

## NECESSIDADE DO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM GRANDES CIDADES COMO RECIFE

Ricardo Pereira Guedes<sup>1</sup>  
Marny Pessoa Silva de Araújo<sup>2</sup>  
Ana Paula Guedes de Andrade<sup>3</sup>

### RESUMO

A crescente urbanização desordenada tem causado, cada vez mais, problemas relacionados aos recursos hídricos. Um dos grandes desafios para o desenvolvimento de grandes cidades é garantir o escoamento das águas pluviais em contextos urbanos. Para tanto, os municípios devem editar Planos Diretores com políticas que integrem o desenvolvimento das cidades aos recursos hídricos. O Recife, apresenta cerca de 160 pontos críticos de alagamentos em suas vias urbanas, e vem sofrendo, um abaixamento do lençol freático, decorrente de retiradas excessivas das águas dos poços localizados na região mais densamente povoada. Ambiguidades que podem ser solucionadas com ações urgentes na gestão hídrica. Assim, o presente artigo visa demonstrar a importância do planejamento urbano e a gestão das águas, no intuito de proteger e gerenciar os recursos hídricos em grandes cidades, como Recife, a fim de que o equilíbrio ambiental urbano seja alcançado.

**Palavras-chave:** planejamento urbano, gestão dos recursos hídricos, subsidência, exploração.

### ABSTRACT

*The growing disorderly urbanization has increasingly caused problems related to water resources. One of the great challenges for the development of large cities is to guarantee the drainage of rainwater in urban contexts. To this end, municipalities must issue Master Plans with policies that integrate the development of cities with water resources. Recife, has about 160 critical points of flooding in its urban roads, and has been suffering, a lowering of the water table, due to excessive withdrawals of water from wells located in the most densely populated region. Ambiguities that can be resolved with urgent actions in water management. Thus, this article aims to demonstrate the importance of urban planning and water management, in order to protect and manage water resources in large cities, such as Recife, in order to achieve urban environmental balance.*

**Key-words:** urban planning, water resources management, subsidence, exploitation.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Mecânico; Mestre em Engenharia Mecânica pela UFPE; Doutorando no Programa Simulação e Gerenciamento de Reservatórios de Petróleo da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Email: ricardo.pguedes@ufpe.br

<sup>2</sup> Professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE; Arquiteta e Urbanista; Mestre em Engenharia Cartográfica pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação UFPE; Doutora em Planejamento Urbano pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano - UFPE. Email: marny.araujo@ufrpe.br

<sup>3</sup> Professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE; Arquiteta e Urbanista; Mestre em Arqueologia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE; Doutoranda no Programa de Pós-graduação em História - UFRPE. Email: ana.pgandrade@ufrpe.br

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização brasileiro, segundo a literatura, se deu de forma rápida, intensa e desigual, em especial entre as décadas de 60 e 80. Tal processo foi marcado pela distribuição não igualitária dos benefícios e oportunidades decorrentes do avanço industrial e econômico do país. Historicamente, a urbanização brasileira é caracterizada por dois processos, o de periferação e o de metropolização, acompanhados pelo alto grau de informalidade, baixa qualidade ambiental, por desigualdades socioespaciais, bem como dinâmicas de exclusão e segregação socioespacial.

Esta urbanização não foi diferente em cidades como Recife, com seu crescimento exponencial sem nenhum planejamento. Causando grandes impactos que devem ser contornados e gerenciados.

Um dos grandes desafios para o desenvolvimento de grandes cidades é garantir o escoamento das águas pluviais em contextos urbanos. Acredita-se que, no que tange a gestão dessas águas é importante entender o ciclo hidrológico, uma vez que, o mesmo deveria estar ligado direta e indiretamente às atividades de urbanização, e mitigar os impactos negativos provocados pela intensa impermeabilização proveniente do processo construtivo da urbanização. Tais processos levam a consequências, tais como alagamentos e enchentes, poluição do solo, problemas no abastecimento de água e no esgotamento sanitário, dentre outros.

