

---

# O PROCESSO DE FORMAÇÃO DOS AQUÍFEROS E OS IMPACTOS DAS ATIVIDADES HUMANAS: A IMPORTÂNCIA DA PROTEÇÃO DAS ÁREAS DE RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

## THE PROCESS OF AQUIFER FORMATION AND THE IMPACTS OF HUMAN ACTIVITIES: THE IMPORTANCE OF PROTECTING GROUNDWATER RECHARGE AREAS

Alan Alves Alievi<sup>1</sup>  
José Paulo P. Pinese<sup>2</sup>  
André Celligoi<sup>3</sup>

---

**RESUMO:** Este artigo tem por objetivo discutir a formação das águas subterrâneas bem como o impacto das atividades humanas implementadas muitas vezes nas áreas de recarga de aquíferos. Por meio de análise e discussão da literatura acerca do assunto, busca-se destacar a importância destas áreas de recarga bem como da necessidade do entendimento dos processos de origem, ocorrência e movimentação das águas subterrâneas para que exista uma preocupação por parte da sociedade no que tange a proteção das áreas de recarga de aquíferos, fato muitas vezes negligenciado.

**Palavras-chave:** Sociedade. Atividades humanas. Aquíferos. Áreas de recarga. Água subterrânea.

**ABSTRACT:** This article aims to discuss the formation of groundwater as well as the impact of human activities often implemented in the areas of aquifer recharge. By means of an analysis and discussion of the literature on the subject, it is sought to highlight the importance of these areas of recharge as well as the need to understand the processes of origin, occurrence and movement of groundwater so that there is a concern on the part of society in what concerns the protection of aquifer recharge areas, a fact often neglected.

**Keywords:** Society. Human activities. Aquifers. Recharge areas. Groundwater.

---

1 Doutor em Geografia pela Universidade Estadual de Londrina e docente da rede pública de ensino do Estado do Paraná – NRE Londrina (PR).

2 Prof. Dr. do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina – Londrina (PR).

3 Prof. Dr. do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina – Londrina (PR).

Artigo recebido em maio de 2019 e aceito para publicação em junho de 2019.

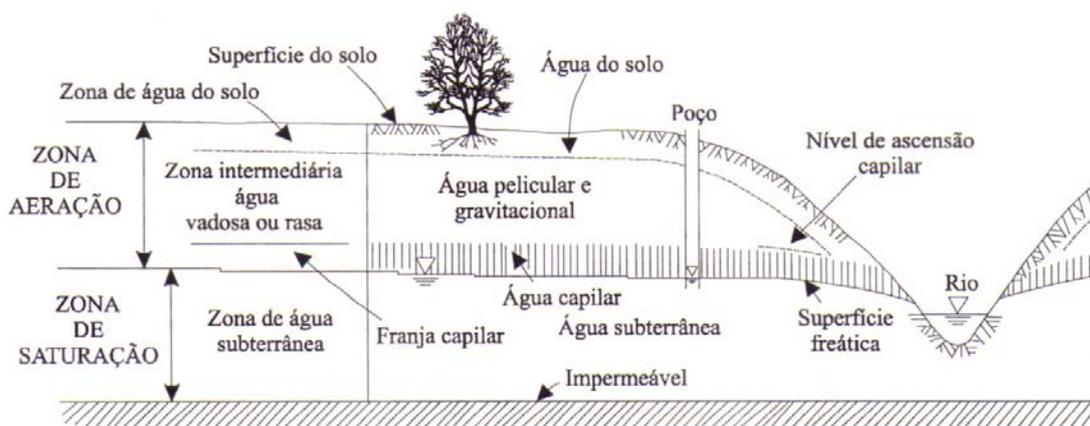
## INTRODUÇÃO

Para se entender a origem da água subterrânea é necessário tratar do ciclo hidrológico, que segundo Heath (1983) refere-se ao constante movimento da água sobre, na e sob a superfície da Terra. Desta forma, o autor chama a atenção para importância da compreensão do que vem a ser este ciclo, pois “[...] O conceito de ciclo hidrológico é central ao entendimento da ocorrência de água e ao desenvolvimento e administração de suprimentos em água” (HEATH, 1983, p. 5).

