011).

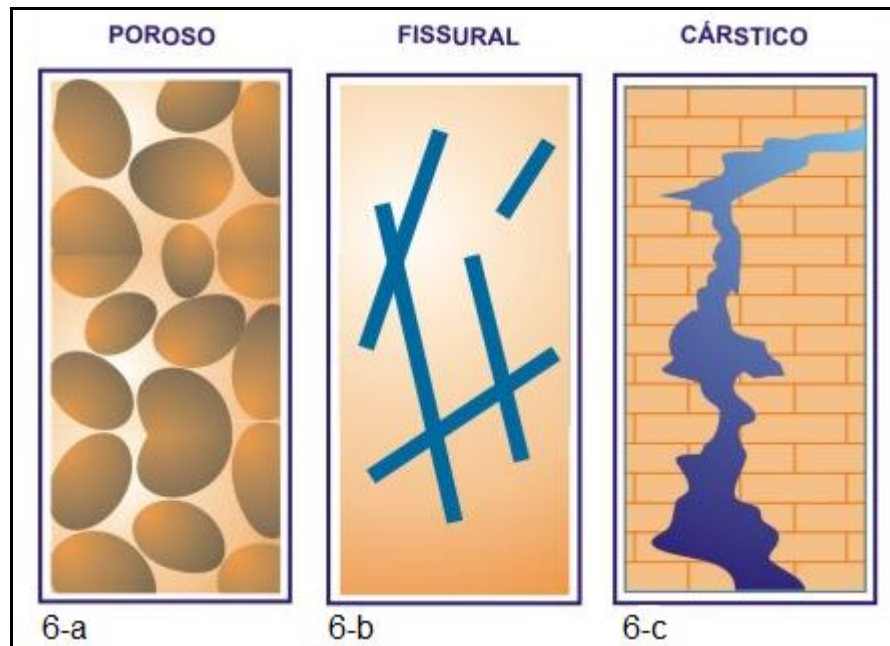
Outras complicações à saúde são resultantes da ingestão elevada de teores de flúor, como a degeneração de fibras musculares, baixos níveis de hemoglobina, deformidades nos glóbulos vermelhos, sede excessiva, dor de cabeça, erupções na pele, nervosismo, manifestações neurológicas, depressão, problemas gastrointestinais, infecções urinárias, náusea, dor abdominal, sensação de formigamento nos dedos das mãos e dos pés, a imunidade reduzida, abortos de repetição, esterilidade masculina, entre outros (MEENAKSHI; MAHESHWARI, 2006 apud BRINDHA; ELANGO, 2011).

2.4 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A péssima condição das águas superficiais para consumo somado ao crescimento da população, a má gestão dos recursos hídricos e uma série de fatores naturais que comprometem a distribuição da água têm culminado na exploração das águas subterrâneas, especialmente, nas regiões em que a sazonalidade climática implica na manutenção dos níveis dos reservatórios de abastecimento (MANOEL FILHO, 2008). Além disso, a Agência Nacional de Águas (2002) justifica a crescente demanda por recursos hídricos subterrâneos, ao fato de que, em geral, apresentam menores custos e excelente qualidade.

As águas subterrâneas são as águas que se encontram abaixo da superfície do solo, armazenadas nos poros ou vazios existentes entre os grãos das rochas sedimentares (Figura 6-a), a exemplo do aquífero Guarani e Caiuá, nas fraturas e falhas das rochas metamórficas e magmáticas (Figura 6-b), como os basaltos do aquífero Serra Geral e dos migmatitos do Escudo Cristalino, e nas cavidades de cavernas subterrâneas (Figura 6-c), a exemplo dos mármores e metadolomitos do Grupo Açungui (ROSA FILHO et al., 2011).

Figura 6 - Tipos de aquíferos quanto à porosidade



Fonte: ABAS, 2013.

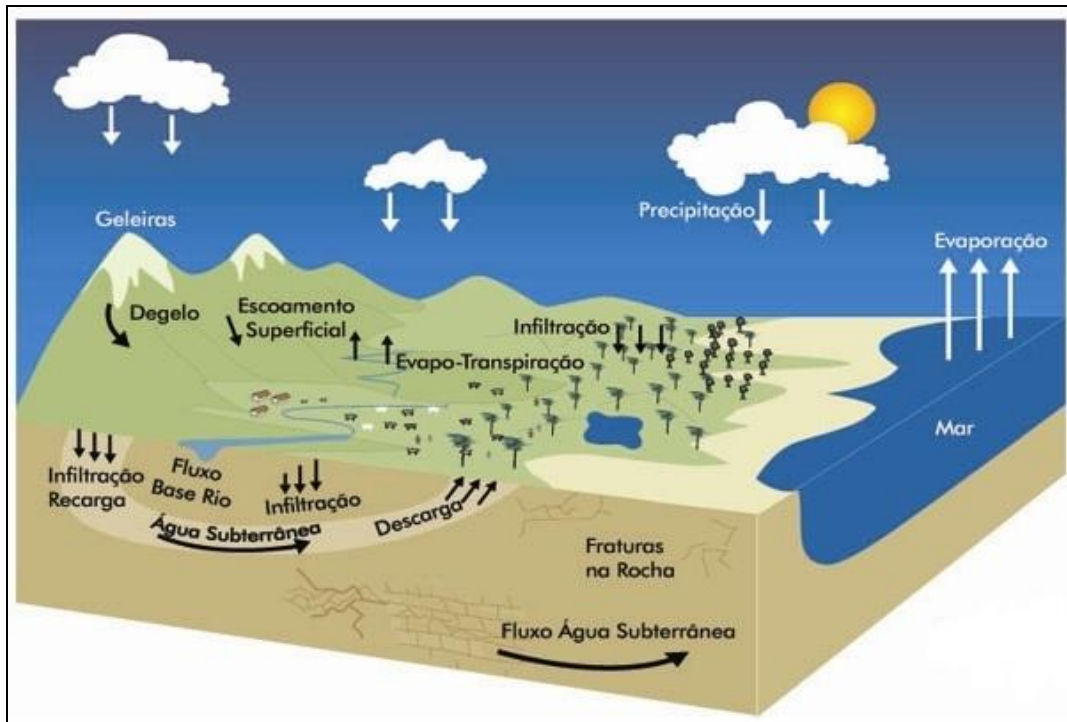
As águas subterrâneas são responsáveis pela manutenção da umidade do solo, pelo fluxo e regularização (perenização) dos rios, córregos, lagos e outros, durante os períodos de estiagem e evitam o transbordamento por meio da absorção do excesso da água da chuva. Elas fluem lentamente no subsolo até ressurgirem na superfície na forma de nascentes, fontes e pântanos; na interceptação das raízes de plantas; na extração de água através de poços; alimentação de rios e lagos (DRM-RJ, 2012).

Representando um pouco mais de 97% de toda água doce disponível na Terra, excetuando-se as geleiras e calotas polares, as águas subterrâneas, em sua maioria, tem origem no ciclo hidrológico. Nesse sistema, energias provocadas por fatores climáticos, físicos e químicos e pela transpiração da vegetação circulam e modificam o estado físico da água, da atmosfera para os continentes e, superficialmente ou subterraneamente, ao oceano (MANOEL FILHO, 2008).

O ciclo hidrológico, representado na figura 7, é constituído basicamente por um processo contínuo de transporte da água do oceano e da transpiração da vegetação para a atmosfera por meio da evaporação, formando as nuvens que precipitam principalmente sob a forma de chuva. Ao atingir a superfície do terreno através da qual se inicia o escoamento da água, parte destina-se para os

rios, lagos e mares, enquanto a outra parte da água direciona-se à infiltração e à percolação subterrânea através das rochas aquíferas, ou seja, abastecem os aquíferos (ROSA FILHO et al., 2011).

Figura 7 - Ciclo hidrogeológico



Fonte: BRASIL, 2013

Para as águas superficiais destinarem-se ao subsolo algumas características e fatores são determinantes, como menciona Rosa Filho (2011):

- Argila na cobertura do terreno: a presença de argila no solo diminui a sua permeabilidade, assim quanto maior a quantidade menor a capacidade de infiltração das águas;
- Cobertura vegetal: quanto maior a cobertura, maior a capacidade de infiltração das águas;
- Inclinação do terreno: nos terrenos inclinados a água corre mais rapidamente, diminuindo o tempo de infiltração. Logo, quanto mais inclinado, menor a capacidade de infiltração;
- Chuvas: principal fonte de reposição ou de recarga dos reservatórios subterrâneas, quanto mais “finas” e

“demoradas”, maior a infiltração no solo, já que as chuvas intensas saturam rapidamente o solo.

2.4.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, ELEMENTOS QUÍMICOS E SAÚDE

De acordo com Manoel Filho (2008), a água contaminada é aquela que possui organismos patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas, em teores prejudiciais à saúde do homem. O mesmo autor expõe que as águas subterrâneas possuem uma lenta circulação e baixa capacidade de absorção o que a torna menos vulnerável à poluição se comparada às águas superficiais. Em contrapartida, quando as águas dos aquíferos encontram-se contaminadas as possibilidades de tratamento são restritas, podendo levar anos e ser, talvez, economicamente inviável (MANOEL FILHO, 2008).

As alterações nas características naturais físico-química das águas subterrâneas, muitas vezes, são decorrentes de processos naturais, como os processos hidrogeoquímicos que alteram as substâncias das águas subterrâneas.

As rochas que constituem a crosta terrestre são compostas por aglomerados de minerais (ou de um único mineral), sendo essas a fonte primária de elementos químicos que através do intemperismo são liberados, e ao reagirem com outras substâncias químicas que se combinam se rearranjam, sendo então dissolvidos e liberados ao meio, especialmente na água (ARAÚJO; PINESE, 2006). Esse processo de interação direto entre as propriedades minerais das rochas e as águas permitem avaliar que as “águas superficiais e subterrâneas representam o mais importante meio de conexão entre a geoquímica das rochas, o solo e a fisiologia humana” (CORTECCI, 2012, p. 7).

