



Cadernos Metrópole

ISSN: 1517-2422

[cadernosmetropole@outlook.com](mailto:cadernosmetropole@outlook.com)

Pontifícia Universidade Católica de São

Paulo

Brasil

Bollmann, Harry Alberto; Costacurta Gasparin, Daniele; Duarte, Fabio  
Restrição ambiental ou oportunidade para o desenvolvimento sustentável? Aquífero Carste na Região  
Metropolitana de Curitiba

Cadernos Metrópole, vol. 15, núm. 30, julio-diciembre, 2013, pp. 645-665

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=402837814014>

- ▶ [Como citar este artigo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Mais artigos](#)
- ▶ [Home da revista no Redalyc](#)

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Restrição ambiental ou oportunidade para o desenvolvimento sustentável? Aquiéfero Carste na Região Metropolitana de Curitiba

Environmental restriction or an opportunity for sustainable development? The Karst Aquifer in the metropolitan region of Curitiba

Harry Alberto Bollmann  
Daniele Costacurta Gasparin  
Fabio Duarte

## Resumo

Em termos ambientais, a expansão de áreas urbanas tornou-se um problema mais grave do que o crescimento demográfico em si. Para fazer frente a esse desafio, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) indica a necessidade de mudanças na gestão das cidades, com a adoção de estratégias participativas de intervenção como forma de reduzir os conflitos socio-ambientais e diminuir o efeito da poluição sobre o meio natural. Este artigo tem como pano de fundo a formulação de políticas para a ocupação de áreas de mananciais em contextos urbanos, tomando como estudo de caso a percepção da população residente e dos representantes das instituições de governo sobre a conservação de mananciais subterrâneos de formação cárstica na Região Metropolitana de Curitiba.

**Palavras-chave:** aquífero Carste, desenvolvimento sustentável; Região Metropolitana de Curitiba.

## Abstract

*In environmental terms, the expansion of urban areas has become a problem that is more serious than that of population growth itself. To face this challenge, the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) indicates the need for changes in city management with the adoption of participative intervention as a strategy to reduce socio-environmental conflicts and control the effects of pollution on the natural environment. The background of this paper is the formulation of watershed occupation policies in urban contexts. The paper studies the perception of residents and representatives of government institutions about the conservation of karst groundwater in the Metropolitan Region of Curitiba.*

**Keywords:** Karst aquifer; sustainable development; Metropolitan Region of Curitiba.

## Introdução

A população mundial atingiu, em 2011, os 7 bilhões de habitantes e, mesmo que os números globais apresentem uma taxa de crescimento mais lento nos últimos quarenta anos (Haub e Gribble, 2011), esse crescimento tem sido acompanhado por um processo de rápida expansão das áreas urbanas. Angel et al. (2005) estimam que aproximadamente 50% da população esteja residindo em cidades cuja área construída já representa cerca de 3% das áreas agriculturáveis, ou cerca de 0,3% da área total dos países. A partir da análise de 120 cidades, localizadas em diferentes países industrializados e em desenvolvimento, os autores verificaram que as densidades populacionais urbanas são três vezes maiores nas cidades localizadas em países em desenvolvimento se comparadas com as cidades localizadas em países industrializados. Observaram também uma tendência geral de diminuição da densidade populacional urbana em todos eles, contanto a expansão territorial das cidades:

Se as densidades médias em todas as regiões continuarem a declinar à taxa anual de 1,7% – como ocorreu na última década – a área ocupada pelas cidades nos países em desenvolvimento passará dos 200.000 km<sup>2</sup> no ano de 2000 para mais de 600.000 km<sup>2</sup> em 2030, enquanto que a população terá dobrado. (Angel et al., 2005, p. 1)

Como aponta Montgomery (2008, p. 762), os responsáveis políticos de diversos países em desenvolvimento já se mostram mais preocupados com a expansão da área urbana do que com o crescimento demográfico geral.

Entretanto, na medida em que esse fenômeno produz consequências sociais e ambientais negativas ao desenvolvimento socioeconômico, e o Estado não vem sendo capaz de resolvê-las adequadamente, em vez de buscar alternativas inovadoras de gestão, seus responsáveis por vezes adotam uma posição de conflito com a sociedade ao propor táticas agressivas para conter o problema, como por exemplo, impedir a migração do meio rural ao urbano, ou mesmo expulsando a população migrante – como é o caso na China (Zhao, 1999).