Atualmente sabe-se que a origem da água subterrânea está ligada ao ciclo hidrológico, que é um sistema natural (fechado) em que a água circula do oceano para a atmosfera, para depois ser precipitada nos continentes e então retornar ao oceano superficialmente e/ou subterraneamente (ALIEVI; PINESE; CELLIGOI, 2009).

Neste último meio (subterrâneo), parte da água infiltrada é retida pelas raízes das plantas e acaba evaporando por meio da capilaridade do solo ou pela evapotranspiração destes vegetais. A outra parte move-se para camadas mais profundas, por efeito da gravidade, formando assim as águas subterrâneas. Desta forma, boa parte da água subterrânea se origina da superfície do solo, sendo a recarga feita da precipitação, cursos d’água e reservatórios superficiais (MOTA, 1995, p. 141).

Na Figura 1 está representada a distribuição vertical da água no solo e subsolo, que conforme Heath (1983) refere-se a água subsuperficial, sendo que a mesma ocorre em duas zonas diferentes, a zona insaturada (logo abaixo da superfície) e a zona saturada, esta “[...] é a única água subsuperficial que está disponível para suprir poços e fontes e é a única água a qual o nome água subterrânea aplica-se corretamente” (HEATH, 1983, p. 4).



**Figura 1.** Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo, mostrando as diversas zonas de umidade. Fonte: Adaptado de Feitosa e Manoel Filho (1997)

Então, para compor este estrato subterrâneo, a água que infiltra-se no solo pode ser dividido em 3 partes diferentes, segundo Feitosa e Manoel Filho (1997): a primeira permanece na zona não-saturada, a zona onde os vazios do solo estão parcialmente preenchidos por água e ar, acima do nível freático. A segunda denominada interfluxo (escoamento sub-superficial), pode continuar a fluir lateralmente, na zona não-saturada, a pequenas profundidades, quando existem níveis pouco permeáveis imediatamente abaixo da superfície do solo e, nessas condições, alcançar os leitos dos cursos d’água. Por fim, a terceira fração, pode percolar até o nível freático, constituindo a recarga do aquífero. Este nível freático refere-se ao que comumente é conhecido como lençol freático, mas que na hidrogeologia é conhecido

como nível hidrostático ou superfície piezométrica, sendo que a profundidade desta varia conforme mudanças climáticas, topografia da região e permeabilidade da rocha (LEINZ; AMARAL, 2003), acrescentando-se ainda, o tipo de ocupação do solo nestas áreas, haja visto que dependendo disto, a infiltração pode ser impactada.

Neste último nível, abaixo da superfície piezométrica, que também é conhecido como zona saturada, a água subterrânea preenche os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas (cristalinas). As águas atingem esta zona por gravidade, até alcançar uma profundidade limite, onde as rochas encontram-se saturadas, simplesmente porque os poros e capilares estão cada vez menores, devido à compressão das rochas superiores (LEINZ; AMARAL, 2003).

Heath (1983) faz menção também, em relação à questão dos limites alcançáveis pela água subterrânea, às fronteiras que existem onde aquíferos terminam “contra” (grifo do autor) um material impermeável, o que vem a se denominar fronteira impermeável. Um fato importante a ser destacado é de que, ao se estudar a posição e a natureza destes limites, torna-se mais claro o entendimento de questões críticas acerca de problemas de água subterrânea, “[...] incluindo o movimento e o destino de poluente e a resposta de aquíferos a rebaixamentos” (HEATH, 1983, p. 46).

O tipo de rocha tem papel primordial para a profundidade máxima atingida por um aquífero, Leinz e Amaral (2003) destaca que rochas sedimentares apresentam porosidade mesmo a grandes profundidades, porosidade esta que determina a capacidade de armazenamento da água nas rochas, em seus poros, fendas ou capilares.