Neste contexto, tornam-se relevantes estudos hidrogeoquímicos das águas subterrâneas, pois auxiliam na identificação das propriedades e quantificação dos constituintes químicos das águas, bem como na relação desses com o meio físico (SANTOS, 1997). Tais estudos são importantes para reduzir a exposição da população a elementos químicos, pois quando consumido em altas concentrações são tóxicos, embora sejam essenciais à saúde, como o manganês, cromo, cobre e o iodo (VIEIRA, 1996)

Como um dos exemplos de vínculo direto entre a geologia a composição das águas subterrâneas e a saúde, cita-se os estudos de Smith et al. (2000) ao norte do Chile, em *Chiu Chiu*, onde evidenciou-se que o consumo de águas subterrâneas com 750-800 mg/L de arsênio que induziu a manifestação de lesões cutâneas em quatro entre seis homens (mais de 20 anos); uma menina (13 anos) com mudanças definitivas de pigmentação; e uma jovem (19 anos) com alterações de pigmentação e queratoses nas palmas das mãos e nas solas dos pés.

2.4.2 AQUÍFERO SERRA GERAL

O Aquífero Serra Geral encontra-se nas águas do afloramento Formação Serra Geral, envolvendo uma área aproximada de $1,5 \times 10^6 \text{ km}^2$ e compõe-se na capa protetora do Sistema Aquífero Guarani (MARCELLIN; FERREIRA, 2009).

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), composto por derrames de basaltos e basalto-andesitos de filiação toleítica, é predominantemente do tipo fraturado. As aberturas das fraturas, resultantes de deformações sofridas pelas rochas ígneas oriundas de derrames basálticos e intrusões diabásicas, permitem o depósito de águas pluviais entre as fendas e fraturas, modo como se dá a recarga do aquífero (VIANA; CELLIGOI, 2002)

De acordo com Celligoi (1993), as feições litológicas das rochas cristalinas do Aquífero Serra Geral – horizontes vesiculares e amigdaloidais, diaclases horizontais de contração magmática e diaclases verticais – agregam propriedades hidrogeológicas heterogêneas que o distingue dos demais meios fraturados. Por esse motivo, Marcellin e Ferreira (2009, p. 569) afirmam que o SASG, fissural, “não possui porosidade e permeabilidade primária”, resultando na necessita de descontinuidades físicas das rochas para a água ser transportada e armazenada. Assim, o modo de ocorrência das águas subterrâneas fica condicionado às descontinuidades das rochas que estão relacionados aos fatores litológicas-estruturais (CELLIGOI, 1993).

As características litológicas da região favorecem a percolação de água nas rochas do Aquífero Serra Geral e os aspectos geomorfológicos da região lhe conferem condições de regularização de recarga favoráveis, pois há presença de áreas de topografias elevadas com cobertura vegetal e ausência de pavimentação

que impedem impactos diretos das águas pluviais, bem como minimizam o escoamento superficial (CELLIGOI, 1993).

Rosa Filho et al. (2011) destaca que as profundidades dos níveis produtores de água no SASG chegam até 250 m, sendo as vazões mais elevadas em profundidade entre 30 e 120 m. Para Celligoi (1993), a vazão dos poços tubulares na região de Londrina esta atrelada ao número e condições de aberturas das fraturas.

Buscando aferir a qualidade da água presente no SASG Rosa Filho et al. (2011) a partir de 150 análises físico-químicas identificaram concentrações de ferro, nitrato e flúor a cima do valor máximo estipulado pelo Ministério da Saúde (Quadro 2). Os valores referentes ao flúor foram registrados no município de Itambaracá ao extremo norte do Estado do Paraná.

Quadro 2 - Resumo estatístico dos parâmetros químicos da água

Parâmetro	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	VMP⁽¹⁾
Alcalinidade total	204,5	6,86	78,85	77,45	⁽²⁾
Dureza total	155,29	0	52,1	44,84	500
STD	284	10	121,14	112,14	1.000
Sílica dissolvida	71,8	7,07	39,09	40,54	⁽²⁾
Bicarbonato	213,54	8,4	90,11	90,37	⁽²⁾
Carbonato	56,36	0	2,56	0	⁽²⁾
Cloreto	26,83	0	2,04	0,94	250
Fluoreto	4,9	0,01	0,18	0,08	1,5
Fosfato	0,53	0,02	0,17	0,13	⁽²⁾
Sulfato	49,17	0,01	1,69	0,5	250
Nitrato	98,26	0,01	4,1	1,9	45
Nitrito	1,59	0	0,03	0,01	3
Cálcio	34,87	1,52	14,76	12,8	⁽²⁾
Magnésio	20,56	0,02	3,75	2,88	⁽²⁾
Sódio	90,5	1,3	15,95	10,1	200
Potássio	2,6	0,01	0,87	0,8	⁽²⁾
Ferro	137	0,01	1,62	0,04	0,3

⁽¹⁾ VMP (valor máximo permitido)

⁽²⁾ VMP (valor máximo permitido não especificado)

Fonte: (ROSA FILHO et al., 2011).

Além do trabalho de Rosa Filho et al. (2011) destaca-se o estudo de Pires e Pinese (2002) em Itambaracá, no qual foi identificadas concentrações máximas de 1,79 mg/L de flúor em águas superficiais e a consequente presença de fluorose dentária de forma endêmica, em cerca de 60% população em idade escolar.

2.4.3 ABASTECIMENTO

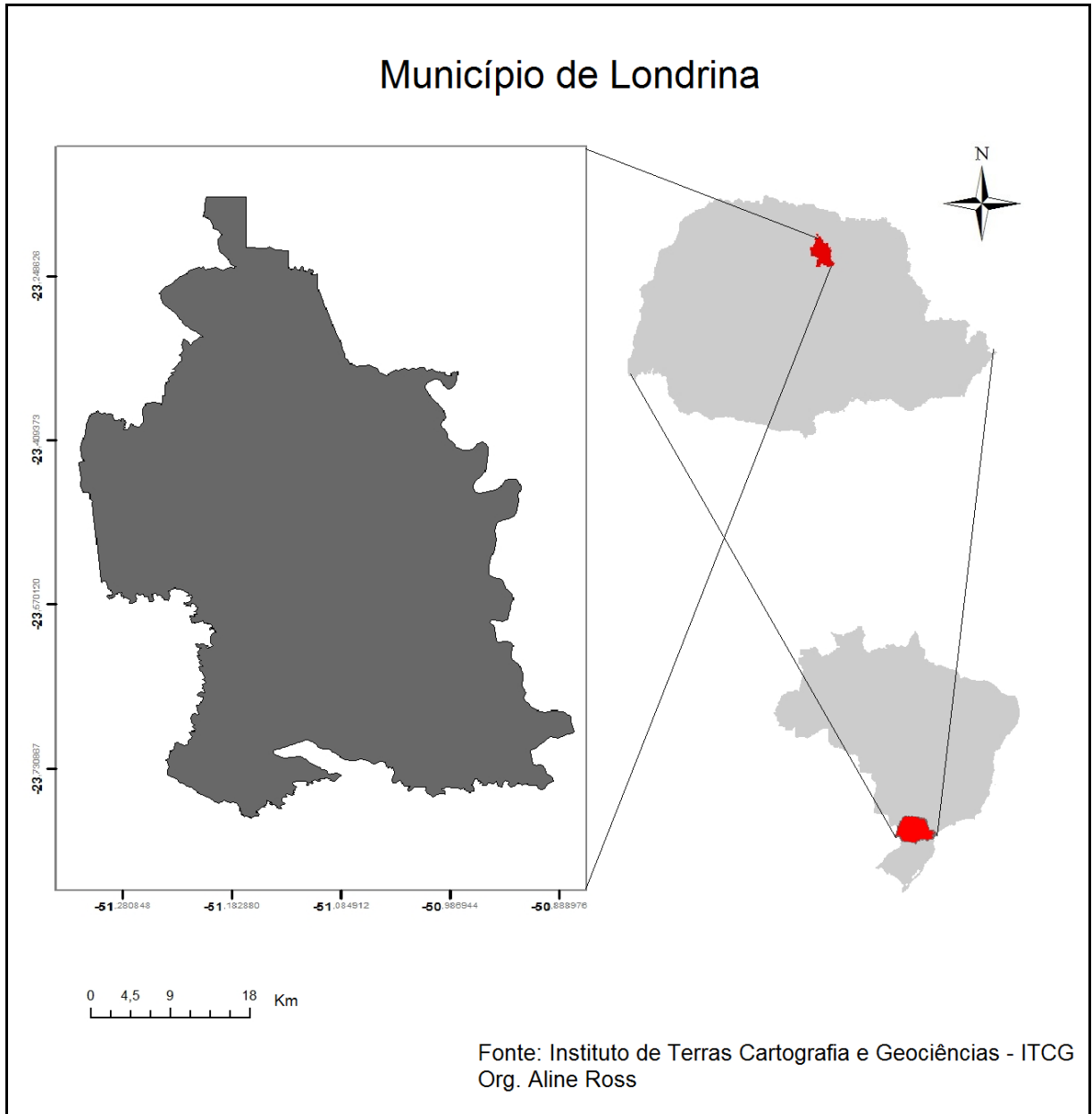
Segundo os dados da UNESCO (1992 apud MUNCHIBANE, 2010), entre os anos de 1970 e 1995 foram perfurados cerca de 300 milhões de poços, representando o abastecimento de mais de 50% da população e 90 milhões de hectares no planeta. No Brasil, o IBGE estima que 61% da população seja abastecida com águas de reservas subterrâneas, sendo dessas 43% poços tubulares, 12% fontes ou nascente e 6% por poços escavados, chegando ao registro de municípios que são totalmente abastecidos por águas subterrâneas, como Maceió (AL). Na região Sul, é expressiva a proporção de cidades do Estado do Paraná e do Rio Grande do Sul que são abastecidas por poços, chegando a 90% das cidades (COSTA, 2008).

O Sistema Aquífero da Formação Serra Geral é responsável por suprir o abastecimento público de 80% dos municípios que se encontram sobre a Formação Serra Geral, como afirma Nanni (2008) a partir de dados do DEPDE/SURHMA. Entre os 5.906 poços em área do Aquífero Serra Geral no Paraná, 4.762 estão localizados na área de abrangência do Aquífero Serra Geral Norte, dos quais 617 foram outorgados para a Companhia de Saneamento do Paraná, a SANEPAR, que direciona essas águas ao abastecimento de 281 localidades, sendo o volume total anual igual a 72.274.337 m³ (PARANÁ, 2010).