Preocupado com esse duplo efeito – crescimento populacional e expansão da área ocupada pelas cidades, relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2008) alerta os países membros para os problemas ambientais causados pela tendência de rápida urbanização com a ocupação extensiva do espaço natural, pontuando os altos padrões de consumo de recursos naturais e a excessiva produção de resíduos. Para fazer frente a esses desafios, a OCDE indica a necessidade de mudanças radicais na gestão das cidades, com a adoção de estratégias mais participativas de intervenção governamental como forma de reduzir os conflitos socioambientais e diminuir o efeito da poluição gerada no ambiente urbano sobre o meio natural e, em última instância, sobre o próprio homem.

Pinkney (2004) observa a necessidade de uma nova e mais significativa relação entre o Estado e a sociedade, que estabeleça um processo político mais pluralista, como resposta aos conflitos gerados na construção e manutenção das democracias nos países em desenvolvimento. Argumenta que os processos de democratização nos países em desenvolvimento são multifacetados e extrapolam as teorias

anteriores, onde frequentemente se assumia que a maioria desses processos estaria focado na relação quase exclusivamente polarizada entre governo e oposição, negligenciando-se o papel da sociedade civil.

Nesse aspecto, a Agenda 21 Global (Brasil, 1996) indica com certa ênfase a adoção de métodos participativos mais democráticos para a condução da resolução dos problemas urbanos. No entanto, a internalização das questões ambientais globais, como variáveis importantes no desenvolvimento socioeconômico dos países, representa a um só tempo um ganho de complexidade como um desafio, especialmente no Brasil, para as relações entre Estado, mercado e sociedade (Gama et al., 2010).

As perguntas que se fazem, principalmente nos países em desenvolvimento, são: a) se a sociedade está preparada para assumir um papel protagonista na gestão das cidades; b) se as escolhas são feitas em um cenário de plena informação sobre as consequências de longo prazo das decisões tomadas; e, c) se as negociações são conduzidas para o bem-estar coletivo, em detrimento das prioridades individuais dos atores envolvidos na negociação.

Nesse contexto de acelerada expansão da área urbana e de apoio internacional para o aumento da participação de diferentes atores na gestão dos recursos naturais, este artigo tem como pano de fundo a formulação de políticas para a ocupação de áreas de mananciais em contextos urbanos, tomando como estudo de caso a conservação de mananciais subterrâneos em formação cárstica na Região Metropolitana de Curitiba.

A necessidade de garantir o acesso às fontes de água de boa qualidade para o abastecimento público tem rivalizado com a

constante expansão das cidades, que ocorre motivada por fenômenos sociais e econômicos. Um dos riscos no médio prazo é que sem o adequado planejamento para o uso e ocupação dessas áreas, e sem a consolidação de um novo pacto entre o Estado e a sociedade, essa expansão territorial se dê sobre áreas de mananciais. Os rios, como sistemas abertos, são os primeiros a sofrer os seus impactos. Como consequência, cresce no mundo todo a busca por águas subterrâneas como fonte de abastecimento humano. Mas, talvez por não ser um recurso natural visível, os problemas da sua conservação ainda não são tratados adequadamente. Na China, que hoje consome apenas  $\frac{1}{4}$  da média de consumo mundial de água, o crescente uso de águas subterrâneas de forma descontrolada para o abastecimento público e a também crescente poluição dos lençóis freáticos, pode fazer com que o país perca a capacidade de alimentar até 10% de sua população. O consumo de águas subterrâneas em algumas regiões, como a Bacia do Haihe, é 50% maior do que a sua taxa de reposição (Li, 2010).