Em se tratando das rochas cristalinas a capacidade de armazenar água é menor conforme a profundidade, devido ao fato da rocha tornar-se mais maciça e com menor quantidade de fendas. O fato de um aquífero ser do tipo confinado ou não (figura 02) também influencia na sua capacidade de armazenamento.

Segundo Heath (1983) o coeficiente de armazenamento de um aquífero não-confinado é cerca de 100 a 10.000 vezes o coeficiente de armazenamento de um aquífero confinado. Lembrando que um aquífero confinado é aquele em que um estrato permeável (aquífero) está confinado entre duas camadas pouco permeáveis ou impermeáveis (TEIXEIRA et al., 2003), conforme pode-se observar na Figura 02 a seguir.

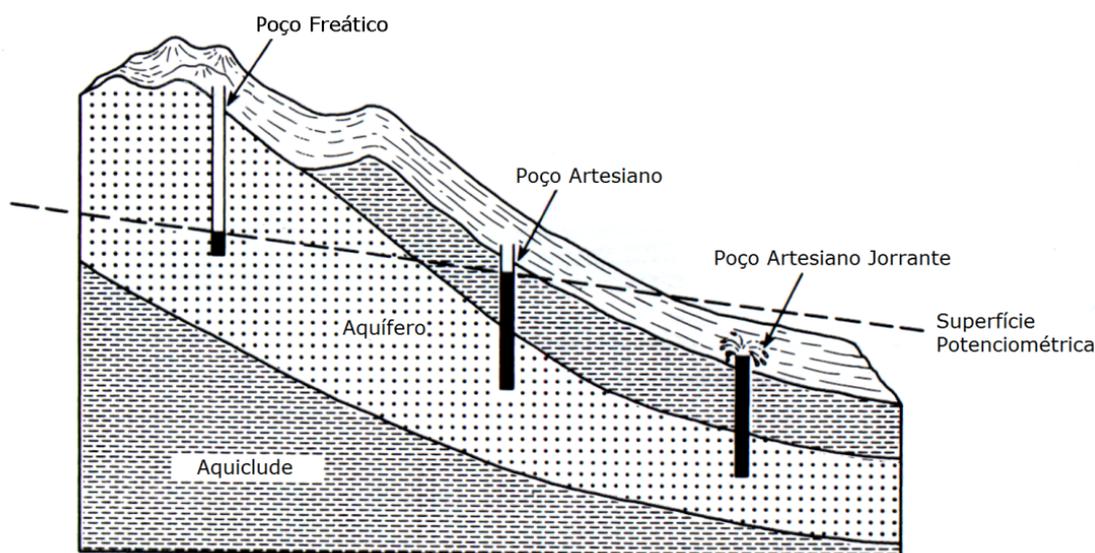


Figura 2. Representação esquemática de um aquífero confinado e de diferentes tipos de poços.

Fonte: Adaptado de FETTER, 2000.

A circulação das águas subterrâneas está condicionada tal qual o armazenamento das mesmas, à quantidade de poros (fendas) das rochas. Porém, paralelo à quantidade, as dimensões dos poros (fendas) podem permitir uma intercomunicação na rocha, facilitando assim o fornecimento de água (ABAS, 2008). Sendo assim, a propriedade de permitir a circulação da água no interior da rocha é conhecida como permeabilidade, onde ocorre que as rochas com maior permeabilidade são aquelas em que a quantidade de poros ou fendas comunicáveis é maior, e o fornecimento de água torna-se facilitado, assim como a circulação da mesma.

Interessante ressaltar que, a água pode mover-se verticalmente num aquífero saturado, ou então lateralmente, e conforme assevera Mota (1995, p. 142): “[...] O tipo de movimento influi na percolação e sobrevivência dos poluentes, bem como na distância que os mesmos podem alcançar a partir de determinada fonte”.

