



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

RAFAEL CAMPOS ALVES DA SILVA

**IMPACTOS NA RECARGA DO AQUÍFERO EM ÁREA
URBANA**

Natal/RN

2016

Rafael Campos Alves da Silva

Impactos na recarga do aquífero em área urbana

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Profa. Dra. Joana Darc Freire de Medeiros.

Coorientador: Profa. Dra. Isabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros.

Natal/RN
2016

Catálogo da Publicação na Fonte

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Sistema de Bibliotecas Biblioteca Central Zila
Mamede / Setor de Informação e Referência

Silva, Rafael Campos Alves da.

Impactos na recarga do aquífero em área urbana / Rafael Campos Alves da Silva. - 2016.

11 f. : il.

Artigo científico (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Natal, RN, 2016.

Orientadora: Prof^a. Joana Darc Freire de Medeiros.

Coorientador: Isabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros.

1. Engenharia Civil - TCC. 2. Aquíferos – TCC. 3. Águas subterrâneas - TCC. I. Medeiros, Joana Darc Freire de. II. Medeiros, Isabelly Bezerra Braga Gomes de. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 624:556.33

Rafael Campos Alves da Silva

Impactos na recarga do aquífero em área urbana

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 16 de novembro de 2016:

Profa. Dra. Joana Darc Freire de Medeiros – Orientador

Profa. Dra. Isabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros – Coorientador

Prof. Dr. José Braz Diniz Filho – Examinador interno

Enga. Ana Cláudia Araújo Fernandes – Examinador externo

Natal-RN

2016

RESUMO

IMPACTOS NA RECARGA DO AQUÍFERO EM ÁREA URBANA

Autor: Rafael Campos Alves da Silva

Orientador: Joana DarcFreire de Medeiros

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, Natal, Novembro 2016

Este artigo visou dar noções de como quantificar e qualificar os impactos na recarga do aquífero em área urbana com o intuito de se obter uma melhor avaliação sobre os efeitos negativos a que as águas subterrâneas estão submetidas, e a partir disso poder então apresentar propostas para mitigar tais efeitos indesejáveis. A metodologia usada foi a busca através da pesquisa no banco de dados do Portal de Periódicos CAPES/MEC e no Google acadêmico de artigos, dissertações e teses que contemplassem sobre a temática em questão. Para poder quantificar a recarga do aquífero, Melo (1995) e Maldaner (2010) utilizaram-se dos métodos do balanço hídrico e da variação do nível da água em poços tubulares. Através do emprego dessas metodologias, percebeu-se que os impactos dos vazamentos da rede de abastecimento de água e esgoto na recarga variam para cada região, de acordo com a qualidade, manutenção, extensão de ambas as redes e a área permeável. Além disso, tais impactos são sim relevantes, visto que, correspondem a cerca de 20-25% do volume total distribuído (Lerner, 2002). Para qualificar a recarga do aquífero Melo (1995) e Maldaner (2010) utilizaram-se de análise laboratoriais de pH, nitrato sobretudo de técnicas isotópicas. Foi identificado que para regiões onde não há rede coletora de esgoto a principal fonte de contaminação são as fossas e sumidouros e os principais poluentes de forma geral são: matéria orgânica, compostos nitrogenados resultantes da biodegradação da matéria orgânica e micro-organismos patogênicos.

Palavras-chave: recarga, aquífero, águas subterrâneas;