Sem o devido ordenamento territorial e sem a construção de um novo paradigma de gestão mais participativa dos mananciais superficiais e subterrâneos, as políticas públicas necessárias para permitir a sua conservação têm enfrentado forte resistência social de dezenas de milhares de famílias que ocupam essas áreas para moradia e atividades produtivas. A urbanização em áreas de mananciais tem razões socioeconômicas, pois, por estarem em regiões periféricas às grandes cidades, tem o solo mais barato, mantendo ainda fácil acesso às infraestruturas e equipamentos urbanos. A necessidade básica de moradia e subsistência se choca com as medidas legais limitantes da

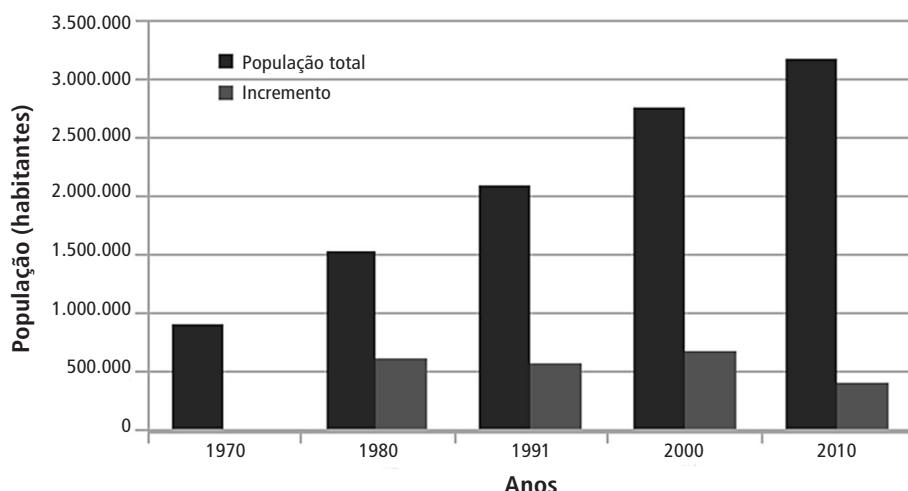
ocupação e expansão urbana – e quando se trata de águas subterrâneas, a incompreensão às limitações da ocupação é ainda maior.

Desse modo, tomando como objeto de estudo um aquífero cárstico que é considerado hoje uma das principais reservas estratégicas para o abastecimento público de água da Região Metropolitana de Curitiba, no sul do Brasil, o que se pretende é justamente entender como a população que ocupa a área da reserva se relaciona com o aquífero. Essa percepção da população residente sobre o aquífero é de grande importância para que a governança compartida dos recursos naturais, como prega a Agenda 21, tenha efeito.

## A importância do aquífero cárstico para o abastecimento de água da Região Metropolitana de Curitiba

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) reúne 29 municípios do estado do Paraná em uma área de 16.581 km<sup>2</sup> e uma população de mais de 3,2 milhões de habitantes, o que a coloca como oitava maior Região Metropolitana do Brasil (IBGE, 2010). O abastecimento público de água é gerenciado pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), que tem enfrentado sérios problemas

Figura 1 – População na Região Metropolitana de Curitiba no período de 1970 a 2010



Fonte: IBGE (2011).

em razão da crescente ocupação urbana das bacias hidrográficas, inclusive dos mananciais metropolitanos. Nas últimas décadas, o crescimento populacional na RMC (Figura 1) vem ocorrendo principalmente nos municípios limítrofes à capital, com baixa cobertura sanitária e limitações naturais impostas à produção da água para o abastecimento.

O Primeiro Planalto Paranaense, onde a Região Metropolitana de Curitiba está localizada, apresenta sérias restrições naturais à ocupação urbana intensa, uma vez que se situa na região das nascentes do Rio Iguaçu. Sabe-se que, em uma bacia hidrográfica, a região das nascentes tem disponibilidade hídrica mínima se comparada à sua foz. Além disso, o grau de ramificação do sistema de drenagem, típico das regiões de nascentes, produz corpos d'água de pequena vazão, com pouca capacidade para abastecer grandes núcleos urbanos. Por fim, mesmo considerando as variações de curto, médio e longo prazos no regime de chuvas, provocados por eventos naturais cíclicos, a disponibilidade hídrica na Região Metropolitana de Curitiba tem se mantido constante e não se espera, em um futuro próximo, que

essa naturalmente limitada disponibilidade das águas seja incrementada.