Desta forma, pode-se afirmar que a movimentação de poluentes segue o sentido do fluxo da água no meio subterrâneo, considerando que as águas que percolam todo o solo alcancem a zona saturada, estes poluentes podem alcançar um rio que seja alimentado pelo fluxo subterrâneo, como ocorre com os rios efluentes. Destaca-se que conforme a direção do gradiente hidráulico, um rio pode ser ou a fonte ou o exutório do poluente (HEATH, 1983, p. 46).

Cabe ressaltar que, muitas vezes as águas subterrâneas estão interligadas às águas superficiais, podendo num momento as águas superficiais serem as provedoras, quando proporcionam a recarga dos reservatórios subterrâneos, assim como podem também as reservas subterrâneas promoverem a recarga dos cursos d’água e reservatórios superficiais (MOTA, 1995, p. 142).

Isto demonstra que as águas subterrâneas têm importância não somente per si, mas também por suas relações com as águas superficiais, que também podem apresentar problemas de poluição e/ou contaminação derivadas daquelas. Assim, além deste aspecto físico do meio, é muito importante a consideração do estudo hidrogeoquímico das águas subterrâneas, para verificar a qualidade destas, e para que sejam tomadas medidas tanto preventivas como mitigadoras, quando necessário.

Posto desta forma, como destaca Abdelmonem, El-Meleigi e Al-Rokaibah (1990) a proteção das águas subterrâneas não é simples pois as potenciais fontes de contaminação são numerosas e muito diversificadas, e elas variam muito de uma região à outra conforme o clima, densidade populacional, intensidade das atividades agrícolas e industriais, assim como a hidrologia apresentada pelas mesmas. “Esta complexidade significa que não há padrão uniforme para os problemas ligados à água subterrânea e cada situação precisa ser analisada no contexto de suas circunstâncias particulares” (ABDELMONEM; EL-MELEIGI; AL-ROKAIBAH, 1990, p. 280).

Neste sentido, cabe ressaltar a necessidade de se verificar as condições das áreas de recarga, haja visto sua importância na manutenção do ciclo subterrâneo da água e na formação de mananciais subterrâneos tais como os aquíferos.

## **A IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS DE RECARGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**

De forma geral, a recarga de água subterrânea pode ser definida como o fluxo de água descendente que alcança o nível freático, tornando-se uma adição ao reservatório subterrâneo (LERNER; ISSAR; SIMMERS, 1990, p. 6). Os autores acrescentam ainda que a recarga do reservatório subterrâneo pode ocorrer naturalmente da precipitação, rios, canais e lagos e como fenômenos induzidos pelo homem via algumas atividades como irrigação e urbanização – perdas dos programas de irrigação freqüentemente provêm uma contribuição que excede aquela da chuva.

No que tange a atuação antropogênica na modificação da qualidade das águas subterrâneas, as fontes de contaminação são em geral diretamente associadas a despejos

domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo. E, assim como ocorre com a água que penetra nos solos e alcança a zona saturada do aquífero, estes contaminantes também mobilizam metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês, assim como também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001).

Neste sentido, Pascalicchio (2002) afirma que metais (pesados) podem ser encontrados em todos os lugares, diferindo-se de demais substâncias tóxicas por sua perenidade, sendo os mesmos redistribuídos no ambiente em função de ciclos bioquímicos e geoquímicos, como a chuva, que dissolve minerais presentes em rochas e os carrega para os corpos de água ou outros locais. De qualquer forma, a autora supracitada assevera que a contaminação por metais se dá por meio da atividade industrial ou a partir de fontes naturais. Acrescentam-se ainda outras fontes antrópicas ligadas a atividades agrícolas, como fertilizantes e defensivos agrícolas.

Além disso, existem alguns fatores que afetam a recarga de aquíferos, dentre os quais Rushton (1988, apud LERNER; ISSAR; SIMMERS, 1990) destaca, conforme alguns aspectos:

- Sobre a superfície terrestre – topografia; precipitação: magnitude, intensidade, duração, distribuição espacial; *runoff*; lâmina de água; colheita padrão; evapotranspiração atual.
- Irrigação – natureza do agendamento da irrigação; perdas para canais e cursos de água; aplicação nos campos, preparação da terra, perdas para o campo.
- Rios – rios que fluem para a área de estudo; rios que deixam a área de estudo; rios que ganham ou perdem água para o aquífero.
- Zona do Solo – natureza do solo, profundidade, propriedades hidráulicas; variabilidade do solo, profundidade dos enraizamentos no solo.