ABSTRACT

IMPACTS ON THE AQUIFER'S RECHARGE IN URBAN AREA

Author: Rafael Campos Alves da Silva

Advisor: Joana DarcFreire de Medeiros

**Departament of Civil Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte, Brazil,
Natal, Novembro 2016**

This article aimed to give notions on how to quantify and qualify impacts on the recharge of the aquifer in urban area in order to obtain better avaluation about negative effects that groundwater are submitted, an then be able to show proposes to mitigate these indesejable effects. The used metodology was the reserach through Portal de Periódico CAPES/MED's and Google Academic's data base of articles, dissertations and thesis about the subject. To quantify aquifer's recharge Melo (1995) and Maldaner (2010) used Hydric balance's and Water level variation's method. Through the use of these methodologies, it was noticed that the impacts of leaks from the water and sewage network in the recharge vary for each region, according to the quality, maintenance and extension of both networks and the permeable area. In addition, these impacts are rather relevant, since they correspond to about 20-25% of the total volume distributed (Lerner, 2002). To qualify the recharge of the aquifer Melo (1995) e Maldaner (2010) used laboratory tests of pH, nitrate especially isotopic techniques. It was identified that for regions where there is no sewage network the main source of contamination are the sinks and cesspool and the main pollutants in general are: organic matter, nitrogenous compounds resulting from the biodegradation of organic matter and microorganisms pathogenetic.

Key words: recharge, aquifer, groundwater.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da urbanização presente no território brasileiro os impactos negativos nas águas subterrâneas vem se tornando um ponto de discussão bastante relevante para a preservação da qualidade e quantidade dessas águas. Segundo censo do IBGE de 2003 aproximadamente 61% da população brasileira é abastecida, para fins domésticos, com águas subterrâneas, a qual ainda é estimada em cerca de 100 vezes mais abundante do que as águas superficiais de córregos, rios e lagos (SHIKWMANOV, 1998).

Um fator preocupante relacionado à contaminação das águas subterrâneas é a disposição dos esgotos no solo em sistemas descentralizados. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2014 foi revelado que apenas 48,6% dos brasileiros têm acesso à rede coletora de esgoto o que torna mais preocupante ainda o cenário devido a vulnerabilidade natural dos aquíferos a esses efluentes gerados.

Desta forma, a quantificação e qualificação da recarga dos aquíferos precisam ser devidamente estudadas de forma a se obter uma melhor avaliação sobre os impactos negativos a que as águas subterrâneas estão submetidas, e a partir disso poder então mostrar propostas para mitigar tais efeitos indesejáveis.

Sendo assim, para poder quantificar a recarga do aquífero, Melo (1995) e Maldaner (2010) utilizaram-se dos métodos do balanço hídrico e da variação do nível da água em poços tubulares.

No método do balanço hídrico, que foi proposto inicialmente por Fenn em 1975, a estimativa da recarga direta do aquífero é baseada no cálculo das quantidades de água que entra e sai de um sistema já previamente definido, ou seja, é a relação existente entre precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e as águas subterrâneas. No entanto, embora seja um método fácil, devido a simplicidade do conceito, tem baixa precisão (Lerner et al., 1990).

Já o método da variação do nível da água em poços tubulares consiste na análise da variação do nível de água devido às precipitações, fornecendo assim dados da recarga direta do aquífero Maldaner (2010).

Com o intento de qualificar a recarga do aquífero Melo (1995) e Maldaner (2010) utilizaram-se de análise laboratoriais de pH, nitrato sobretudo de técnicas isotópicas, estas aplicadas inicialmente por Clark e Fritz em 1997.

Assim, a utilização dos isótopos para qualificar a origem da recarga do aquífero é um método feito através do fracionamento dos isótopos em reações termodinâmicas como

evaporação, condensação, solidificação e fusão. Devido às ligações químicas entre os elementos ocorre o fracionamento dos isótopos, visto que os elementos mais leves possuem ligações mais fracas e passam primeiro para a fase de vapor do que os de maior massa. É formado então um líquido residual enriquecido do elemento mais pesado. Analogamente, para a precipitação da chuva os elementos de massa maior são os principais componentes dos primeiros milímetros (Maldaner, 2010).

Em razão da importância da preservação das águas subterrâneas faz-se necessário entender como é feita a recarga e quais os fatores que a influenciam quantitativamente e qualitativamente com o objetivo de identificar os potenciais efeitos negativos e como mitigá-los.

Portanto, esse trabalho tem o intuito de dar noções de como quantificar e qualificar os impactos a que os aquíferos estão submetidos por estarem em zona urbana.