No município de Londrina, as águas subterrâneas do SASG tornam-se fonte de abastecimento para os setores industriais, particulares e públicos, a partir da captação por 18 poços tubulares a uma vazão aproximada de 1072.6m³/h, em um regime de 18 horas por dia (VIANA; CELLIGOI, 2002). Segundo os mesmos autores, o restante dos poços, 152 com vazão aproximada de 1317m³/h, são direcionados ao abastecimento de indústrias, comércio e condomínios residenciais.

3. ÁREA DE ESTUDO

Figura 8 - Localização da área de estudo



Fonte: A autora.

3.1 GEOLOGIA

A geologia do Estado do Paraná é resultado de diferentes períodos e ciclos tectônicos que se iniciaram há mais de 2,8 bilhões de anos e deram origem às unidades geológicas e estratigráficas, que Maack (2002) subdividiu em cinco principais zonas de paisagem natural e subzonas: Primeiro Planalto, Segundo Planalto, Terceiro Planalto, Serra do Mar e Litoral.

A estrutura geológica no qual o município de Londrina encontra-se inserido é a Bacia Sedimentar do Paraná, que se constitui de rochas sedimentares e vulcânicas que atingem até 6.300 m de espessura, embasamentos compostos por rochas magmáticas e metamórficas que atingem 5000 m de espessura, em razão da sua depressão côncava (PINESE, 2002).

O Terceiro Planalto ou Planalto de Guarapuava, como também foi conhecido, formou-se na Era Mesozoica e caracteriza-se, principalmente, por derrames basálticos da Formação Serra Geral e por bancos arenosos do Grupo Bauru que recobriram o derrame de lavas basálticas, no planalto ocidental (PINESE, 2002). De modo geral, os basaltos são toleíticos e andesitos basálticos e, subordinadamente, um conjunto de derrames de riolitos e riodacitos (PINESE, 2002).

No município de Londrina, área de estudo em evidencia, aflora a Formação Serra Geral, formada por um conjunto de derrames e intrusivas que se estendem em 109.000 km² do território paranaense com uma espessura máxima na ordem de 1400 m (ROSA FILHO et al., 2011).

As rochas que compõem a Formação Serra Geral são predominantemente basálticas básicas (basaltos e basalto-andesitos de filiação toleítica) e ácidas (riolitos e riodacitos) com intercalações de arenitos finos de idade devoniana, sedimentos da Formação Pirambóia e Botucatu (PINESE, 2002; CPRM, 2013). Os basaltos presentes na floração, em geral, apresentam texturas afaníticas a microcristalinas, com estruturas maciças ou vesículo-amigdaloidais (ARCHELA; FRANÇA; CELLIGOI, 2003).

As feições estruturais são importantes para a hidrogeologia e a hidrogeografia, visto que determinam as feições geomorfológicas regionais e locais. Nesse sentido, destacam que as feições estruturais referentes aos sistemas de fraturamentos e/ou cisalhamento regionais, predominantemente, nas direções NE-SW e NW-SE, e secundariamente E-W são os condicionantes das drenagens locais (ARCHELA; FRANÇA; CELLIGOI, 2003).

3.2 GEOMORFOLOGIA

Londrina situa-se na Bacia Sedimentar do Paraná, na unidade morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense. Em escala reduzida tem-se a

subunidade morfoescultural, denominada Planalto de Londrina, que configura-se na maior parte do território do município com dissecação média, topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”. Algumas áreas da porção noroeste de Londrina encontram-se na subunidade do Planalto de Maringá onde se observa geomorfologia de dissecação baixa, topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”. Já na porção sudoeste, ladeando o Rio Tibagi, em área menor presencia-se a subunidade morfoescultural do Planalto de Foz do Areia, o relevo é extremamente dissecado, há topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em degraus (MINEROPAR, 2006).

De modo geral, na paisagem geomorfológica de Londrina há presença de províncias com formas convexas, com destaque para a região sul – as vertentes do ribeirão Cafezal apresentam abundância de vertentes em formato convexo, com a presença de morro testemunho –, predomínio de relevos suave ondulado e ondulado; e províncias com formas em patamares, sobretudo próximos às cabeceiras dos córregos e fundos de vales, com predomínio dos relevos ondulados e forte ondulado (BOGNOLA et al., 2011; BARROS; ARCHELA 2009).

A superfície do terreno apresenta altitudes que variam entre 350 a 620 metros de altitude. Na porção norte e noroeste do município a altitude média é de 550 a 620 metros, o relevo é mais suavizado, com vertentes pouco inclinadas que não ultrapassam 10%. Já na região sul e sudeste em que as formas do relevo são decorrentes do lineamento geológico e do entalhamento hidrológico do rio Tibagi, o relevo é mais dissecado (declividade > 30%) com altitudes entre 350 a 500 metros (BARROS; ARCHELA, 2009).

3.3 SOLOS

A estrutura pedológica do município de Londrina esta relacionada diretamente ao derrame de rochas basálticas que se deu no estrato geológico do Terceiro Planalto. Nesse sentido, o material geológico de origem influenciou na composição mineralógica primária dos solos da região –plagioclásios, piroxênios e anfibólios –, bem como na ocorrência de determinados tipos de solos.

Entre os solos Bognola et al. (2011) destaca o Latossolo Vermelho eutroférico e o Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico, típicos nas áreas de

espigão e vertente, e o Nitossolo Vermelho eutroférico das áreas mais próximas aos fundos de vale.

3.4 HIDROGRAFIA

O município de Londrina encontra-se compreendido na bacia hidrográfica do rio Tibagi. Seu principal rio, do qual recebeu o nome, nasce ao Sul do Estado do Paraná, nos Campos Gerais, a 1.060 m de altitude e segue até a confluência com o rio Paranapanema, a 300 m de altitude (MAACK, 2002). O percurso do rio Tibagi abrange aproximadamente 550 Km de extensão que de acordo com Soares e Anjos, citado por Volpato e Barros (2001, p. 235) percorre três diferentes zonas do relevo paranaense, passando pelo Primeiro, Segundo e Terceiro Planalto, até atingir o rio Paranapanema a aproximadamente 300 metros de altitude.

A bacia do Rio Tibagi vai agrupar todas as bacias de Londrina, sendo elas: Jacutinga, Lindóia, Cambé, Limoeiro, Cafezal e Três Bocas. Em área urbana, em que a extensão das bacias é de 245,52Km², tem-se ao norte a bacia Jacutinga e ao sul com a bacia Três Bocas (BARROS e ARCHELA, 2009).

O padrão de drenagem das bacias, de modo geral, é paralelo devido ao forte processo tectonismo que imprimiu a geologia local sistemas de fraturamentos e/ou cisalhamento regionais, conforme supracitado, nas direções NE-SW e NW-SE (ARCHELA; FRANÇA; CELLIGOI, 2003). Em alguns trechos das bacias localizadas na região sul da área urbana Barros e Archela (2009) apontam que o padrão de drenagem é dendrítico, em decorrência da movimentação do relevo. Desse modo, os canais fluviais dos ribeirões estão condicionados a sentidos diferentes, o Jacutinga e Lindóia de oeste-leste enquanto que as demais bacias – Cambé, Limoeiro, Cafezal e Três Bocas – no sentido noroeste-sudeste (BARROS e ARCHELA, 2009).

3.5 CLIMA

Conforme o sistema de classificação de Köppen, o clima em Londrina é do tipo Cfa (subtropical mesotérmico úmido): clima subtropical, com verões quentes e tendências de concentração de chuvas, modificado pela altitude e úmido em todas as estações, com predominância de massas atmosféricas

intertropicais (Tropical Atlântica, Tropical Continental, Equatorial Continental e Polar Atlântica) (IAPAR, 2013; ARAUJO, 2006).

Segundo Maack (2002), a classificação do tipo “C” designa climas temperados chuvosos e quentes; o tipo “f” a ocorrência de precipitação o ano todo sem a presença de secas definidas; “a” relaciona-se aos verões quentes, com temperaturas superiores a 22°C no mês mais quente.

As temperaturas médias no mês com frio mais rigoroso são inferiores a 18°C, podendo haver ocorrência de geadas, principalmente, em julho quando são alcançadas as menores médias de temperaturas, 10°C, com destaque as áreas de maiores latitudes e altitudes (ARAUJO, 2006).

Confrontando os dados do resumo climatológico de Londrina, entre anos de 1976 a 2011, realizado pelo Instituto Agrônomo do Paraná (Quadro 3) com a classificação Cfa, nota-se que a temperatura média ultrapassa os 22°C já na primavera e no verão, chegando à média máxima de 29,7°C. Os meses de inverno também corresponderam ao clima tipo Cfa, apresentaram médias inferiores a 18°C, com destaque para os meses de junho, julho e agosto.

Quadro 3 - Resumo Climatológico de Londrina (1976 - 2011)

EST.: Londrina / CÓD.: 02351003 / LAT.: 23°22'S / LONG.: 51°10'W / ALT.: 585m								
MÊS	TEMP. DO AR (°C)			U.REL Média (%)	VENTO		PRECIP.(mm)	
	Média	Média máx.	Média mín.		Direção pred.	Vel. (m/s)	Total	Dias de chuvas
JAN	23,9	29,5	19,6	77	E	2,4	218,5	16
FEV	23,9	29,7	19,6	76	E	2,2	188,8	14
MAR	23,5	29,7	18,8	73	E	2,2	138,1	12
ABR	21,6	28	16,6	71	E	2,2	110,2	8
MAI	18,3	24,4	13,4	74	E	2,1	111,6	8
JUN	16,8	23,1	11,9	75	NE/E	2	87,1	8
JUL	17	23,5	11,6	69	E	2,3	68,9	6
AGO	18,8	25,8	12,8	62	E	2,4	52,5	6
SET	20	26,5	14,5	64	E	2,8	119,6	9
OUT	22,1	28,6	16,7	66	E	2,8	143,2	10
NOV	23,1	29,4	17,9	66	E	2,8	163,2	11
DEZ	23,7	29,4	19	72	E	2,5	202,6	14
ANO	21,1	27,3	16	70,5			1604	121

Fonte: Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (2013)

A dinâmica dos ventos é predominante na direção leste e na velocidade média de 2,4 m/s.

As precipitações se dão ao longo do ano todo, como designado à classificação aferida ao município. As médias referentes aos 35 anos apontam que as chuvas são mais intensas durante o verão, chegando a uma média de 16 dias de chuvas em janeiro, com 218,5 mm de precipitação, ressaltando as características tropicais da região. Os dados de precipitações somados aos de umidade aferem que os meses de inverno são os mais secos.