Acrescenta-se ainda o tipo de uso do solo nas zonas de recarga de aquíferos. Além do uso agrícola expressivo, o impacto das malhas urbanas sobre as áreas de recarga, além de mais rápido, tem sido contundente, o que torna-se um desafio à políticas de gestão hídrica urbana, que além de lidarem com as questões ligadas às águas superficiais, também devem abarcar as águas subterrâneas, e em princípio, os locais em que a mesma é recarregada. Assim, o solo urbano torna-se um elemento preponderante, que precisa ser levado em consideração.

O solo urbano é bastante suscetível à contaminação por elementos-traço (elementos químicos de baixa concentração no meio, muitos dos quais tóxicos à saúde), oriundos, principalmente, das atividades industriais. Há de se considerar as fontes de contaminação do solo por elementos-traço como fontes igualmente contaminantes das águas subterrâneas, assim, ainda que em menor grau, as principais fontes de contaminação por elementos-traço em solo, tais como as cinzas provenientes da queima de carvão e o descarte de produtos comerciais (GUILHERME et al., 2005) também podem afetar a qualidade da água subterrânea.

Dada a importância da água para a saúde coletiva, destaca-se o que afirmam Azevedo Netto e Botelho (1995), ou seja, pessoas com doenças causadas, direta ou indiretamente, pela água de má qualidade e por falta de saneamento ocupam 80% dos leitos hospitalares, nos países em desenvolvimento. Portanto, o estado de saúde da população é grandemente afetado, em especial nos países em desenvolvimento, pelos agentes causadores de doenças encontrados na água (SELINUS et al., 2005).

Ressalta-se que os reservatórios naturais vêm sendo depositários de uma variedade de subprodutos, provenientes da atividade antrópica. A presença de elementos

potencialmente tóxicos é responsável por efeitos adversos sobre o ambiente, com repercussão na economia e na saúde pública.

A intervenção humana pode ser considerada como a maior responsável pela magnitude e frequência da disposição dos elementos tóxicos como metais pesados, por exemplo, uma vez que a sua geração e utilização como subproduto nas atividades industriais ocorre em escalas exponenciais, gerando diversos impactos em níveis locais e globais, levando a um estresse contínuo da natureza e, conseqüentemente, a efeitos agudos e crônicos à saúde dos ecossistemas e do homem (BAGGIO FILHO, 2008).

Em se tratando de Brasil, poucos são os estudos encontrados acerca das condições geoquímicas do solo urbano das cidades brasileiras, no entanto, quando se trata dos países europeus e dos países asiáticos, predominantemente, os estudos europeus têm maior visibilidade. Isto tem haver com a industrialização de longa data a qual a Europa sucedeu no tempo, o que tem legado um histórico de contaminação dos solos urbanos europeus.

Na maioria destes estudos europeus, o elemento predominantemente encontrado nas amostras é o chumbo (Pb). Este elemento é um metal pesado que fora um dos primeiros metais a serem trabalhados pelo homem. No contexto atual, sua aplicação se dá principalmente na indústria, sendo um dos metais mais utilizados pela mesma. A principal aplicação das ligas de chumbo ocorre no fabrico de baterias automotivas, no entanto, o mesmo pode estar presente em diversos outros produtos industrializados, desde embalagens, trefilados de fios metálicos, munições a tintas e pigmentos.

Estudos em outras localidades do planeta verificaram outros problemas, ligados a outros tipos de elementos químicos, assim como as dificuldades observadas no trato das complexas relações entre estes e o solo.