2. METODOLOGIA

Este trabalho constitui-se de uma revisão e estudo da literatura técnica científica utilizando artigos, dissertações e teses selecionados através da busca no banco de dados do Portal de Periódicos CAPES/MEC e o Google acadêmico. A busca no banco de dados foi realizada utilizando as palavras-chave recarga, aquífero, águas subterrâneas.

Por fim, pretende-se através de informações contidas nesse artigo avaliar os impactos positivos e negativos na recarga do aquífero devido aos contaminantes advindos da zona urbana.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Fatores que contribuem para recarga dos aquíferos.

Para quantificar a recarga do aquífero em áreas urbanas, Lerner et al. (1990) mostraram que de forma geral diversos fatores podem influenciar diretamente e indiretamente (Quadro 01).

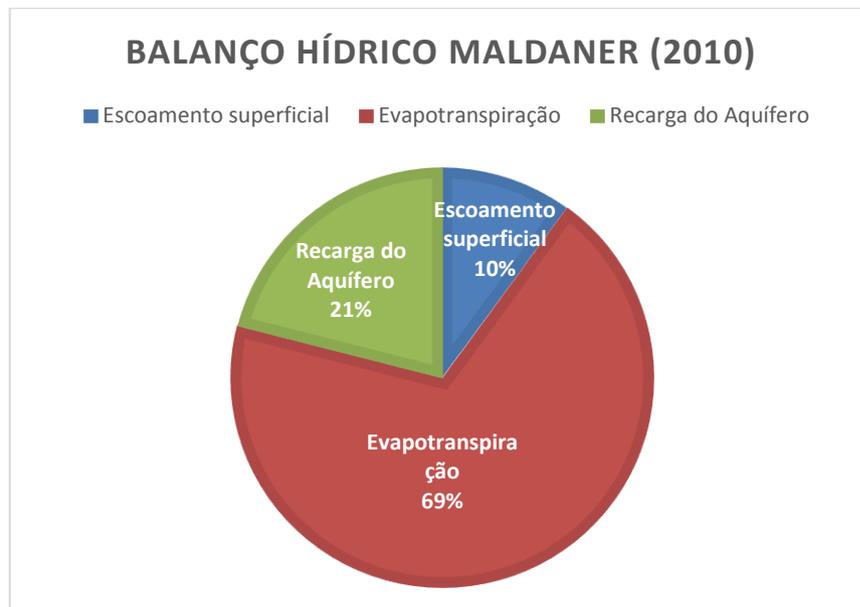
Quadro 1 - Fatores que evidenciam a recarga.

FATOR	PARÂMETROS
Ambiente externo	Precipitação, topografia, escoamento, formação de poças, uso e ocupação do solo e evapotranspiração.
Irrigação	Frequência, perda d'água proveniente de canais.
Rios	Afluentes ou efluentes
Solo	Composição, espessura, características hidráulicas, umidade, profundidade da zona de raízes.
Zona não saturada	Mecanismo de fluxo, condutividade hidráulica e heterogeneidade.
Aquífero	Profundidade do nível de água, capacidade de armazenar água

Fonte – Adaptado de Lerner et al. (1990).

Tais fatores são determinantes para se avaliar quantitativamente e qualitativamente o potencial de recarga das áreas estudadas os quais ainda apresentam parâmetros que influenciam diretamente na quantidade de recarga efetiva do aquífero.

Sendo assim, em termos quantitativos foi constatado, através do emprego do método do balanço hídrico por Maldaner (2010), que para uma precipitação acumulada de 2498 mm, 10% (247 mm) deste total correspondem ao escoamento superficial, 69% (1734 mm) voltam à atmosfera por evapotranspiração e os 21% (517 mm) restantes recarregam efetivamente o aquífero (Imagem 01).

Imagem 1 - Balanço hídrico, Maldaner (2010)

Fonte - Tabela criada baseando-se em informações de Maldaner (2010).

Já com relação ao método da variação do nível d'água através do monitoramento de poços em profundidades distintas, Maldaner (2010) constatou que o volume de precipitação

foi de 2742 mm, sendo a recarga calculada equivalente a 20% (544 mm) deste total. Desta forma, percebe-se que não houve diferenças significativas dos valores de recarga efetiva obtida nos métodos.