3.6 VEGETAÇÃO

A ocupação no norte do Paraná, principalmente a partir de 1920, desencadeou na retirada das florestas nativas em função da expansão agropecuária, especialmente a cultura do café. Além da atividade agrícola a derrubada passou a ocorrer visando a obtenção de madeira de lei, voltada para a construção de casas e móveis (MENDONÇA e BARROS, 2002).

Com o uso predatório do solo restaram apenas pequenos fragmentos florestais, imersos em uma matriz de campos agrícolas, e algumas áreas verdes em fundos de vale, estas também descaracterizadas.

Desse modo, nota-se que a ocupação sem planejamento, como se deu, ocasionou a fragmentação da vegetação. Assim, a restrita conectividade entre os fragmentos florestais compromete a manutenção da biodiversidade local, bem como a qualidade do ambiente urbano (ZANINI, 1998).

A vegetação que recobria a região de Londrina era a Floresta Estacional Semidecidual. Em decorrência da supressão da cobertura original estima-se, segundo Lopes e Anjos (2006), que a mesma é representada por cerca de 2 a 4% em fragmentos relativamente isolados entre si, em áreas que não chegam a ultrapassar 100 ha. A paisagem é caracterizada em pequenas áreas preservadas, como o Bosque no Centro de Londrina, o Parque Arthur Thomas e o Parque Estadual Mata dos Godoy, maior áreas de preservação ao norte do Paraná, com 656 ha de floresta semidecídua (ARCHELA; BARROS, 2009; LOPES; ANJOS, 2006).

De acordo com Maack (2002), a vegetação típica dessa formação é composta por *Euterpe edulis Martius* (Arecaceae), uma espécie de palmeira

nativaperoba; *Aspidosperma polyneuron*, a peroba rosa; *Cedrela fissilis Vell.*, cedro; leguminosas, como jataí ou jatobá, além de outras.

A vegetação junto à área urbana encontra-se próxima aos fundos de vale, sendo florestal (26,25%), arbórea (24,69%), rasteira (21,38%), capoeira (17,11%) e agrícola (5,68%) (TRABAQUINI et al., 2009).

3.7 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E HISTÓRICOS

A quarta maior cidade da porção Sul do território brasileiro foi fundada em 1924 e elevada à condição de município em 1934, época em que o contexto de colonização no Norte do Paraná teve como base a atividade cafeeira. O planejamento fundiário consistiu na divisão de grandes propriedades em pequenas e médias propriedades, organizado pela CTNP (ALEGRE; MORO, 1986; FRESCA, 2007).

A prosperidade e o capital advindo da atividade impulsionaram o fluxo migratório à Londrina e à outros municípios da região Norte, que até 1960 foi um dos polos de atração mais importantes do país (ALEGRE; MORO, 1986). Assim, com o crescimento populacional somado ao fortalecimento da atividade agrícola, café nos anos de 1950-1960 e o trigo e a soja nos anos de 1960-1970, fez-se necessário a criação e implementação de outras infraestruturas urbanas.

A partir da modificação estrutural da economia brasileira em que o Estado passou a privilegiar investimentos na economia urbano-industrial em detrimento da economia agrária e com o evento da geada de 1974, a cultura do café, que já ocorria em áreas reduzidas em razão da introdução de culturas mecanizadas (soja, trigo, milho e algodão), praticamente erradicada (DA SILVA; MELCHIOR, 2002). Nesse contexto, o espaço urbano de Londrina foi se estruturando, bem como o setor terciário fortalecido pela mão-de-obra de trabalhadores que atuavam nas fazendas e imigrantes paulistas e mineiros.

Londrina tem uma população estimada de 537.566 habitantes (IBGE, 2013) e é considerada pólo regional de bens e serviços da região norte do Paraná com forte interação junto aos municípios que compõe sua Região Metropolitana, a primeira do interior do Brasil, institucionalizada em 1998.

O grau de urbanização é muito elevado, 97,40% da população está concentrada na área urbana (IPARDES, 2013). A área rural ou de expansão urbana

é constituída por oito distritos, Espírito Santo, Guaravera, Irerê, Lerroville, Maravilha, Paiquerê, São Luiz e Warta, que pertencem à comarca de Londrina.

Conforme os dados de participação percentual do PIB de 2010, o município de Londrina apresentou a maior contribuição da região Norte, e a quarta do estado (4,57%) com forte presença do setor de serviços (78,1%), seguido do setor industrial (20,3%) (IPARDES, 2013). No entanto, o índice de Gini (0,5226) (IPARDES, 2013) do mesmo ano expõe que o município apresenta médio grau de disparidade socioeconômica.

Ao analisar os dados do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), denota-se que durante os anos de 2000-2010 houve crescimento de 8,65%, devido ao aumento da dimensão da educação em 16,34%. O IDH de 2010 registrado em 0,778 (145º), considerado alto desenvolvimento (IDH entre 0,700 e 0,799), configurou-se da seguinte forma: dimensão educação 0,712, dimensão longevidade 0,837 e dimensão renda 0,789 (IPARDES, 2013).

4 MATERIAS E MÉTODOS

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre levantamentos científicos relacionados à geoquímica do flúor e doenças relacionadas à ingestão de flúor. Também se fez necessário pesquisar a cerca da hidrogeologia e geologia da área de estudo, bem como discussões acerca da temática, nas áreas de Geografia, Geologia e Odontologia.

Para a elaboração do levantamento de informações do município de Londrina, utilizou-se de mapas e cartas topográficas obtidas junto ao ITCG (Instituto de Terras Cartografia e Geociências) e ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), e de dados secundários que permitiram a caracterização da área de estudo, através do IBGE, IPARDES, IAPAR, MINEROPAR e literaturas.

As amostras de águas foram coletadas pela Vigilância Sanitária de Londrina, durante o ano de 2011, em 79 poços tubulares de abastecimento coletivo e individual distribuídos no perímetro do município.

Em campo, os agentes da Vigilância Sanitária com o auxílio de *bailers* aprisionaram a água de modo que ela não fosse agitada e removeram-na dos poços para frascos de polietileno que, posteriormente, precisaram ser acondicionados sob refrigeração. Os frascos foram identificados e preencheu-se o laudo da amostra, com os seguintes registros: data, horário, endereço, água de uso coletivo ou individual e tipo de poço.

Posteriormente, as amostras foram reunidas juntamente ao Laboratório de Química Analítica da Universidade Estadual de Londrina para aferir a quantidade de íons de fluoreto através do método de potenciometria direta, em que é utilizado eletrodo seletivo combinado de fluoreto e um eletrodo calomelando. O aparelho utilizado no processo foi calibrado com cinco padrões de concentrações variáveis que deram origem ao gráfico de calibração necessário na obtenção dos íons de fluoreto presentes nas amostras (FERNANDES et al., 2001 apud PIRES, 2008).

Foi necessário organizar os dados de acordo com as características descritas no laudo — tipo de água (in natura ou tratada), tipo de manancial (superficial ou subterrâneo) e ponto de coleta (rede pública, poço escavado ou raso, poço artesiano, fonte/mina, rio/lagoa/represa — pois apenas as águas de poços tubulares foram contempladas no estudo, bem como as que possuíam registro de

endereço, para que então fossem identificadas as coordenadas UTM dos laudos por meio do Google Earth visando a espacialização dos pontos amostrados.

Assim, com a triagem dos dados dos 504 laudos da Vigilância Sanitária chegou-se a 109 amostras de águas subterrâneas in natura, das quais apenas 79 apresentaram o endereço, ou seja, foram contempladas nos estudos e georreferenciadas. Cabe destacar que, a escolha dos pontos de amostragem, também, se deu em função da abrangência do abastecimento dos poços, pois a proposta do trabalho de espacializar os teores e identificar se há padrões anômalos de flúor visa em futuros estudos correlacionar com dados de saúde das Unidades Básicas de Saúde, principalmente os de saúde bucal.

Já com os dados tabulados e as coordenadas aferidas, foram confeccionados os mapas com o auxílio dos programas ArcGis 1.0® e Sufer 1.0® tornou-se possível analisar e trabalhar bancos de dados — em conjunto com projeto no sistema de projeção Datum SAD 69 (South America Datum 69 — e aplicar o método de interpolação de Krigagem ordinária, assim como já empregado por Licht (2001).