Em uma cidade grande como Recife, que com seu processo de urbanização desordenado, possuía em 2015, cerca de 160 pontos críticos de alagamentos em suas vias urbanas, segundo o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Recife - PDDR da EMLUB - Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana. E ao mesmo tempo com a escassez de água vem sofrendo um abaixamento do lençol freático, pelo excesso de retirada das águas dos poços localizados na região mais densamente povoada (MONTENEGRO, *et al.*, 2009). Ambiguidades que podem ser solucionadas com ações urgentes na gestão hídrica.

Segundo Oliveira *et al.* (2019), os impactos causados com a falta de uma gestão hídrica em ambientes urbanos vêm causando impactos ambientais à manutenção do ciclo hidrológico pelos grandes prejuízos que causam às populações durante picos climáticos. Os grandes alagamentos das grandes cidades, muitas vezes são provocados pela alta impermeabilização do solo, ocasionada pela etapa construtiva onde se usa a terraplanagem, afetando as propriedades do solo original da região, problemas que têm sido recorrentes

anualmente. A utilização apenas da drenagem superficial para escoar uma grande quantidade de água, também vem ocasionando grandes enchentes.

Segundo a publicação da ONU sobre desastres naturais, o alagamento é o principal motivo de maiores perdas em todo o mundo, correspondendo a mais de 44% de todos os desastres naturais registrados entre 2000 e 2019.

Esta falta da gestão e planejamento dos recursos hídricos afeta diretamente os rios, os lagos, os córregos e mananciais da região. Aliado a isso, a baixa infiltração leva a mudança nos níveis do lençol freático, atingindo os aquíferos, que são abastecidos pela infiltração das águas superficiais pelo solo.

Para se ter uma visão da importância desta fonte de água potável, segundo dados da UNESCO (1978), como dito anteriormente, as águas dos aquíferos representam quase 96% de toda água disponível para consumo imediato.

Como pode ser visto na **Figura 1**, referente à distribuição da água no mundo, percebe-se que “[...] a maior parte da água existente no mundo é salgada (97%) e está concentrada principalmente nos oceanos e mares, mas também presente em alguns lagos salinos, tais como o Mar de Aral e o Mar Morto.[...]. Os outros 3% restantes são formados pela água doce, e boa parte deles é própria para consumo” (PENA, 2021).

Entretanto, desse total, (2,41%) encontram-se armazenadas em estado sólido nas geleiras e calotas polares. Da água doce em estado líquido (0,61%) a maior parte são águas subterrâneas (0,59515%), correspondendo a 29% da água doce disponível, que por sua vez, são a principal fonte de captação de recursos hídricos no mundo, apresentando-se nos lençóis freáticos e aquíferos. Os rios e lagos correspondem a apenas 0,9% de toda a água potável disponível no mundo, e uma ínfima quantidade (0,00095%) ocorre como vapor na atmosfera (PENA, 2021).

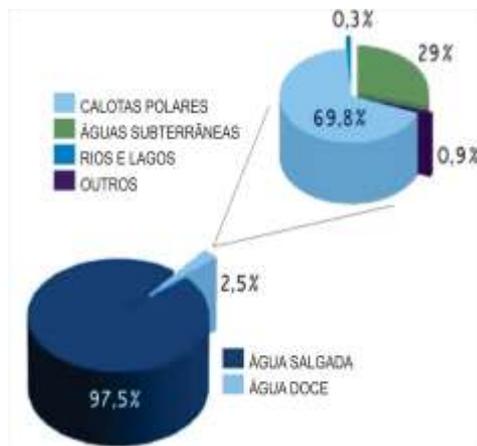


Figura 1 - Distribuição da água no mundo

Fonte: Pena (2021)

Se o gerenciamento e o planejamento hídrico não estiverem associados ao urbanístico, os abastecimentos destes aquíferos serão negligenciados, o que segundo Oliveira *et al.* (2019), o que vem causando problemas para o ciclo hidrológico das regiões, afetando direto a população com as enchentes, a falta de abastecimento dos mananciais e consequentemente dos rios e lagos.