Nas áreas rurais a maior parte da taxa de recarga é proveniente da precipitação, rios, irrigação e outros corpos de águas superficiais (Lerner et al., 1990). Diferente da área urbana, que ocorre da mesma forma, no entanto com maior complexidade devido a rede de distribuição de água, esgoto, drenagem e ao escoamento superficial da água. Sendo assim, de acordo com Yang et al. (1999) a recarga em áreas urbanas acontece principalmente por duas vias: precipitação e vazamentos da rede de esgoto e água.

Vazamentos nas tubulações de distribuição de água e rede de coleta de esgoto são geralmente da ordem de 20-25% do volume total distribuído (Lerner, 2002). Somando-se a isso, Yang et al. (1999) afirmou que a rede de distribuição de água pode ser a principal contribuinte, visto que trabalha sob pressão. No entanto, em cidades em que não há rede de esgotamento sanitário e a disposição é realizada em fossas, as mesmas podem ser consideradas as principais fontes (Yang et al. 1999).

Um estudo realizado na área urbana de Doncaster, no Reino Unido, por Rueedi et al. (2009), mostrou que apesar de não trabalhar sob pressão, a rede de esgoto pode ter grande participação na recarga devido a precariedade e falta de manutenção, visto que para uma recarga anual de 200mm, 28mm foram provenientes de vazamentos da rede de esgoto e 22mm da rede de distribuição de água. Todavia, outro estudo de mesmo objetivo realizado por Yang et al. (1999) utilizando técnicas de balanço de solutos combinada com modelagem matemática de fluxo e transporte de contaminantes. Foram usados os solutos Cl, SO₄ e N para a quantificação de recarga proveniente da chuva, rede de distribuição de água e coleta de esgoto na cidade de Nottingham, no Reino Unido mostrou uma realidade inversa à apresentada por Rueedi et al. (2009) como mostra o Tabela 1 comparativa.

Tabela 1 - Dados anuais da contribuição na recarga por vazamentos.

Localidade (Área Urbana)	Vazamento na rede de esgoto	Vazamentos da rede de distribuição de água
Doncaster (Reino Unido)	14%	11%
Nottingham (Reino Unido)	4,30%	40,4% - 70,4%

Fonte – Modificado de Rueedi et al. (2009) Yang et al. (1999).

Sendo assim, percebe-se que os impactos de vazamentos da rede de abastecimento e da rede esgoto na taxa de recarga variam para cada região, de acordo com a qualidade, manutenção, extensão de ambas as redes e a área permeável.

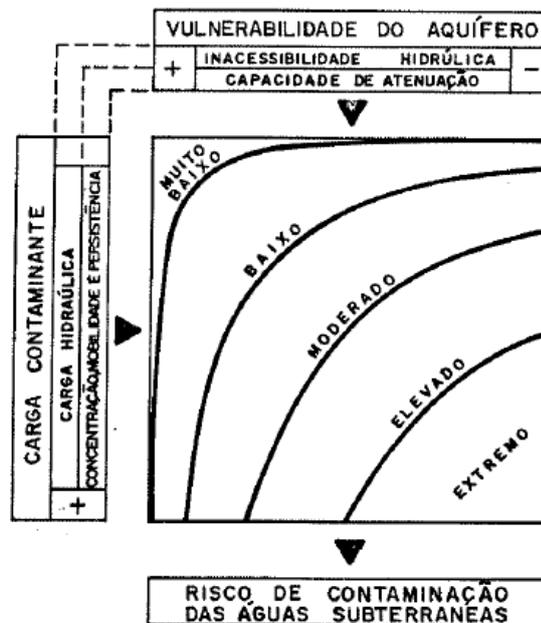
3.2. Principais contaminantes dos aquíferos

Para avaliar os riscos potenciais, é necessário entender os fatores fundamentais que lhe são atribuídos: a carga contaminante lançada no solo resultante de atividade humana e a vulnerabilidade natural do aquífero a esta carga (Foster, et al,1987; Hirata, et al, 1990). Segundo Melo (1995) para a carga contaminante ser devidamente caracterizada é necessário conhecer os seguintes aspectos: Classe, intensidade, modo de disposição no terreno e duração. A vulnerabilidade do aquífero depende da litologia e estrutura hidrogeológica do terreno.