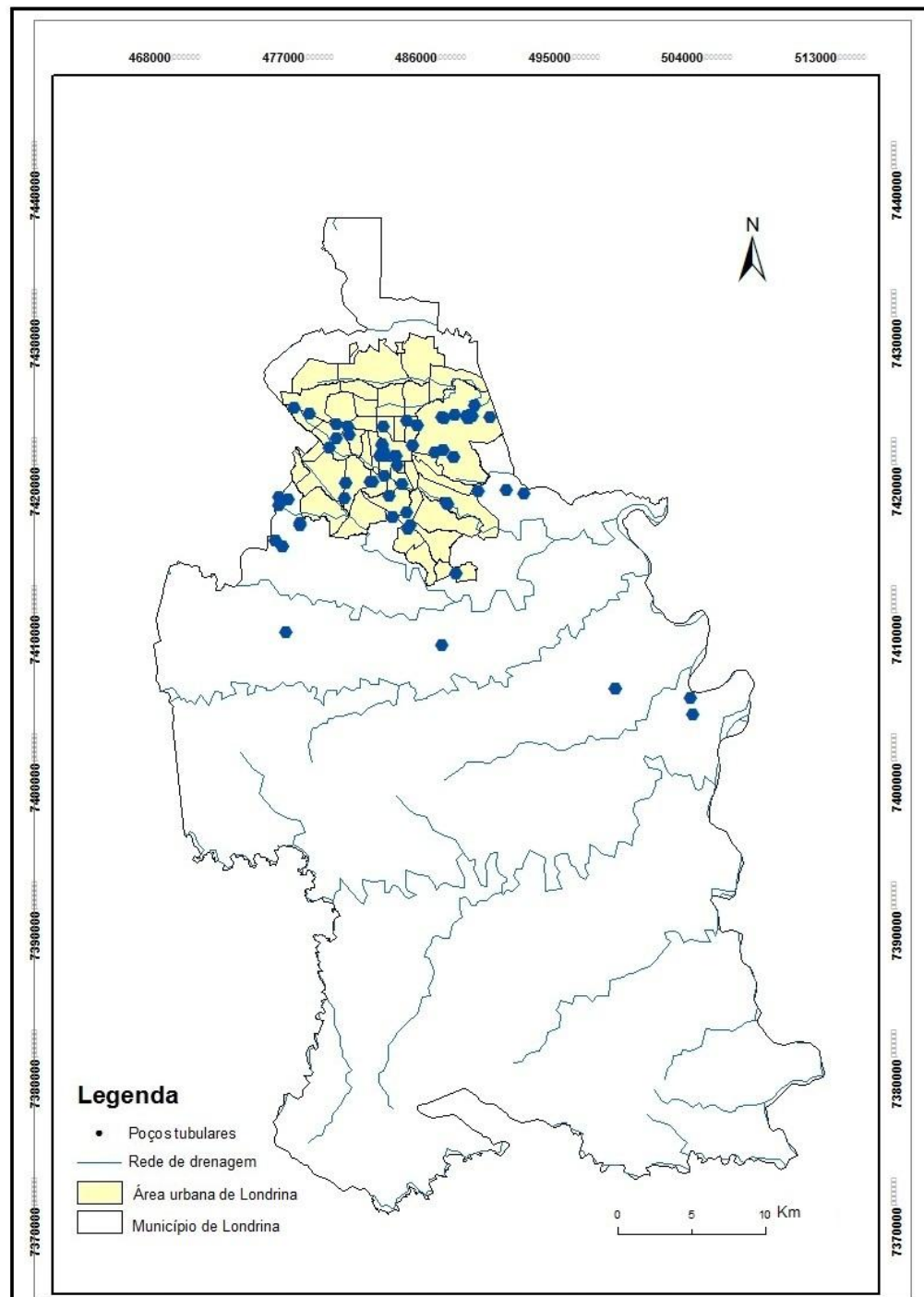
O método geoestatístico de interpolação espacial de dados utiliza os princípios da Lei de Geografia de Tobler no qual as unidades de análise mais próximas entre si estão mais correlacionadas que as distantes (MILLER, 2004). Assim, o método de Krigagem permite estimar, através de uma função matemática aplicada aos valores medidos dos pontos amostrais, a variável numérica de determinadas posições geográficas que não tenham unidades amostrais de análise (XAVIER; CECÍLIO; LIMA, 2010), resultando assim no mapa de *Concentração de flúor em águas subterrâneas do município de Londrina* (APÊNDICE, B)

A partir dos resultados, tornou-se possível determinar os índices de concentração de flúor em águas subterrâneas e correlacioná-los o índice permitido para consumo conforme a OMS (0,7 mg/L), uma vez que a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece como parâmetro máximo para consumo 1,5, teor esse prejudicial à saúde.

5 FLÚOR EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CASO DE LONDRINA

Com o objetivo de investigar a ocorrência do íon fluoreto em águas subterrâneas foram amostrados 79 poços tubulares na porção Norte do município Londrina, em sua maioria na área urbana como se observa na Figura 9.

Figura 9 - Distribuição dos poços tubulares amostrados



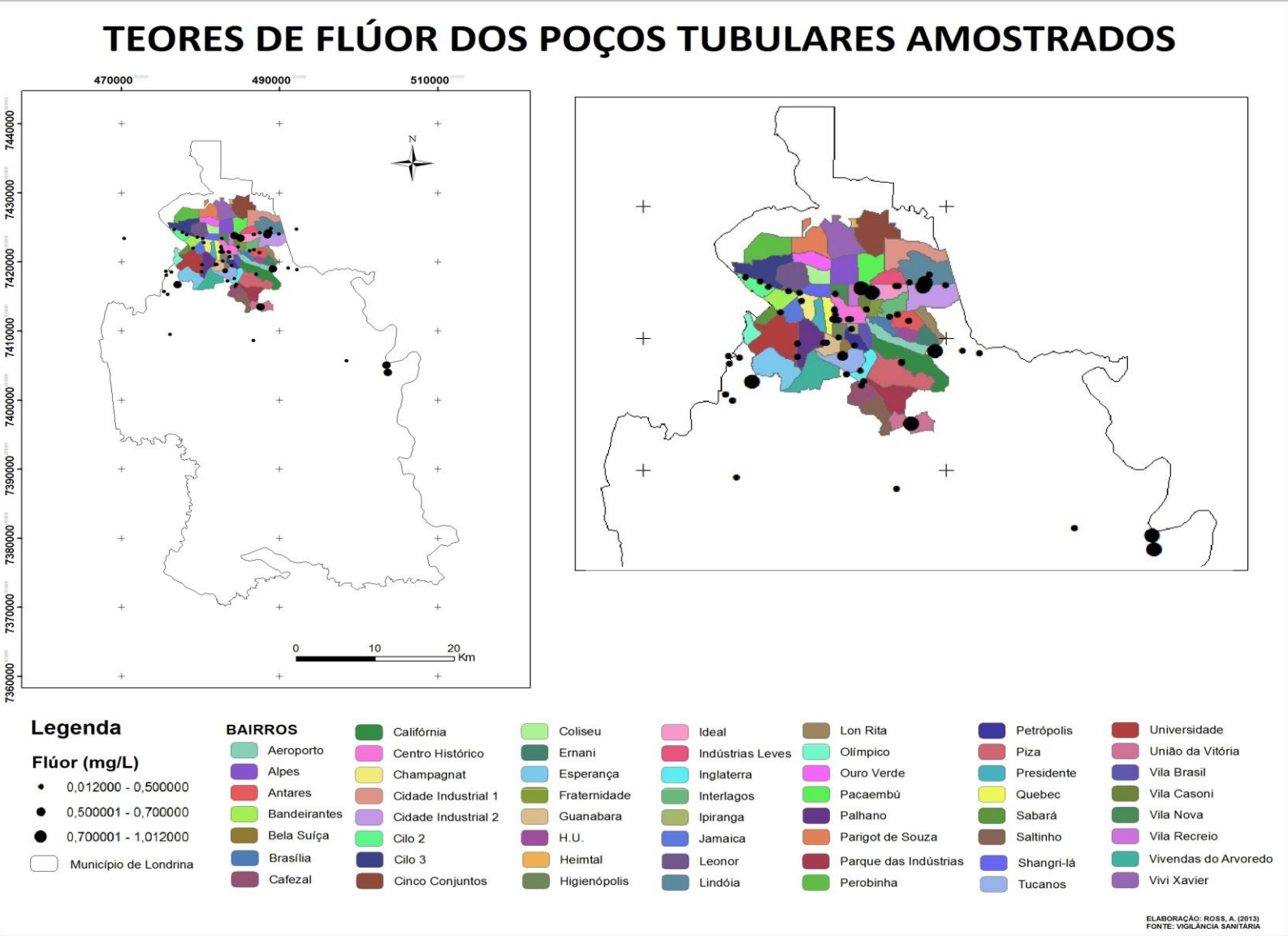
Fonte: A autora.

Os poços amostrados encontram-se em aquíferos confinados em presença de material permeável, sem ligação direta com a superfície terrestre, apenas em sua área de recarga. O aquífero sob a área de estudo, o Serra Geral, é do tipo fraturado, tem suas águas depositadas entre as fraturas e fendas, a circulação é condicionada pela descontinuidade física das rochas ígneas oriunda de derrames basálticos e intrusões diabásicas da Formação Serra Geral (CELLIGOI, 1993; PINESE; PIRES, 2002).

De acordo com a concentração de fluoreto dos poços analisados e aferidos a partir do método de potenciometria direta destacam-se os resultados com o teor permitido para consumo conforme a OMS (0,7 mg/L), uma vez que o Paraná não possui uma resolução própria com parâmetros inferiores ao da Portaria 2914/2011 do Ministério do Meio Ambiente que estudos (SCARPELLI, 2003; PIRES, 2005; DINIZ, 2006) revelam como impróprio à saúde.

Segundo a espacialização dos dados (Figura 9) observa-se que não há um padrão de concentração de teores de íon de fluoreto nos poços do Aquífero Serra Geral, localizados no município de Londrina. Os teores de flúor amostrados estão entre 0,01 mg/L a 1,02 mg/L como mostra-se no diagrama 3D (Apêndice C) e no Apêndice A.

Figura 10 - Teores de flúor dos poços tubulares amostrados



Fonte: A autora.

Conforme a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, todos os poços amostrados estão aptos para consumo. Contudo, 69 poços não dispõem de teores com propriedades para evitar a cárie dental o que torna importante o emprego de produtos fluoretados.

Apenas um poço, poço de uso coletivo de um condomínio vertical no Jardim Tucanos, enquadra-se dentro do padrão adequado para consumo, entre 0,5 e 0,7 mg/L².

Das 79 amostras, 10 poços apresentaram teores superiores à 0,7 mg/L, sendo os 2 poços com teores mais elevados (P.55- 1,01 mg/L e P.66 - 0,984 mg/L) localizados no perímetro rural do município, próximo às margens do rio Tibagi, no distrito de Maravilha. Estes pontos, de acordo com os efeitos do íon do flúor dissolvido em água para saúde humana (SCARPELLI, 2003) são os mais preocupantes, pois podem resultar em implicações à saúde, a fluorose dental se consumido em grande quantidade e por tempo prolongado, problemas gastrointestinais, neurológicos e cardiovasculares.

Os valores altos de flúor em águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral podem estar associados ao intemperismo das rochas ígneas da Formação Serra Geral, no qual as fontes naturais de flúor estão relacionadas às ocorrências de fumarolas e gases magmáticos, dispostos hidrotermais, vidro vulcânico e minerais acessórios que substituem os íons hidroxilas (OH)⁻ durante e após a cristalização dos minerais, como apatita, micas (especialmente biotita) e anfibólios e outros minerais pegmatíticos (topázio, turmalina, fluorita, etc) (MARIMON, 2006; ANDREAZZINI, 2006).

Como já evidenciado, as características físico-químicas das águas subterrâneas são resultantes de processos naturais, arranjos e rearranjos do intemperismo químico das rochas que constituem o embasamento rochoso da área. Assim, em ambientes com presença de minerais como topázio, turmalina e, principalmente, fluorita, que possui baixa resistência aos agentes naturais do intemperismo, encontra-se íons de fluoreto nas águas subterrâneas.