Após um estudo piloto acerca da determinação de iodo nos solos e águas de Kabul (Afeganistão), realizado por Watts e Mitchell (2009), verificou-se que a população em destaque apresentava problemas relativos à deficiência de iodo no organismo, observando-se uma grande dificuldade para correlacionar alguns dados encontrados e explicar as relações entre os fatores e elementos que controlam a quantidade de iodo nos solos analisados, assim como as suas biodisponibilidade ou mobilidade pelos mesmos.

Tal como afirmam Watts e Mitchell (2009), os resultados conflitantes deste e de outros estudos sugerem que fatores complexos que controlam a fixação de iodo nos solos, tais como pouca matéria orgânica, natureza alcalina dos solos afegãos, incitam novas investigações que permitam compreender melhor a biodisponibilidade e mobilidade de iodo nos solos utilizados para produção de culturas no Afeganistão.

Geralmente, os solos são muito suscetíveis à contaminação promovida pelas atividades humanas, sejam quais forem, mas principalmente pelas atividades industriais, mas também pelas atividades agrícolas, mineração, disposição de resíduos urbanos, entre outros. Além disso, um fator contaminante muito comum nos centros urbanos é a utilização de fossas negras (fossas sépticas), que acabam por impor um impacto ambiental significativo aos solos e aos mananciais subterrâneos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nas áreas de recarga de água subterrânea, a contaminação dos solos e da água subterrânea decorre principalmente do crescimento desordenado dos aglomerados urbanos e da produção industrial que não estão sujeitos a um controle ambiental mais efetivo, além das atividades agrícolas e pecuárias.

Segundo Valentim (2007) esta situação propicia cenários de risco à saúde humana e demandam abordagem integrada de avaliação e gerenciamento, principalmente nas áreas de

maior concentração da população e das atividades produtivas. Conforme Alievi, Pinese e Celligoi (2009a), nestas áreas (urbanas principalmente) é maior a pressão sobre os recursos hídricos, que são contaminados por meio de esgotos sanitários e industriais, entre outros.

Os empreendimentos industriais apresentam potencial capacidade de contaminação dos solos e da água subterrânea, principalmente as atividades dos setores de produção têxtil, alimentícia, gráfica, química, metalúrgica, siderurgia, celulose, minerais metálicos e não-metálicos, farmacêuticos, dentre outros.

Atualmente, os produtos químicos tóxicos representam a maior ameaça para a segurança do abastecimento de água nas nações industrializadas. Existem muitas possíveis fontes de contaminação química na água. Estas incluem hidrocarbonetos clorados, resíduos industriais da produção química, metais pesados oriundos de operações de metalização, pesticidas, e a salinidade provinda da lixiviação de terras agrícolas.

Desta forma, configura-se como de suma importância analisar e verificar o estado do solo sobre as áreas de recarga, pois conforme o tipo de uso pode-se tentativamente indicar um processo de contaminação das águas subterrâneas que por estas zonas são abastecidas. O poder público municipal precisa criar programas de proteção destes lugares de acordo com os artigos 2.º e 3.º contidos resolução da CONAMA nº 92/08 (2008) que delegam aos gestores públicos (e privados) a promoção de estudos e planos de delimitação e proteção das áreas de recarga de aquíferos.

Outro importante fator a se considerar, nestes estudos, é a caracterização de áreas de risco a partir da espacialização das porções problemáticas do ponto de vista da contaminação das áreas de recarga.

Cabe ressaltar ainda que estas áreas de risco apresentam-se como porções do espaço em que se constituem o que denomina-se como *hazards* (perigo), o que na literatura acerca dos riscos ambientais significa dizer as situações (ou locais) em que há algum tipo de perigo que afete a sociedade. É muito importante afirmar que “[...] um *hazard* não é natural em si, mas trata-se de um evento que ocorre na interface sociedade-natureza” (MARANDOLA JUNIOR; HOGAN, 2004, p. 98).

Como afirmado por Castro, Peixoto e Rio (2005, p. 27), “[...] não se pode pensar em risco sem considerar alguém que corre risco, ou seja, a sociedade”. Esta ideia baseia-se no raciocínio de que o risco pode ser vinculado a um acontecimento que pode realizar-se ou não, mas que somente se constitui quando “[...] há a valorização de algum bem, material ou imaterial, pois não há risco sem a noção de que se pode perder alguma coisa” (CASTRO, PEIXOTO; RIO, 2005, p. 27).