Assim, o contaminante pode ser controlado ou modificado, no entanto, a vulnerabilidade do aquífero não pode ser controlada, exceto quando se realiza movimentos de terra, como no caso de fossas sépticas e outros mecanismos de disposição de esgoto no solo (Melo, 1995).

Logo abaixo a Imagem 2 representa o esquema conceitual referente ao risco de contaminação das águas do aquífero.

Imagem 2 - Esquema de risco de contaminação das águas do aquífero.



Fonte - Foster et al, 1987

A partir da relação explicitada na figura acima entre a carga contaminante e a vulnerabilidade natural do aquífero quanto ao risco de contaminação das águas subterrâneas, é possível por exemplo obter uma alta vulnerabilidade sem riscos de contaminação. Essa relação tem sua importância ressaltada quando se trata da contaminação de aquíferos menos vulneráveis, visto que, segundo Foster e Hirata (1993) esses reservatórios de águas subterrâneas em específico tendem a ser os mais difíceis de reabilitar se estiverem contaminados.

Resultados dos isótopos radiogênicos de estrôncio e de hidrogeoquímica, através da técnica isotópica, indicaram a existência de um zoneamento do aquífero em raso, médio e profundo, onde a captação por poços tubulares pode chegar a 49% de água rasa (Maldaner, 2010).

Visto isso, sabe-se que a recarga do aquífero em área urbana tem grande chance de ser nociva às reservas de águas subterrâneas devido tanto aos fatores químicos, como compostos de nitrogênio, enxofre como pelo próprio zoneamento do aquífero citado anteriormente (Maldaner, 2010).

Segundo Foster e Hirata (1993); Feitosa e Manoel Filho (1997); Health (1983), são áreas de poluição da água subterrânea: Áreas residenciais urbanas com ou sem rede de coleta de esgoto, fossas sépticas, fertilizantes utilizados na agricultura, efluentes industriais, lixões, aterros sanitários, postos de combustíveis, oficinas mecânicas e outros.

Através do Quadro 2 abaixo é possível identificar a importância das diferentes formas de recarga bem como os principais poluentes associados:

Quadro 2 - Formas de recarga e poluentes associados.

Fonte de recarga	Importância	Qualidade	Poluentes indicadores
Vazamentos da rede de distribuição de água	Grande	Boa	Nenhum indicador óbvio
Irrigação de jardins	Moderada a Grande	Boa geralmente (depende da fonte)	Nenhum indicador óbvio
Fossas	Grande	Ruim	N, B, Cl, Coliformes Fecais (CF)
Vazamento da rede de esgoto	Menor	Ruim	N, B, Cl, CF, SO ₄ , produtos químicos industriais

Bacias de drenagem de água superficial	Menor a maior	Boa a ruim	N, Cl, CF, HC, COD, produtos químicos industriais
Infiltração proveniente de canais e rios	Menor a maior	Moderado a ruim	N, B, Cl, SO ₄ , CF, COD, produtos químicos industriais

Fonte - Modificado de FOSTER et al. 1998

B: Boro; CF: Coliformes fecais dissolvidos; Cl: Cloreto e geralmente salinidade. COD: Carbono; HC: Hidrocarbonetos; N: Compostos nitrogenados (nitrato ou amônio); SO₄: Sulfato.

Este quadro mostra de forma geral sob o ponto de vista de Foster et al. (1998) e Maldaner (2010) os principais poluentes em cada fonte de recarga revelando assim que para ambos assim como para Yang et al. (1999) os vazamentos da rede de distribuição de água são expressivos e por isso de grande importância. Já os vazamentos da rede de esgoto são considerados poucos quantitativamente, justificando sua baixa importância para Foster et al. (1998), Maldaner (2010) e Yang et al. (1999) e alta importância para Rueedi et al. (2009).