Outra possível resposta para os teores mais altos respaldam-se em Fraga (1992 apud MENDES et al., 2002), que aponta a origem do fluoreto nas águas

² Tendo como referência Scarpelli (2003) e o teor máximo para consumo em países tropicais recomendado pela OMS (0,7 mg/L).

do Aquífero Serra Geral aos eixos de maior subsidência da bacia deposicional da Formação Pirambóia.

Cabe evidenciar que as águas de poços tubulares, em sua maioria, tem sua característica físico-química modificada com a adição de alguns elementos que supostamente tem a função de garantir a qualidade para consumo, como o cal hidratado para controlar o pH, o cloro para eliminar microrganismos nocivos e o flúor para evitar a cárie dental.

Embora o estudo tenha revelado a presença de altos teores de íons de fluoreto em águas subterrâneas, não foram identificadas concentrações muito elevadas que as tornassem inviável para uso, como constatado em um poço próximo à captação do Ribeirão Cafezal com 12mg/L de flúor dissolvido em água (LONDRINA, 2008).

Ainda que 97,40% da população esteja concentrada na área urbana (IPARDES, 2013) a área rural é muito extensa e delimita-se com importante recurso hídrico, o rio Tibagi, evidenciando a necessidade de ampliar as amostragens de águas subterrâneas na área rural, onde se identificaram os teores mais elevados de flúor.

Desse modo, recomendam-se investigações quanto à ocorrência de fluorose dentária na população, sobretudo em crianças de idade escolar na região do distrito de Maravilha, bem como a realização de mais estudos em Londrina e em outros municípios da região para ampliar o número de amostras e campo de pesquisa, visando o efetivo levantamento das concentrações de flúor e a minimização dos efeitos à saúde e bem-estar da população.

CONSIDERAÇÕES

Desde a antiguidade a Geografia através da interpretação do espaço pela ótica da saúde tem contribuído com a saúde coletiva, confrontando as características físicas e sociais que configuram a dinâmica do ambiente, especializando e analisando os elementos e padrões de distribuição de doenças.

Dentre a ampla diversidade de pesquisas, os elementos químicos presentes no ambiente tem sido objeto de estudo da Geografia da Saúde que alicerçada por estudos geológicos e epidemiológicos buscam mitigar ou evitar impactos negativos sobre a saúde, como complicações atribuídas ao consumo de água com elevadas concentrações de elementos químicos. Sendo então, os indicadores de teores de flúor evidenciados um estudo de amparo para a esquematização do perfil epidemiológico do município de Londrina.

Nessa perspectiva, tendo a hidrogeoquímica como suporte, o presente trabalho apresentou informações sobre a concentração de flúor em águas do Aquífero Serra Geral que alimenta os poços tubulares do município de Londrina, com predominância na área urbana.

Diante de tais levantamentos, foi possível constatar a presença de concentração anômalas de flúor, variando entre 0,01 mg/L e 1,02 mg/L. Em 69 poços os teores estão aquém do que se deve consumir para garantir os benefícios do flúor à saúde ($\leq 0,5$ mg/L), como auxiliar no crescimento e evitar o desdobramento de cáries.

Também se constatou teores superiores que o padrão estabelecido pela OMS (P.3 e P.23 0,713 mg/L, P.32 0,723 mg/L, P.24 0,731 mg/L, P.77 0,735 mg/L, P. 64 0,745 mg/L, P.57 0,805 mg/L, P.66 0,984 mg/L e P.55 1,012 mg/L), dos quais o P.66 e o P.55 apresentam riscos à população, pois segundo Scarpelli (2003) quando $\geq 0,8$ mg/L podem resultar em agravos à saúde, a fluorose dental.

Nota-se assim, que a constatação de elevadas concentrações de flúor apontam para a necessidade de ampliar os estudos no município, bem como nos municípios da região que são contemplados pelo Aquífero Serra Geral. Recomendam-se pesquisas quanto à qualidade das águas subterrâneas, no que diz respeito à potabilidade e concentração de elementos químicos, pois são de consumo direto e, em sua maioria, passam por um tratamento deficiente.

REFERÊNCIAS

ABAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Educação: Águas subterrâneas, o que são?**. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acessado em 03-12-13.

ALEGRE, M.; MORO, D. A. A mobilidade da população nas antigas áreas cafeeiras do Norte do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, ano 4, n.1, jan. 1986.

ALEIXO, N. C. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. A variação termo-pluviométrica associada à incidência da dengue no interior do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 9, 2010, Fortaleza. **Anais... FORTALEZA**, 2010.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. PEDROSA, C. A. e CAETANO, F. A.(org.). **Águas subterrâneas**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/public_html/website/estudo_aguas_subterraneas.pd>. Acessado em 20-10-2012.

ANDRADE, I. J. M. **Geografia da Saúde da população imigrante na Área Metropolitana de Lisboa**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Lisboa - Faculdade de Letras, Lisboa, 2006.

ANDREAZZINI, M. J.; FIGUEIREDO, B. R.; LICHT, O. A. B.. Geoquímica do Flúor em Águas e Sedimentos Fluviais da Região de Cerro Azul, Estado do Paraná: Definição de Áreas de Risco para Consumo Humano. **Geologia Médica**, Caderno n.18, São Paulo, 2006.

ARAUJO, P. R. de. **Interação hidrogeoquímica e Geografia da Saúde na bacia hidrográfica do ribeirão Lindóia, zona norte de Londrina-PR**. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2006.

ARCHELA, E.; FRANÇA, V.; CELLIGOI, A. Geologia, Geomorfologia e Disponibilidade Hídrica Subterrânea na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga. **Revista de Geografia da Universidade Estadual de Londrina**, Londrina, v. 12, n.2, p. 131-140, jul./dez. 2003. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6675/6022>>. Acessado em 04-03-2013.

BANDO, D. H.; BARROZO, L. V. **O suicídio na Cidade de São Paulo: uma análise sob a perspectiva da Geografia da Saúde**. São Paulo: Editora Humanitas, 2010.

BARATA, R. B. Debate sobre o artigo de Dina Czeresnia & Adriana Maria Ribeiro. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.16, n.3, p 595-617, jul./set. 2000.

BARBOSA, C. C. **Geomedicina: distribuição geográfica dos elementos químicos na água de abastecimento e sua relação com os níveis séricos de elemento-traço na população de Ouro Preto, Minas Gerais, 2006-2007**. 2009. Tese

(Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

BARCELLOS, C.. (Org.). **A geografia e o contexto dos problemas de saúde**. Rio de Janeiro: Abrasco, 2008.

BARCELLOS, C.; SANTOS, S. M. Georreferenciamento de dados secundários sobre ambiente e saúde. In: SEMANA ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO, 1, 1996, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: FÓRUM ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO, 1996.

BARROS, J. R. **Tipos de tempo de incidência de doenças respiratórias: um estudo geográfico aplicado ao Distrito Federal**. 2006. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

BARROS, M. V. F.; ARCHELA, R. S. (org). **Atlas urbano de Londrina**. Londrina: EDUEL, 2009.

BOGNOLA, I. A.; GOMES, J. B. V.; CURCIO, G. R.; CALVIGLONE, J. H.; UHLMANN, A.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P. **Levantamento semidetalhado de solos do município de Londrina**. IAPAR, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 2.914/2011 / **Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011. Disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis./gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em 12-01-2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico: águas subterrâneas e o ciclo hidrológico**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acessado em 03-12-13.

BRINDHA, K.; ELANGO, L. Fluoride in groundwater: causes, implications and mitigation measures. In: MONROY, S. D. (org.). **Fluoride Properties, Applications and Environmental Management**. Nova Science Publishers, Incorporated: Hauppauge, 2011.

BROWN, T.; McLAFFERTY, S.; MOON, G.. **A companion to health and medical geography**. Hong Kong: Blackwell Publishing Ltd., 2010.

CANGUSSU, M. C. T.; NARVAI, P. C.; FERNANDEZ, R. C.; DJEHIZIAN, V. A fluorose dentária no Brasil: uma revisão crítica. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n.1, p. 7-15, janeiro/fevereiro, 2002.

CARVALHO, R. W. F. et al. Estudo da prevalência de fluorose dentária em Aracaju. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 1, jan. 2010.

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.

CORTECCI, G. **Geologia e saúde.** Tradução de Wilson Scarpelli. São Paulo. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/geosaude.pdf>>. Acessado em 16-04-2012.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Formação Serra Geral.** Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/Aparados/ap_geol_pag05.htm>. Acessado em 10-06-2013.

CUBBIN, C.; PICKLE, L. W.; FINGERHUT, L. Social context and geographic patterns of homicide among US Black and White males. **American Journal of Public Health**, v.90, p.579-587, 2000.

DA SILVA, W. R.; MELCHIOR, L. Estruturação urbana sob o contexto da mobilidade populacional em Londrina - Brasil. **Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, v. 7, n. 341, jan. 2002.

DINIZ, H. N. et al. Concentração de fluoretos nas águas dos poços profundos da cidade de Lorena e prevalência de fluorose dentária. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABAS, São Paulo, 2006.

DITTERICH, R. G. **Prevalência e autopercepção de fluorose dentária em escolares de 12 anos residentes no município de Ponta Grossa-PR.** 2006. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

DRM-RJ. Departamento de Recursos Naturais. Serviço Geológico do Rio de Janeiro. **Águas subterrâneas.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.drm.rj.gov.br/index.php/projetos-e-atividades/subterraneas>>. Acessado em 24-10-2012.

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.

ELY, D. F. **Climate Tendencies and the Occurrence of Dengue in Cities of Southern Brazil:** a Case Study of Londrina, Maringá (Pr) and Florianópolis (Sc). In: London Symposium on Climate Change, 2013. Londres.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; E. C.; DEMÉTRIO, J. G. A. (Org.). **Hidrogeologia conceitos e aplicações.** 3ªed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

FRAZÃO, P.; PERES, M. A.; CURY, J. A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 45, n. 5, p. 964-973.

FRESCA, T. M. A área central de Londrina: uma análise geográfica. **Geografia**, Londrina, v. 16, n. 2, jul./dez. 2007.

GATRELL, A. C. **Mobilities and Health**. Farnham: Ashgate, 2011.