Além de que, em uma falta de gestão nas regiões onde existe excesso de exploração dos poços, pode-se provocar ainda a subsidências do solo em regiões onde a pressão dos poros foi reduzida pelo decréscimo da pressão hidráulica no aquífero. Embora a teoria de Terzaghi seja amplamente conhecida, demonstra que a extração da água nos reservatórios subterrâneos aumenta as tensões efetivas de sobrecarga e reduz os espaços vazios de solos compressíveis (TERZAGHI, 1943), ou em regiões costeiras a salinidade da água pela influência das águas dos oceanos (CARY; PETELET-GIRAUD, *et al.*, 2015) (LUNA; GARNÉS, *et al.*, 2017).

## 2. SUBSIDÊNCIA E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Subsidência corresponde ao movimento, relativamente lento, de afundamento de terrenos, devido à deformação ou deslocamento de direção, essencialmente, vertical descendente, ocasionada com a compactação do aquífero, por perda de sustentação da rocha porosa.

Os aquíferos (**Figura 2**), são formações geológicas que tem a particularidade de possuir vazios (porosidades) em que contém água e permitem movimentação de quantidades significativas dessa água no seu interior, em condições naturais. Possuem formações permeáveis, tais como arenitos e areias. O efeito poro pressão (**Figura 3**) é responsável pela garantia de integridade destas formações geológicas, já que a pressão da água nestes poros exerce à matriz rochosa um suporte hidráulico ao reservatório. Sem esse suporte as partes frágeis do reservatório podem colapsar, provocando uma compactação deste reservatório. Que com esse colapso provoca concomitantemente a subsidência da região de solo acima (**Figura 4**).

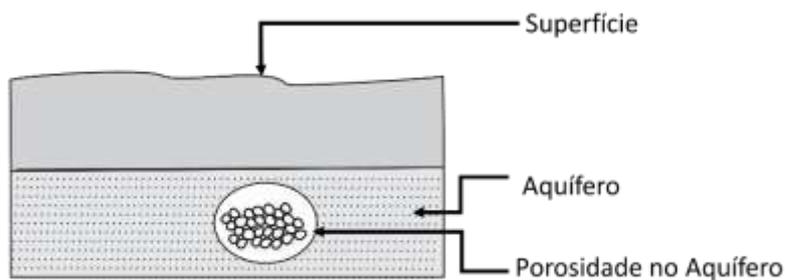


Figura 2 - Aquífero - formação porosa

Fonte: Autor (2021)

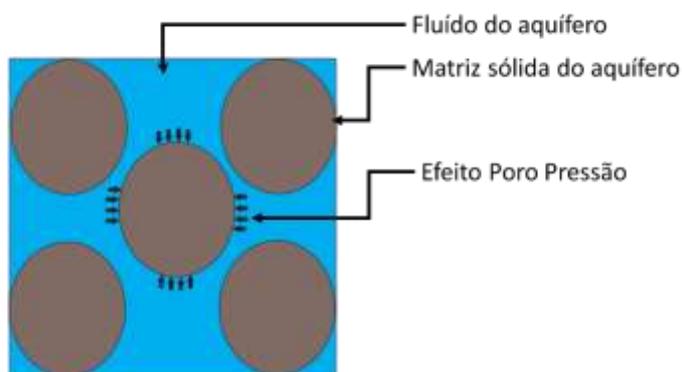


Figura 3 - Efeito poro pressão sobre a matriz porosa do aquífero

Fonte: Autor (2021)

A subsidência (**Figura 4**) do solo em regiões densamente povoadas pode trazer sérios problemas. E esses problemas já são enfrentados em várias regiões do mundo. Pode ser provocada por diversas razões, seja por fatores naturais (por exemplo, tectônica, consolidação de peso próprio de depósitos sedimentares recentes, oxidação e encolhimento de solos orgânicos), ou provocadas pelo próprio homem (extração de gás, fluido ou sólido). Entre todas as causas possíveis, a retirada de água subterrânea é particularmente problemática, principalmente por ser capaz de produzir assentamentos perceptíveis, com taxas relativamente rápidas, e por ser frequentemente realizada perto de áreas densamente povoadas, onde a exposição ao risco é particularmente alta. (MODONI; DARINI, *et al.*, 2013).