Andreoli et al. (2000) apresentaram uma estimativa da disponibilidade hídrica para a Região Metropolitana de Curitiba considerando três cenários de desenvolvimento urbano, apresentados na Tabela 1. O primeiro cenário foi desenvolvido para o Plano Diretor de Abastecimento Público de 1992, prevendo-se um cuidadoso ordenamento territorial e uma forte regulação do Estado em relação à sociedade – e consequentemente aos vetores de crescimento urbano, principalmente quando direcionados às bacias hidrográficas consideradas estratégicas para o abastecimento público. Nesse cenário, somente as bacias hidrográficas que já se encontravam ocupadas pela urbanização e cujas águas já representavam impedimentos ao aproveitamento para abastecimento público, foram desconsideradas como possíveis mananciais. Esse cenário também incluiu a recuperação da qualidade das águas de alguns rios pelo reordenamento urbano, na hipótese de que tais programas pudessem apresentar grande efetividade prática. Esse cenário foi considerado pelos autores como extremamente otimista.

Tabela 1 – Disponibilidade hídrica na Região Metropolitana de Curitiba

Mananciais	1º Cenário: Plano Diretor de 1992	2º Cenário: Recursos hídricos aproveitáveis em 1999	3º Cenário: Ocupação desordenada dos mananciais
Altíssimo Iguaçu	7.525 L/s	4.500 L/s	3.200 L/s
Alto Iguaçu	10.210 L/s	4.621 L/s	4.621 L/s
Rio da Várzea	8.780 L/s	8.780 L/s	3.600 L/s
Rio Açungui	11.475 L/s	14.400 L/s	14.400 L/s
Aquífero Karst	600 L/s	600 L/s	200 L/s
Total	38.590 L/s	32.901 L/s	26.021 L/s

Fonte: Adaptado de Andreoli et al. (2000).

O segundo cenário, mais conservador, foi estruturado a partir da continuidade do processo atual de crescimento urbano metropolitano, considerando também a manutenção do tipo de relação existente entre o Estado e a sociedade, sem a adoção de novos instrumentos econômicos, de articulação social, ou de novos paradigmas de gestão que pudessem conservar as bacias hidrográficas destinadas ao abastecimento público. Como consequência, esse cenário previu a perda de mananciais situados em bacias hidrográficas mais sujeitas a pressões antrópicas, considerando, assim, apenas a manutenção dos mananciais nas bacias abastecedoras mais importantes da região.

O terceiro cenário foi construído a partir da consideração de que as pressões socioeconômicas pudessem sobrepujar os mecanismos regulatórios do Estado, resultando em uma ocupação desordenada da população sobre os mananciais e, portanto, apresenta uma forte redução na oferta das águas para abastecimento público.

A Tabela 1 mostra que os autores já consideravam a inclusão dos rios da Várzea e Açungui. O primeiro situa-se a aproximadamente 60 km ao sul de Curitiba, e o aproveitamento das suas águas necessita da adução por bombeamento até a Região Metropolitana, vencendo um desnível topográfico de cerca de 280 metros. O Rio Açungui, está situado a 50 km a oeste de Curitiba e apresenta cerca de 560 metros de desnível topográfico. O abastecimento da Região Metropolitana por esses mananciais ainda não é economicamente viável em razão dos custos de bombeamento das

águas para vencer a distância e o desnível topográfico. São, portanto, opções estratégicas que não são viáveis no curto ou médio prazos, mas foram incluídas na medida em que representam uma parcela considerável dos recursos hídricos existentes na região.

Considerando um consumo médio de 250 litros/habitante/dia, estimado pela Sanepar para o ano de 2011, incluindo-se o consumo domiciliar e industrial, os rios metropolitanos poderiam atender entre 9 e 13 milhões de habitantes, dependendo do cenário de ocupação. No entanto, do ponto de vista da viabilidade econômica atual, a disponibilidade hídrica cai para 2,8 milhões de habitantes em um cenário pessimista de ocupação desordenada, 3,6 milhões de habitantes em um cenário realista, ou 6,3 milhões de habitantes, considerando o cenário otimista do Plano Diretor de Abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba de 1992 (Tabela 2).