Considerando-se a sociedade exposta a estas áreas de risco, a necessidade de se criar ou promover instrumentos que permitam uma avaliação das situações adversas encontradas no espaço analisado têm uma importância fundamental nas políticas públicas relativas à saúde da população local, obviamente, correlacionada à proteção destes mananciais subterrâneos e suas áreas de recarga em específico.

## REFERÊNCIAS

- ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Água: nova commodity da mineração. **Águas Subterrâneas**, ano 2, n. 8, nov, 2008.
- ABDELMONEM, A. E.; EL-MELEIGI, M. A.; AL-ROKAIBAH, A. A. Chemical characteristics and bacterial contamination of groundwater in Buraydah, Saudi Arabia. **J. King Saud Univ**, v. 2, p.279-290, 1990.
- ALIEVI, A. A.; PINESE, J. P. P.; CELLIGOI, A. O consumo de água subterrânea e as implicações para a saúde coletiva. In: PINESE, J. P. P.; BARROS, M. V. F.; YAMAKI, H. T.; SALVI, R. S. (orgs.).

- Prospecções em geografia e meio ambiente.** Londrina: Edições Humanidades, 2009. p. 91-110.
- ALIEVI, A. A.; PINESE, J. P. P.; CELLIGOI, A. A lógica de concentração de poços tubulares no perímetro urbano de Londrina (PR). In: SEMANA DE GEOGRAFIA DA UEL, 25., 2009, Londrina. **Anais [...]**. Londrina, 2009a.
- AZEVEDO NETTO, J. M.; BOTELHO, M. H. C. **Manual de saneamento de cidades e edificações.** São Paulo: PINI Editora, 1995.
- BAGGIO FILHO, H. **Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, MG.** 2008. 216 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.
- CASTRO, C. M. de; PEIXOTO, M. N. de O.; RIO, G. A. P. do. Riscos ambientais e geografia: conceituações abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 11-30, dez. 2005.
- CONAMA. Resolução Conama nº396, de 3 de abril de 2008. **Diário Oficial da União**, n. 66, de 7 de abril de 2008, seção 1, p. 64-68. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em:
- FETTER, C. W. **Contaminant Hydrogeology.** New York: Macmillan Publishing Company, 1993.
- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (orgs.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.
- FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad. de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, maio-jun, 2001.
- GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPOS, M. L.; MARCHI, G. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. **Tópicos Ci. Solo**. v. 4, p. 345-390, 2005.
- HEATH, R. C. **Hidrologia básica de água subterrânea.** United States: Geological Survey Water Supply Paper 2220, 1983.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral.** São Paulo: Editora Nacional, 2003.
- LERNER, D. N.; ISSAR, A. S.; SIMMERS, I. **Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge.** Hannover: Heise, 1990.
- MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D.J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade.** Campinas, ANPPAS, v. 7, n. 2, p. 95-109, jul./dez. 2004.
- MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** Rio de Janeiro: ABES, 1995.
- PASCALICCHIO, E.A. **Contaminação por metais pesados.** São Paulo: Annablume, 2002.
- SELINUS, O.; ALLOWAY, B.; CENTENO, J. A.; FINKLEMAN, R. B.; FUGE, R.; LINDH, U; SMEDELY, P. **Essentials of Medical Geology: Impacts of the Natural Environment on Public Health.** Burlington, MA:Elsevier Academic Press, 2005.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003.
- VALENTIM, L. S. O. Consumo de água subterrânea e riscos à saúde. **Informativo SAMA/CVS**, São Paulo, n. 01, 2007.
- WATTS, M. J.; MITCHELL, C. J. A pilot study on iodine in soils of greater Kabul and Nangarhar provinces of Afeghanistan. **Environ Geochem Health**, v. 31, p. 503-509, 2009.