GUIMARÃES, Raul Borges. Saúde Urbana: velho tema e novas questões. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p. 155-170, 2001.

GUIMARÃES, S. M. **Investigação da ocorrência de fluorose associada ao consumo de água subterrânea na região nordeste do estado de Goiás utilizando Sistema de Informações Geográficas**. 2006. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Geoprocessamento) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, Goiânia, 2006.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Paraná: classificação climática**. 2013. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acessado em 15-02-2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Londrina**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=411370>>. Acessado em 18-09-2013.

IPARDES. INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caderno Estatístico**: Londrina. Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=86000>>. Acessado em 20-10-2013.

IPARDES. INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal segundo os municípios do Paraná - 1991/2000/2010**. 2013. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/pdf/indices/IDHM_municipios_pr.pdf>. Acessado em 20-10-2013.

KOZLOWAKI, F. C.; KOZLOWAKI JÚNIOR, V. A.. Fluorose dentária é um problema em saúde pública?. **Biological and Health Sciences**, v.6, n.1, p. 75-87, 2000.

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. C. A Geografia Médica e as doenças infecto-parasitárias. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 3, n.6, p. 74-86, jun. 2002.

LICHT, O. A. B. **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. 2001. Tese (Doutorado em Área de Concentração - Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001

LICHT, O. A. B.; MORITA, M. C.; TARVAINEN, T. A utilização de dados de prospecção geoquímica de flúor, no perímetro Planalto Paranaense, na identificação de áreas de interesse para saúde pública - uma abordagem preliminar. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.10, n.1, p. 57-69, 1996.

LONDRINA. **Plano municipal de saneamento básico**: relatório de diagnóstico da situação do saneamento. Londrina, 2008. Disponível em <http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/abastecimento_agua_03_10.pdf>. Acessado 06-04-2012.

LOPES, E. V.; ANJOS, L. dos. A composição da avifauna do campus da Universidade Estadual de Londrina, norte do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 23, n.1, p. 145-156, março, 2006.

LUCAS, 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.

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

MANOEL FILHO, J. FEITOSA, F. A. C. (org.). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/LABHIDE-UFPE, 1997.

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.

MARGOTTA, R. **Histórias ilustradas da Medicina**. São Paulo: Manole, 1998.

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.

MAZZETO, F. A. Pioneiros da geografia da saúde: séculos XVIII, XIX e XX. In: BARCELLOS, C. (org.). **A geografia e o contexto dos problemas de saúde**. Rio de Janeiro: Abrasco, 2008. p.17-33.

MENDONÇA, L. B.; BARROS, M. V. F. Mapeamento da vegetação de fundo de vale da cidade de Londrina - PR a partir de Imagens ETM LANDSAT. **Revista de Geografia**, Londrina, v.11, n.1, p. 67-80, 2002.

MENDES, E. A. A. et al. Mananciais subterrâneos no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002.

- MILLER, H. J. The first tober's law and spatial analysis. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 94, n.2, p. 284-289, 2004.
- MINEROPAR. Minerais do Paraná. Serviço Geológico do Paraná. **Atlas geoquímico do Estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2001.
- MINEROPAR. Minerais do Paraná. Serviço Geológico do Paraná. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Escala 1:250.000 modelos reduzidos. MINEROPAR; Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2006.
- MIRANDA, M.J.; BARROZO, L. V. Análise de indicadores de saúde materna e infantil: expressões de desigualdades socioespaciais do território paulista. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA DA SAÚDE e FÓRUM INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA DA SAÚDE, 5., 2., 2011, Recife. **Anais...** Recife: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA DA SAÚDE e FÓRUM INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA DA SAÚDE, 2011.
- MORITA, M. C.; CARRILHO, A.; LICHT, O. A. B. Use of geochemistry data in the identification of endemic fluorosis áreas. In: WORD CONGRESS OF HEALTH IN URBAN ENVIRONMENT, Madrid, 1998.
- MUARA, P. G.; MENDONÇA, M.; BONETTI, C. O clima e as doenças circulatórias e respiratórias em Florianópolis/SC. **Hygeia Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 9, n. 16, p. 86-102, jun. 2013.
- MUNCHIBANE, A. B. D. A. Estudos dos indicadores de contaminação das águas subterrâneas por sistema de saneamento "in situ" Distrito Urbano 4, cidade de Maputo - Moçambique. 2010. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-06052010-153107/>>. Acesso em: 2013-09-12.
- 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.
- PARANÁ. Institutos das Águas do Paraná. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos: Diagnósticos das disponibilidades hídricas subterrâneas**. Cobrape: Curitiba, 2010.
- PANAGOULIAS, T. I.; DA SILVA FILHO, E. V. Estudo hidrogeoquímico do flúor nas águas subterrâneas das bacias dos rios Casseribú, Macacú e São João, Estado do Rio de Janeiro. **Geologia Médica**, Cadernos nº19, São Paulo, 2006.
- PARREIRAS, P. M.; SILVA, A. P. A.; ZOCRATTO, K. B. F. Fluorose dentária: percepção dos portadores e seus responsáveis. **Revista da Faculdade de Odontologia**, Passo Fundo, v. 14, n.1, p. 18-22, janeiro/abril, 2009.
- PEREIRA, R. M.; ALVES, G. L. Saúde ambiental segundo a percepção de graduandos de um curso de enfermagem à distância em Campo Grande, MS.

Hygeia Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 6, n.11, dez.2010.

PINESE, J. P. P. Síntese Geológica da Bacia do Rio Tibagi. In: MEDRI, M. E. et al. (Ed.). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: Os Editores, 2002.

PINESE, J.P.P; ALVES, J.C.; LICHT, O.A.B.; PIRES, E.O.; MARAFON, E. Características geoquímicas naturais da água de abastecimento público da porção extremo norte do Estado do Paraná, Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, **Anais...** João Pessoa: SBF Núcleo Nordeste, 2002.

PIRES, E. O. **Ambiente e saúde**: o caso das águas superficiais em Itambaracá-PR. 2005. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2005.

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. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

PIRES, E. O.; PINESE, J. P. P. Aspectos geológicos e geoquímicos dos fluoretos naturais da água subterrânea do município de Itambaracá-PR. ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., Maringá. **Anais...** Maringá: XI Encontro Anual de Iniciação Científica, 2002.

PIRES, E. O.; PINESE, J. P. P. Principais Características Fisiográficas e Ambientais do Município de Itambaracá - Paraná. ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 13., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: XIII ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2002.

POULIOU, T.; ELLIOTT, S. J. An exploratory spatial analysis of overweight and obesity in Canada. **Preventive Medicine**, v.48, n.4, p. 362-367, 2009.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul. Portaria nº 10, de 16 de agosto de 1999. **Secretaria de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul**. Disponível em <http://www.portoalegre.rs.gov.br/dmae/doc_usu/SDDVP-portaria10-99.pdf>. Acesso em 15-01-2013.

ROCHA, C. M. F.; DARSIE, C.; GAMA, A.; DIAS, S. Migração internacional e vulnerabilidade em saúde: tópicos sobre as políticas de saúde e de saúde sexual e reprodutiva em Portugal. **Hygeia Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 8, n.15, p. 190-200, dez. 2012.

ROCHA, T. F. **Concentração de metais Cd, Fe, Hg, Pb e íon cianeto na água de abastecimento e suas implicações à saúde. Estudo de caso: Rio Guandú-RJ**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E. C.; MONTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L. **Aquíferos do Estado do Paraná**. Curitiba: Edição do Autor, 2011.

SANT'ANNA NETO, J. L. Ambiente e pulmão. **Hygeia Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 7, p. 31-45, 2011.

SANT'ANNA NETO, J.L. O clima como risco, as cidades como sistemas vulneráveis, a saúde como promoção da vida. **Cadernos de Geografia**, Coimbra, v. 30/31, p. 215-228, 2012.

SANTOS, F. de O. Geografia Médica ou Geografia da Saúde? Uma reflexão. **Caderno Prudentino de Geografia**, Prudente, v. 1, n.32, p. 41-51, jan./jun. 2010.

SCARPELLI, W. **Introdução a Geologia Médica**. I FENAFERG, IGc da USP, 2003. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/pgagem/resumo_pales.pdf>. Acessado em 16-04-2012.

SCOPEL, I. A Dengue no Brasil e as políticas de combate ao Aedes Aegypti: da tentativa de erradicação as políticas de controle. **Hygeia Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 04, p. 163-175, 2008.

SMITH, A. H. et al. Arsenic-Induced Skin Lesions among Atacameño People in Northern Chile Despite Good Nutrition and Centuries of Exposure. **Environmental Health Perspectives**, v. 108, n. 7, p. 617-620, julho. 2000. Disponível em <http://asrg.berkeley.edu/Index_files/Publications_PDF/00SmithAsInduced.pdf>. Acessado em 19-05-2013.

SOBRAL, H. R.W. **Poluição do ar e doenças respiratórias em crianças da Grande São Paulo: um estudo de Geografia Médica**. 1988. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

TEIXEIRA, W. et. al. (Org.). **Decifrando a terra**. 1. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. p. 137-166.

TRABAQUINI, K.; TAKEDA, M. M. G.; ROMAGNOLLI, R.; BARROS, M. V. F. Uso e ocupação das APPs em área de fundo de vale no perímetro urbano de Londrina-PR, utilizando imagem de alta resolução. **RA' E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 18, p. 41-49, 2009.

UNICEF – The United Nations Children's Fund. **UNICEF's Position on Water Fluoridation**. Disponível em <http://www.nofluoride.com/Unicef_fluor.cfm>. Acessado em 13-08-2012.

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.

VIEIRA, L. **Química, saúde e medicamentos**. UFRGS: Porto Alegre, 1996. Disponível em: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/AIQ_2011/medicamentos_ufrgs.pdf>. Acessado em 03-10-13.

VIEITES, R. G.; FREITAS, I. A. de. Pavlovsky e Sorre: Duas importantes contribuições à Geografia Médica. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.1, n.2, p. 187-201, dez. 2007.

XAVIER, A. C.; CECÍLIO, R. A.; LIMA, J. S. S. Módulos em matlab para interpolação espacial pelo método de krigagem ordinária e do inverso da distância. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n.62, p. 67-76, 2010.

YAMAKI, H. et al. (Org.). **Geografia e Meio Ambiente**: reflexões e proposições. Londrina: Humanidades, 2006.