É possível observar claramente a necessidade da viabilização dos projetos de adução das águas dos rios Açuengui e Várzea para compor o sistema integrado de abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba, sem os quais a população atual estaria consumindo entre 50% e 114% da vazão disponível. Também é possível ver que, contando-se apenas com os mananciais economicamente viáveis na sua exploração, é estratégico para a RMC afastar-se do cenário de ocupação desordenada dos mananciais, e adotar propostas de negociação social capazes de viabilizar programas de despoluição hídrica e de conservação dos mananciais.

O trabalho de Andreoli et al. (2000) considerou também a possibilidade de obtenção de aproximadamente 600 L/s de água do aquífero Carste (ou Karst). A extração atual de água desse aquífero pela Sanepar para o abastecimento público representa cerca de 400 L/s, e foi determinada com base em estudos hidrogeológicos

e ambientais (Sanepar, 2011). A Tabela 3 apresenta a vazão captada em cada um dos 15 poços de captação das águas do Aquífero Carste em operação. Os estudos mostram que é possível o aproveitamento das águas do aquífero mediante o controle das vazões captadas e do rebaixamento do lençol subterrâneo.

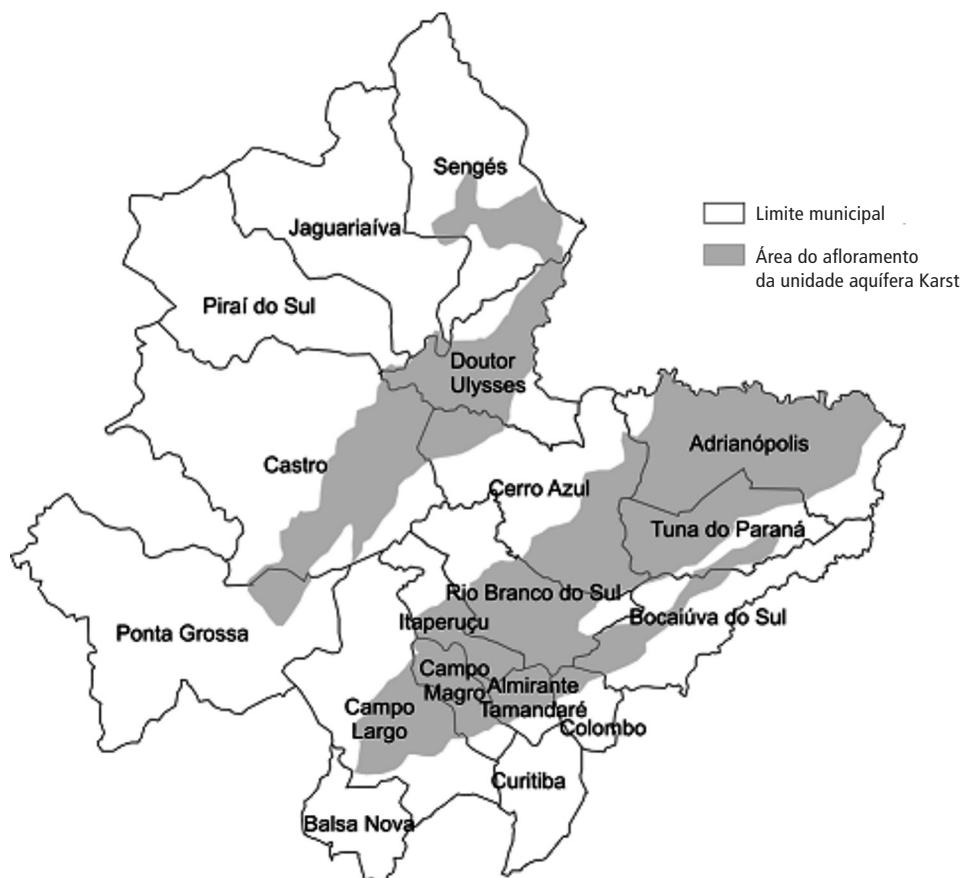
**Tabela 2 – Disponibilidade hídrica na Região Metropolitana de Curitiba e população abastecida, considerando um consumo de 250 litros/habitante/dia**