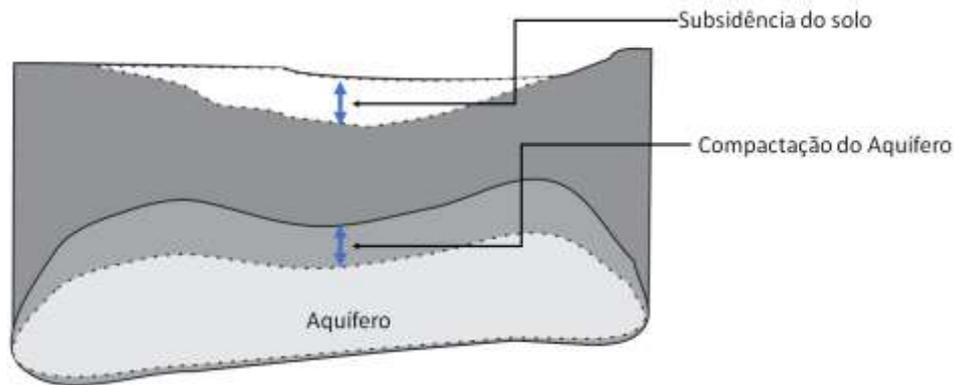


Figura 4 - Efeito da Subsidência do solo, ocasionada pela compactação da matriz rochosa do aquífero

Fonte: Autor (2021)

Segundo Santos (2005), grandes centros urbanos também estão sujeitos à possibilidade de ocorrência de subsidência do solo devido à grande extração de água destinada ao abastecimento urbano.

A subsidência em regiões da China é noticiada desde 1920, tendo provocado acidentes em algumas áreas (GUO; ZHANG, *et al.*, 2015). No estudo de Xue e Yan (2016) indica-se áreas que têm tido uma subsidência de 20 mm por ano. Segundo Gong; Pan, *et al* (2018), na província de Hebei, a subsidência chega a 3 m, sendo a mais grave do Norte da China.

De acordo com Modoni (2013), na região da Bologna (Itália) o excesso de exploração de aquíferos também causa subsidência, que em algumas regiões podem chegar a 4 m de recalque. Em seu estudo sobre a região o autor adverte que, as medidas para conter as subsidências na região devem ser encontradas em políticas particularmente preocupadas com a proteção das fontes de água subterrânea ou com a satisfação da demanda da população. Ou seja, mais focadas nas questões hidrológicas, hidrogeológicas e hidráulicas, do que nas consequências mecânicas da extração da água subterrânea.

Dessa forma, a subsidência do solo é considerada apenas quando a deformação do solo se torna evidente e seus efeitos passam a interagir com as atividades humanas. Devido a essa percepção tardia, as medições são frequentemente incompletas e os estudos raramente chegam além das descrições qualitativas, enquanto a quantificação dos mecanismos que ocorrem nas diferentes partes do subsolo seria de suma importância para gerenciar de forma abrangente a exploração das águas subterrâneas e o uso do território (MODONI; DARINI, *et al.*, 2013)

Estudo realizado por LV *et al.* (2019) para avaliar os custos ambientais causados pelo excesso de exploração de águas subterrâneas, constata-se que, no aquífero de Zhengzhou

na província de Henan na China central, teve-se uma perda ambiental de aproximadamente US\$ 853.000.000,00, onde foi contabilizado, perdas por subsidência (colapso), intrusão de água salgada, redução do escoamento superficial, deterioração da vegetação e poluição das águas subterrâneas. A maior perda foi a de subsidência de terras, na qual foi avaliado em US\$ 816.000.000,00, representando 95,64% da perda total.

### 3. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS

No intuito de contornar o que está acontecendo hoje em grande parte do mundo, faz-se necessário mudanças, tanto na forma construtiva, quanto na forma cultural como se vê a drenagem pluvial das grandes cidades. A solução alternativa é partir para técnicas compensatórias de controle de drenagem e evoluindo para a técnica de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*LID - Low Impact Development*) onde tem uma abordagem da gestão pluvial com uma pegada mais ecológica, favorecendo o menor impacto e utilizando-se da natureza para ser a infraestrutura de drenagem das chuvas.