APÊNDICES

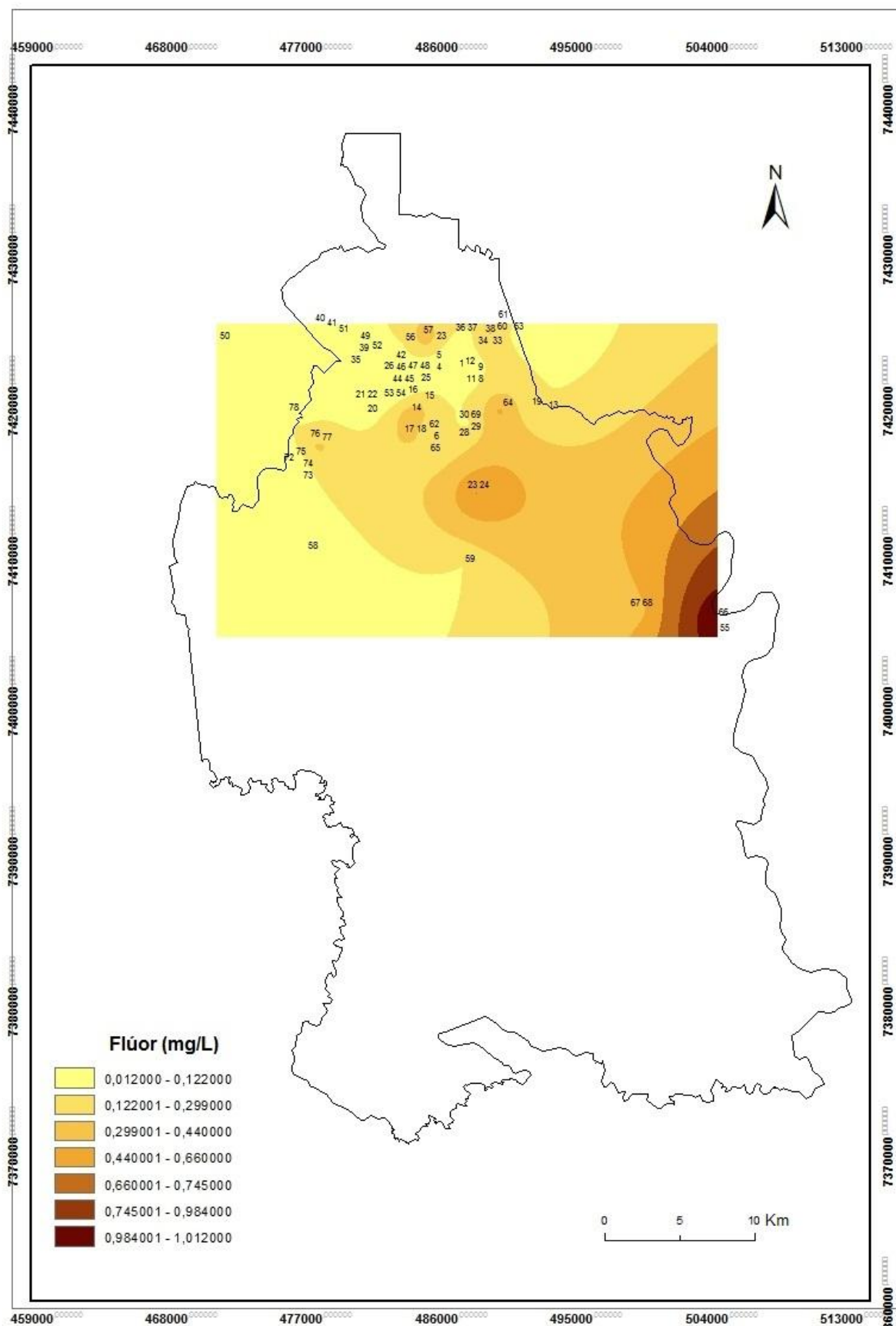
APÊNDICE A

Quadro - Resultados analíticos e coordenadas geográficas dos pontos de amostragem das águas subterrâneas no Município de Londrina-PR.

Ponto	X	Y	Flúor	Ponto	X	Y	Flúor
51	486272,39	7421637,48	0,012	41	477806,17	7424282,45	0,053
73	485125,46	7423452,66	0,012	61	482680,92	7422200,63	0,053
20	485125,46	7423452,66	0,017	65	482683,51	7422122,72	0,053
7	484808,93	7422159,69	0,020	31	482763,11	7421772,12	0,055
70	484808,93	7422159,69	0,020	69	482683,37	7421396,96	0,061
72	484586,42	7416746,11	0,020	35	482960,25	7421400,79	0,063
39	492197,94	7424753,53	0,021	59	483586,72	7421439,52	0,064
75	487528,64	7421328,78	0,022	5	483693,00	7421419,80	0,065
22	487528,64	7421328,78	0,023	4	480381,45	7423415,04	0,066
71	487528,64	7421328,78	0,023	53	478277,56	7423409,47	0,066
74	486837,52	7421766,91	0,023	60	479582,01	7422621,06	0,074
21	486837,52	7421766,91	0,025	68	480499,09	7422809,31	0,074
26	492284,39	7418847,24	0,027	76	481945,44	7419648,54	0,075
28	483173,82	7418680,27	0,028	63	482107,62	7419657,89	0,077
29	484016,23	7419476,76	0,028	54	503744,00	7403963,00	0,079
10	482900,21	7420090,85	0,030	58	482752,93	7423378,44	0,083
50	483459,34	7417255,15	0,031	19	484370,01	7423791,51	0,096
30	483459,34	7417255,15	0,033	79	476213,67	7409476,68	0,101
11	491127,28	7419092,88	0,035	6	486736,31	7408616,23	0,102
27	480195,73	7418579,33	0,035	34	488847,79	7424087,51	0,103
12	480235,30	7419562,17	0,036	13	488980,20	7424830,73	0,112
48	480235,30	7419562,17	0,037	40	484374,86	7417570,14	0,112
43	487667,48	7413488,27	0,038	62	489982,97	7424033,03	0,122
47	487667,48	7413488,27	0,039	67	489249,25	7419009,80	0,217
49	483759,47	7420742,86	0,039	52	484451,95	7416452,79	0,223
25	482530,42	7421428,33	0,040	42	498539,65	7405672,82	0,299
56	487111,23	7418198,51	0,040	17	498539,65	7405672,82	0,430
46	487111,23	7418198,51	0,041	15	487117,31	7418159,71	0,440
2	487111,23	7418198,51	0,042	14	475472,87	7415730,44	0,660
45	487111,23	7418198,51	0,042	3	475472,87	7415730,44	0,713
44	488458,00	7424107,68	0,043	23	475922,54	7415299,03	0,713
9	488629,11	7424185,55	0,044	32	475922,54	7415299,03	0,723
18	488513,40	7423922,16	0,044	33	475922,54	7415299,03	0,726
38	487602,13	7424190,79	0,045	24	475472,87	7415730,44	0,731
8	479121,70	7421960,33	0,048	77	477177,27	7416899,51	0,735
1	486731,32	7423989,38	0,049	64	477170,98	7416690,10	0,745
37	486894,61	7423972,38	0,051	57	475690,53	7418653,46	0,805
16	488610,77	7423941,92	0,052	66	476361,64	7418507,94	0,984
78	479642,44	7423587,73	0,052	55	475726,18	7418051,53	1,012
36	476756,57	7424650,60	0,053				

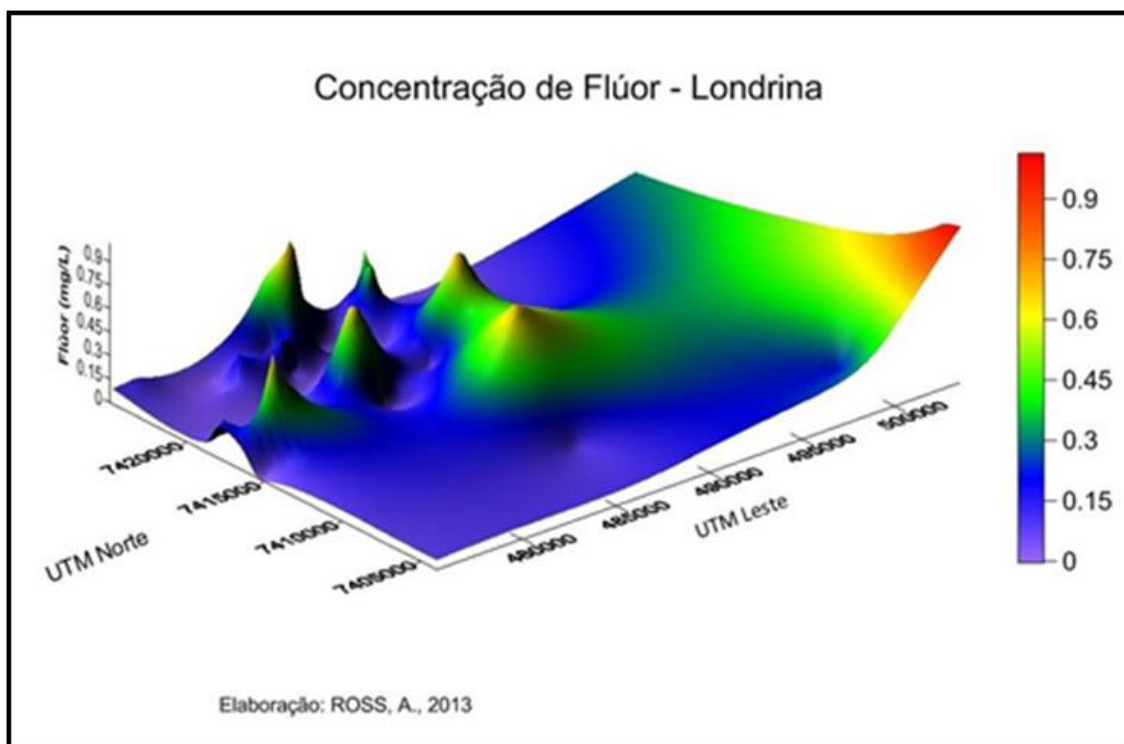
APÊNDICE B

Concentração de flúor em águas subterrâneas do município de Londrina



APÊNDICE C

Diagrama em 3D dos pontos amostrados



CORRELAÇÃO UBS'S E TEORES DE FLÚOR