Variáveis	Cenário do Plano Diretor de 1992	Cenário dos recursos hídricos aproveitáveis em 1999	Cenário de ocupação desordenada dos mananciais
Vazão total com rios Várzea e Açungui	38.590 L/s	32.901 L/s	26.021 L/s
População abastecida com rios Várzea e Açungui	13,34 milhões	11,37 milhões	8,99 milhões
Consumo em 2011 (% do total disponível)	23,8%	27,9%	35,3%
Vazão total sem rios Várzea e Açungui	18.335 L/s	9.721 L/s	8.021 L/s
População abastecida sem rios Várzea e Açungui	6,34 milhões	3,60 milhões	2,77 milhões
Consumo em 2011 (% da vazão total disponível)	50,0%	94,4%	114,4%

**Tabela 3 – Poços de captação das águas do Aquífero Carste na Região Metropolitana de Curitiba**

Município	Poço	Vazão captada (L/s)
Itaperuçu	P01	7,4
	P03	27,2
	P09	15,0
Colombo	P01	46,4
	P03	23,8
	P05	40,8
Bocaiúva do Sul	Sede	24,4
	Várzea	20,8
Almirante Tamandaré	Sede	41,7
	P5	45,0
	P12	18,3
	P17	20,9
	P20	20,8
Campo Largo	P03	21,6
	P09	20,3
Total		394,4

Figura 2 – Área de ocorrência cárstica na Região Metropolitana de Curitiba



Fonte: Suderhsa (2007).

Mesmo que o aproveitamento atual conte apenas com 15 poços, localizados em cinco municípios, o aquífero Carste possui uma área aproximada de 5.740 km<sup>2</sup> e um potencial hidrogeológico de 8,9 L/s/km<sup>2</sup>, o que resultaria em uma produção total de aproximadamente 51.086 L/s (Suderhsa, 2007), abrangendo, total ou parcialmente, 13 municípios situados ao norte da capital paranaense (Figura 2). Portanto, a exploração atual representa apenas 0,8 % do seu potencial.

Há que se considerar que o aquífero Carste é caracterizado por águas muito límpidas, fator que torna esse recurso muito atrativo do ponto de vista da sua exploração econômica, uma vez que os custos de tratamento da água são mínimos. Lisboa (1997) explica que a água de chuva, que apresenta um pH inicialmente ácido, ao penetrar no solo e atingir a formação cárstica vai se tornando básica pela dissolução dos sais de cálcio e magnésio da rocha, impedindo que os sedimentos carreados

na lixiviação se mantenham em suspensão, fazendo-os depositar rapidamente, clarificando as águas de subsolo. Além disso, o efeito físico de filtração presente no movimento das águas, nos interstícios granulares do solo, configura-se em um efeito adicional importante.

Com base nas considerações apontadas, o aquífero Carste representa um potencial de exploração econômica e segura para o abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba, com menores custos de exploração, adução e tratamento se comparados com as alternativas de captação nos mananciais superficiais dos rios da Várzea e Açungui.

## O aquífero Carste em Almirante Tamandaré

Almirante Tamandaré pode ser considerado um município pobre. Apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de 0,728, colocando-o na 274<sup>a</sup> posição entre os 399 municípios paranaenses e na 2.743<sup>a</sup> posição dentre os 5.561 municípios do *ranking* nacional, segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD; IPEA e FJP, 2000).

Entre os fatores que contribuem para esse cenário, podem ser apontados: o elevado crescimento populacional, demandando do poder público a disponibilização de infraestruturas urbanas adequadas em uma velocidade não condizente com suas potencialidades econômicas; pequeno tamanho da sua economia, com um PIB per capita ao redor de US\$ 3,300/ano em 2009, dos quais 65% gerados no setor de serviços e apenas 29% no setor industrial e agropecuário (Ipardes, 2011); e a existência

de significativas restrições à ocupação do território, uma vez que o aquífero Carste ocupa 85% dos 185 km<sup>2</sup> do município, deixando apenas uma pequena parcela a noroeste e outra ao sul do seu território fora dos limites da formação principal.