Para que se consiga utilizar soluções alternativas, é necessário que se mude a cultura construtiva, onde sejam utilizados os pavimentos porosos, drenagem por trincheiras de valas, poços possam ter infiltração, mais reservatórios de retenção com sistema de infiltração, tanto subterrâneos como de superfícies, etc. E com tudo isso pensado ecologicamente passa a se ter um sistema de Baixo Impacto, onde tudo começa a funcionar de uma maneira natural.

Com o pensamento do Desenvolvimento de Baixo Impacto o gerenciamento hidrológico seria muito mais fácil, onde os estudos do ciclo hidrológico da região irão contribuir para o projeto da drenagem pluvial da região.

### 4. EXPLOTAÇÃO E O CASO DE RECIFE

De acordo com o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Recife - PDDR (2015), Recife conta hoje com o **conceito** ambiental de **drenagem**, em substituição ao higienista, o qual utiliza soluções alternativas, compensatórias ou ambientais, agindo em conjunto com as estruturas convencionais, que procuram compensar sistematicamente os efeitos da urbanização em termos quantitativos e qualitativos (SILVA, 2007).

Em relação a macrodrenagem, Recife está confinado entre o mar e os morros, onde correm os rios Capibaribe, Beberibe e Tejipió, que possuem um mesmo estuário. Faz

parte ainda desta macrodrenagem os riachos Jiquiá, Curado, Morno, Camaragibe, Dondon e Moxotó. Existem 99 canais: totalizando 115.308 m de canais. Quanto a rede de microdrenagem, é composta por galerias e canaletas, apresenta extensão aproximada de 1.580 km. Muitos segmentos estão subdimensionados; não há cadastro desta rede de drenagem (PDDR, 2015).

A Figura 5 (PDDR, 2015), mostra as bacias hidrográficas existentes no Recife, bem como as principais vias, rodovias e os cursos hídricos. Ainda segundo o PDDR (2015), Recife se depara com inúmeros problemas recorrentes do sistema de drenagem, tais como: uso do sistema de drenagem para escoamento de dejetos; ocupação das áreas de inundação; inúmeras áreas afetadas por alagamentos (160 pontos críticos), devido influência das marés; obstruções na macrodrenagem em virtude da presença de esgotos e crescimento da vegetação; galerias semiobstruídas e danificadas; vários assentamentos de baixa renda, localizados ao longo dos rios e canais causando confinamento da calha fluvial; ocupação dos morros e encostas aumentando as vazões, a formação de sedimentos e pondo em risco a vida da população, dentre outros.

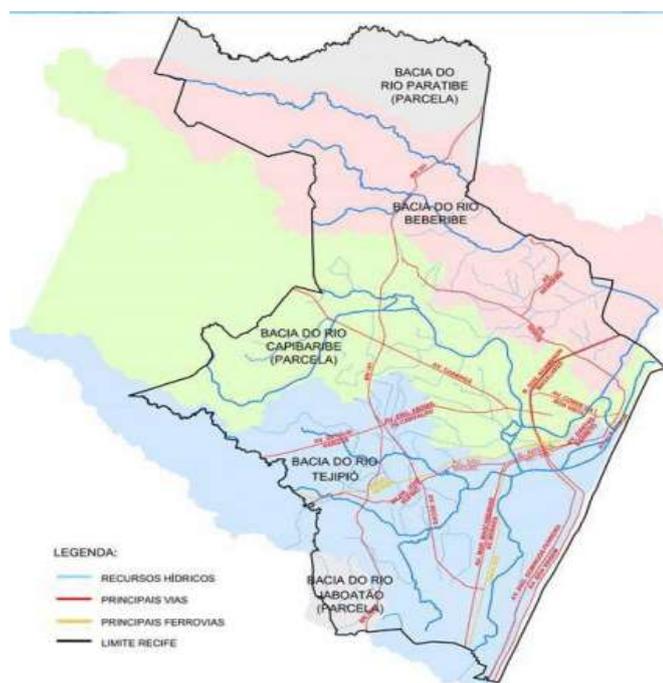


Figura 5 – Bacias Hidrográficas do Recife

Fonte: PDDR, 2015

Com as várias faltas de abastecimento de água a população recorreu a utilização de poços para o abastecimento. No Recife, a intensificação de construção dos poços começou na década de 70 e teve um aumento na década de 90 com o racionamento de água imposto