Foster e Hirata (1993) ressaltam que o principal contaminante na zona urbana, para a qualidade da água do aquífero, é a carga contaminante advinda do saneamento sem rede de coleta de esgoto e outros métodos que reduzam a carga poluidora dos esgotos urbanos, como filtros e tanques sépticos.

Além da recarga poluidora ser feita pelo solo, os próprios rios ao receberem uma carga de efluente maior do que a sua capacidade de depuração tornam-se uma fonte de poluição para as águas subterrâneas, sob certas condições hidrológicas (Foster; Hirata 1993). A contaminação dos rios pode ser feita não só pelos efluentes industriais, mas por lixões das proximidades, em que o chorume produzido escoar e contamina.

Outro estudo realizado por Melo (1995) em que ele dividiu a da região de estudo em atividades potencialmente poluidoras, foi constatado que a disposição local de efluentes domésticos, como tanques sépticos e sumidouros, contamina as águas subterrâneas por micro-organismos patogênicos como coliformes fecais (C.F.) e estreptococos fecais (E.F.) e produtos de biodegradação dos excrementos humanos como, por exemplo, os nitratos. O estudo também mostrou que em atividades industriais os principais contaminantes do aquífero são: matéria orgânica, compostos orgânicos sintéticos, patógenos e metais pesados.

A disposição no solo de resíduos sólidos também foi uma atividade analisada por Melo (1995), e teve sua relevância para o estudo devido o lixo depositado em céu aberto ou disposto em aterros sanitários estar sujeito à lixiviação pela percolação da água da chuva,

onde é produzido o chorume, que possui contaminantes orgânicos e inorgânicos, como nitrogênio e metais pesados.

O vazamento de tanques de armazenamento de combustível enterrados no subsolo possui grande potencial de contaminação para o aquífero (Melo, 1995). Foi comprovado na Europa e EUA através de experimentos (Oliveira et al, 1990) que os tanques de combustíveis de forma geral vasam dentro do período de 15 a 20 anos após instalação. Visto isso, devido a ausência de substituição dos tanques e sua manutenção adequada a ameaça à potabilidade das águas subterrâneas é uma realidade, sendo os principais compostos nocivos: compostos sintéticos, hidrocarbonetos e metais pesados.

3.3. Soluções que contribuem para redução da contaminação dos aquíferos.

A construção de filtros e fossas sépticas são alternativas que minimizam bastante a poluição do solo, no entanto, segundo Mota (1995), ao decorrer do tempo quando o terreno é habitado por mais famílias essa solução se torna inviável pois seriam necessárias grandes áreas para absorver de forma gradativa e não nociva tamanha carga poluidora dos efluentes advindos das fossas. Sendo assim, essa alternativa de uso do solo é considerada altamente poluidora por Foster e Hirata (1993) sendo a melhor solução para essa problemática a instalação de rede coletoras de esgoto e em seguida o encaminhamento para estações de tratamento de esgoto.

Ademais, é necessário que o saneamento básico seja feito e mantido adequadamente com os anos, bem como sejam feitos planejamento territoriais adequados para local de forma adequada os lixões, aterros sanitários e outras possíveis fontes poluidoras, de forma que fiquem distâncias seguras dos corpos de água, sobretudo respeitem a lei de uso e ocupação do solo (LUOS) de cada município para que o solo e o aquífero não sejam contaminados.

4. CONCLUSÃO

É possível concluir que no quesito qualitativo da recarga do aquífero os aspectos em comum foram os contaminantes advindos de compostos de nitrogênio, enxofre e coliformes fecais resultantes da biodegração da matéria orgânica, os quais são ainda mais evidentes quando não há rede coletora de esgoto na região, ou seja, há predominância de fossas sépticas e sumidouros. Além disso, os contaminantes advindos do chorume produzido por aterros sanitários e lixões são menos frequentes, porém não menos importantes devido o seu grande

potencial poluidor, e por fim, os contaminantes de origem industrial que abrangem vários tipos de produtos químicos, variando de acordo com os tipos de indústria presentes na região.