Com relação ao crescimento populacional, com 103 mil habitantes (IBGE, 2010), o município de Almirante Tamandaré apresentou uma taxa anual de crescimento médio de 2,4% entre 1991 e 2010, muito superior aos 1,5% observados para Curitiba e, como consequência, tem apresentado um significativo aumento da sua área urbana em razão da instalação de sucessivos loteamentos, mesmo em área de ocorrência cárstica. Esse fenômeno está em parte ligado a um processo de atração populacional para a região de Curitiba, onde a população de mais baixa renda, não tendo recursos econômicos suficientes para se estabelecer na capital, passa a procurar moradias nas cidades vizinhas, com fácil acesso à capital e onde o custo da moradia é mais baixo. Como resultado, observa-se o deslocamento diário de mais de 140 mil pessoas originárias de um dos 11 municípios vizinhos imediatos – entre eles Almirante Tamandaré – que vão trabalhar, estudar ou usar algum serviço urbano em Curitiba. Esse movimento pendular é um claro sintoma da incapacidade do município de gerar riquezas e de reter a própria população que trabalha ou estuda.

Justamente por isso é que a porção sul de Almirante Tamandaré, mais próxima a Curitiba, concentra cerca de 70% da população do município. Esse fato pode ser visto como uma vantagem geográfica para a conservação das águas do Carste, uma vez que justamente a região sul do município está fora da formação

cárstica. No entanto, observa-se uma tendência histórica de extensão do perímetro urbano municipal para o norte, ao longo da Rodovia dos Minérios (PR-092), e a leste, ao longo da Rodovia do Calcáreo (PR 509), de acesso ao município de Colombo. Esses eixos de crescimento urbano já se situam em área de ocorrência cárstica e configuram uma região de necessário controle ambiental.

A área de ocorrência do aquífero carste apresenta restrições naturais para assentamentos humanos urbanos e rurais em função do processo de dissolução das rochas carbonáticas que pode ser acelerado pelo uso inadequado do solo, principalmente quando resulte em alterações na dinâmica de circulação das águas subterrâneas. Tendo em vista a fragilidade geotécnica dos terrenos cársticos, a ocupação intensa dessas áreas com a presença de atividades de indústria e agricultura, bem como com a superexploração de água do aquífero subterrâneo para abastecimento público ou comercialização, podem ocorrer sérios conflitos pelo uso da água e impactos na sua qualidade, como a contaminação de rios e águas subterrâneas e a consequente redução na sua disponibilidade hídrica. Dentre as principais fontes de contaminação, citam-se: lançamento de esgotos domésticos e industriais; produtos da percolação de resíduos sólidos (chorume dos aterros sanitários); cemitérios (necrochorume); resíduos e produtos oriundos de atividade agrícola (fertilizantes e agroquímicos), ferro velho, postos de combustível, dentre outras (Mineropar, 2005).

Apesar de menos intenso, o uso de agroquímicos e fertilizantes nas práticas rurais convencionais tem dois fatores agravantes. O primeiro, refere-se à extensão territorial

de sua aplicação, que normalmente estende o problema da contaminação das águas por produtos agroquímicos e fertilizantes em uma extensão geográfica considerável; e o segundo, diz respeito à baixa degradabilidade (persistência) desses produtos na natureza que, por acumulação no aquífero, podem tornar as águas do subsolo inservíveis para o abastecimento humano e cuja descontaminação é de grande dificuldade técnica e econômica (poluição difusa). Além disso, as formações cársticas podem ocasionar afundamentos localizados ou em grandes áreas, que se caracterizam por processos de adensamento ou rebaixamento do solo, provocando desabamentos circulares do terreno em forma de crateras. Esses desabamentos podem ocorrer sem sinais prévios, tornando-se os principais causadores de acidentes graves em construções urbanas.

O desenvolvimento de tais ocorrências é bem conhecido e há vários exemplos no Brasil e no mundo, permitindo evidenciar o quanto frágeis são esses terrenos tanto em termos ambientais quanto em termos geotécnicos. Em Murge, no sul da Itália, o regime hídrico da formação cárstica depende das chuvas intensas. Ao longo do tempo, tanto a população quanto o governo local desconsideraram esse regime hídrico e a fragilidade do solo e houve a ocupação por áreas de pastagens ou agricultura, dificultando a drenagem das águas para a bacia subterrânea. Em outubro de 2005, fortes chuvas não drenadas devastaram infraestruturas e mataram seis pessoas na região de Bari (Andriani; Walsh, 2009). Na China, 70% dos colapsos em áreas com formação cárstica são consequência direta de atividades antrópicas, em especial as atividades não controladas de bombeamento de águas subterrâneas (He et al., 2010).