pela companhia de saneamento local (LUNA; GARNE´S, *et al.*, 2017). Com os estudos de acompanhamento do lençol freático de um poço no bairro de Boa Viagem de janeiro de 1992 até dezembro de 2005, constatou-se um declínio de 59,61 metros (MONTENEGRO; CABRAL, *et al.*, 2009).

Segundo Luna, Rejane *et al* (2017) embora não haja evidências claras de subsidência do solo, a superexploração das águas subterrâneas na RMR e o rebaixamento da superfície piezométrica acima mencionados indicam fortemente que o processo está em andamento, embora lentamente. O acompanhamento de subsidência na cidade de Recife ainda é precário, e necessita de um monitoramento maior que possa gerar dados e modelos que simulem numericamente e conduza a ações de evitar o que está acontecendo no norte da China, Bologna etc.

Recife é uma planície costeira altamente vulnerável a oscilações das marés o que potencializa os problemas de drenagem provocando muitos pontos de enchentes em vários pontos da cidade (**Figura 6**). Levando para que os responsáveis das áreas de saneamento cada vez mais se utilizem de estudos relacionados a área e que os estudos da manutenção do ciclo hidrológicos estejam em pauta nos debates deste novo marco regulatório do Saneamento, gerando projetos sustentáveis.

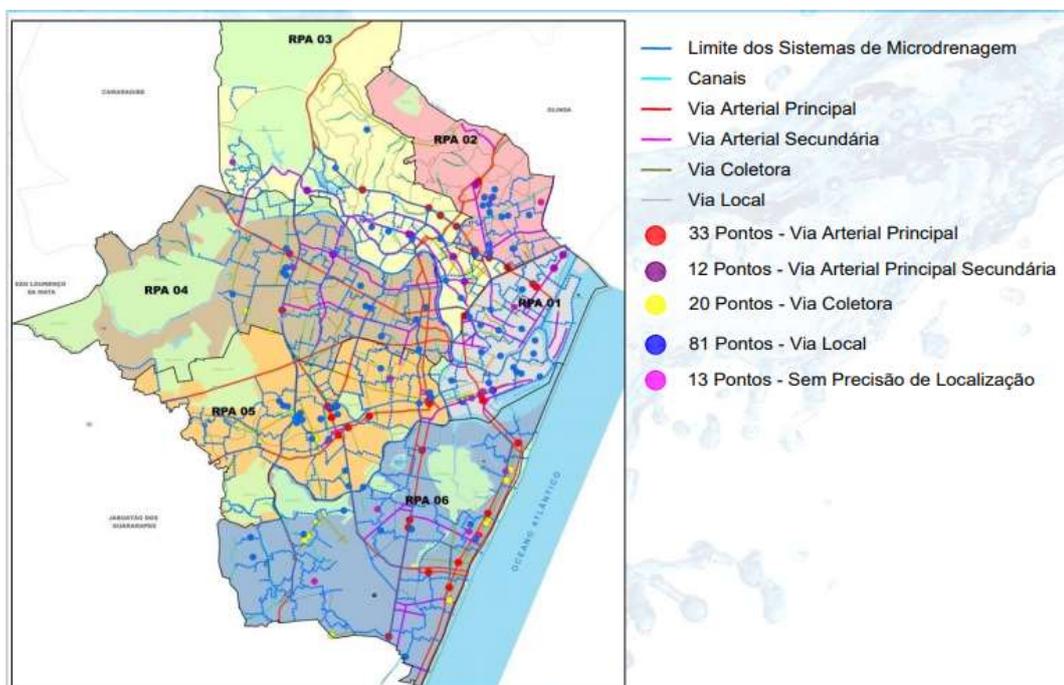


Figura 6 – Pontos Críticos de Alagamento na Microdrenagem de Recife

Fonte: PDDR, 2015

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizando técnicas construtivas mais modernas para auxiliar a drenagem pluvial das grandes cidades, em particular a cidade de Recife, está se contribuindo para que não se tenha alagamento das vias e ao mesmo tempo colaborando com a recarga dos aquíferos naturais da região que, conseqüentemente, influenciará para que esse reservatório minimize a sua perda e afaste de um possível colapso, tanto de fornecimento de água como na sua estrutura, o que nos dois casos levariam a grandes perdas.

A sustentabilidade hídrica poderá ser alcançada se o planejamento das cidades for racionalizado a partir do meio ambiente natural, e não o contrário. Assim, os municípios devem editar Planos Diretores com políticas que integrem o desenvolvimento das cidades aos recursos hídricos. A sociedade e o Estado devem trabalhar em parceria, uma vez que possuem responsabilidade compartilhada.

Se não existir um planejamento urbano que atenda a população, com sistema de esgoto e saneamento, drenagem, coleta de lixo, ocupações regulares, entre outros, não haverá sustentabilidade hídrica. Portanto, faz-se necessária uma relação entre planejamento urbano e gestão das águas a fim de que um equilíbrio ambiental seja alcançado.