Portanto, com intento de preservar e contribuir quantitativamente para a recarga das águas subterrâneas é necessário praticar a conservação de áreas permeáveis obedecendo preferencialmente a lei de uso e ocupação do solo (LUOS) do respectivo município. Ademais, com o intuito de mitigar e erradicar a contaminação do aquífero visto sua vulnerabilidade natural e a grande possibilidade de contaminação em ambiente urbano seria prudente a priorização dos sistemas de esgotos centralizados em vez do sistema descentralizados. Além disso, é de extrema importância para preservação das águas subterrâneas que concomitantemente ao processo inicial de urbanização seja feito um planejamento territorial para a devida locação das fontes poluidoras como aterros sanitários e lixões e o correto uso do solo.

5. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Águas subterrâneas, o que são?** Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 27 maio 2016.
- CAGNON, F.A. **Origem e hidrogeoquímica do nitrato nas águas subterrâneas do Aquífero Adamantina em Urânia, SP.** São Paulo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003, 148f. (Dissertação de Mestrado).
- CLARK, Ian D.; FRITZ, Peter. **Environmental Isotopes in Hydrogeology.** New York: Lewis Publishers, 1997.
- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e aplicações.** Fortaleza: CPRM – Serviço geológico do Brasil, 1997.
- FOLLMANN, Fernanda Maria. **Importância de rede coletora de esgoto em área de recarga de aquífero.** IN: Ra'ega. Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria, 2013, p.115-134.
- FOSTER, S., LAWRENCE, A., MORRIS, B. **Groundwater in Urban Development - Assessing Management Needs and Formulating Policy Strategies.** IN: World Bank Technical Paper, 1998.
- FOSTER, S; HIRATA, R. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: Um método baseado em dados existentes.** São Paulo: Instituto geológico, 1993.
- HEATH, R. C. **Hidrologia básica de água subterrânea.** United States Government Printing Office, 1983.
- HIRATA, R.C.A.; BASTOS, C.R.A; ROCHA, G.A.R.; GOMES, D.C. & IRITANI, M.A. **Groundwater Pollution risk and vulnerability map of the São Paulo State-Brasil.** IN: International Seminar of Pollution, Protection and Control of Groundwater, Porto Alegre, RS, 1990.
- _____ **Identifying and quantifying urban recharge: a review.** IN: Hydrogeology Journal. IAH: [s/l], 2002, v. 10.
- LERNER, D.N. **Groundwater recharge in urban areas.** IN: Atmos Environment. New York, 1990, v. 24, n. 1.
- MALDANER, Carlos Henrique. **Recarga de aquífero em área urbana: Estudo de caso de Urânia (SP).** Universidade de São Paulo: Urânia, 2010, 101 f. (Dissertação de Mestrado - Curso de Geologia).

- MELO, Jose Geraldo de. **Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal/RN**. Universidade de São Paulo: São Paulo, 1995, 196 f. (Tese de Doutorado - Curso de Geologia).
- 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>>. Acesso em: 27 maio 2016.
- MOTA, S. **Preservação e Conservação de Recursos Hídricos**. 2 Ed. Rio De Janeiro: ABES, 1995.
- OLIVEIRA, E.; CLEARY, R.W.; CUNHA, R.C.A & PACHECO, A. Gasoline hydrocarbons: groundwater pollution potencial in Metropolitan São Paulo. In: International Seminer of Pollution, Protection and Control of Ground water, Porto Alegre, RS, 1990.
- PAIVA, Ivan Euler Pereira de. **Método do Balanço Hídrico**. 2005. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A11.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2016.
- RUEEDI, J., CRONIN, A.A., MORRIS, B.L. **Estimation of sewer leakage to urban groundwater using depthspecific hydrochemistry**. Water and Environment Journal. CIWEN: [s/l], 2009, v. 23.
- SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources: A new appraisal and assessment for the 21º century**. Paris: UNESCO, 1998. 76 p.
- YANG Y., LERNER D.N., BARRETT M.H., TELLAM, J.M. **Quantification of groundwater recharge in the city of Nottingham, UK**. IN: Environment Geology. IJG: Berlim, 1999, v. 38, n. 3.