## REFERÊNCIAS

BEAR, J.; VERRUIJT, A. **Modeling Groundwater Flow and Pollution**. [S.l.]: Springer Netherlands, 1987.

CARY, L. *et al.* Origins and processes of groundwater salinization in the urban coastal aquifers of Recife (Pernambuco, Brazil): A multi-isotope approach. **Science of the Total Environment journal**, 2015. 411-429.

CUIMEI, L. *et al.* Quantitative assessment of ecological compensation for groundwater overexploitation based on emergy theory. **Environ Geochem Health**, 2019. 733–744.

EMLURB - PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade de Recife**. [S.l.]: [s.n.], 2015.

GONG, H. *et al.* Long-term groundwater storage changes and land subsidence development in the North China Plain (1971–2015). **Hydrogeology Journal**, 2018. 1417-1427.

GUO, H. *et al.* Groundwater-derived land subsidence in the North China Plain. **Environ Earth Sci**, fev 2015.

LUNA, R. M. R. D. *et al.* Groundwater overexploitation and soil subsidence monitoring on Recife plain (Brazil). **Nat Hazards**, Janeiro 2017. 1363-1376.

MODONI, G. *et al.* Spatial analysis of land subsidence induced by groundwater withdrawal. **Engineering Geology**, 167, outubro 2013. 59-71.

MONTENEGRO, S. M. G. L. *et al.* Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE): Evolução da Salinização e Perspectivas de Gerenciamento. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, p. 81-93, 2009.

OLIVEIRA, A. D. N. *et al.* Padrões urbanos facilitadores da recarga de aquíferos. **Revista de Morfologia Urbana**, 2019.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Distribuição da água no mundo**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>. Acesso em: 12 maio 2021.

S, Y.; XUE Y, W. J.; YAN X, Y. J. Progression and mitigation of land subsidence in China. **Hydrogeol**, v. 24, p. 685-693, 2016.

SANTOS, S. M. Investigações metodológicas sobre o monitoramento da subsidência do solo devido à extração de água subterrânea - caso da Região Metropolitana de Recife. In: \_\_\_\_\_ **Tese de (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco**. Recife: [s.n.], 2005.

SILVA, J. P. Estudos Preliminares para Implantação de Trincheiras de Infiltração. In: \_\_\_\_\_ **Dissertação de (Mestrado em Geotecnia). Universidade de Brasília**. [S.l.]: [s.n.], 2007.

TERZAGHI, K. **Theoretical soil mechanics**. New York: John Wiley & Sons, 1943.  
UNIVERSITY OF ARKANSAS. **Low Impact Development: a design manual for urban areas**. [S.l.]: [s.n.], 2010.