Normalmente, áreas com fatores fisiográficos favoráveis, como as planícies cársticas, tornam-se convidativas para a ocupação urbana, com a edificação de grandes e pesadas construções. No entanto, essas áreas encobrem situações naturalmente frágeis e complexas, apresentando falhas geológicas, cavernas e outras estruturas subterrâneas que respondem às pressões das obras de engenharia de uma maneira mais rápida e mais dramática que outros tipos de terreno. Por esse motivo, as porções mais rebaixadas da paisagem natural do carste são consideradas ambientalmente frágeis e, quando ocupadas, podem apresentar comportamentos geotécnicos indesejáveis, a exemplo dos abatimentos

de terreno, oferecendo risco às comunidades assentadas na região.

Em Colombo e Almirante Tamandaré, municípios localizados sobre formação cárstica da porção norte da Região Metropolitana de Curitiba, registraram-se, ao longo do tempo, colapsos e afundamentos do solo com grande apelo social e econômico, principalmente porque esses municípios têm apresentado expressiva expansão populacional nos últimos anos (Nogueira Filho, 2006). Desde 1992, verificaram-se pequenos afundamentos de terrenos em Almirante Tamandaré, acarretando trincas e inclinações em edificações, além do rebaixamento do nível da água em poços, cacimbas e pequenos lagos (Figura 3).

Figura 3 – Rachadura em edificações ocorrida por acomodação do solo em terreno cárstico



Fonte: Gasparin (2009).

Em 2005, o Ministério Público deu um prazo de cinco anos à Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) para desativar os poços de exploração do aquífero Carste, localizados no centro de Almirante Tamandaré, alegando que essa exploração é responsável por prejuízos nas estruturas de pelo menos vinte construções no município. A Sanepar admitiu que houve erros no dimensionamento da retirada da água no início das operações, mas garante que agora usa um sistema seguro. Por conta dos equívocos do passado, duas escolas foram fechadas porque apresentaram rachaduras ocasionadas pela retirada da água. Pelo

mesmo motivo, moradores da cidade foram indenizados, ou porque tiveram que deixar suas casas ou porque precisaram reformá-las (Almeida, 2005).

Em junho de 2007, um dos maiores afundamentos de que se tem notícia na região ocorreu na região rural de Tranqueira (Almirante Tamandaré). O solo cedeu, deixando um buraco de forma elipsoidal com cinquenta metros de comprimento, quarenta metros de largura e cerca de trinta metros de profundidade (Figura 4). A profundidade do buraco equivale a um prédio de vinte andares e por isso ele se tornou uma espécie de atração turística local (Bertotti, 2007).

Figura 4 – Buraco formado pela acomodação do solo na região de Tranqueira, Almirante Tamandaré



Fonte: Gasparin (2009).

Em 2010, houve a acomodação do solo em uma pequena célula cártica localizada na sede do município de Almirante Tamandaré, provocando o aparecimento de um buraco de cerca de dez metros de largura e dois metros de profundidade, interditando uma importante via pública, algumas casas comerciais e duas escolas próximas (Figura 5).

Para responder aos conflitos entre a crescente necessidade da ocupação do solo pela municipalidade e a fragilidade natural

dos terrenos cársticos, Almirante Tamandaré elaborou um Plano Diretor de Desenvolvimento (Almirante Tamandaré, 2006) com a premissa de assegurar a segurança ambiental aos moradores, porém mantendo a capacidade de exploração dos recursos minerais associados ao Carste de forma mais sustentável, controlando seus aspectos quantitativos e qualitativos. O município iniciou também um processo de implementação da sua Agenda 21 de forma participativa.

Figura 5 – Buraco formado pela acomodação do solo em via pública próximo ao centro da cidade de Almirante Tamandaré



Fonte: dos autores (2012)

## O aquífero Carste em Almirante Tamandaré na perspectiva do poder público e de sua população

Para Frey, a orientação geral dos municípios no controle das complexas questões sociais e ambientais parece ser o da intensificação das intervenções autoritárias e centralistas, com o aumento da burocracia e da tecnocracia. Ou seja, por meio de uma gestão tecnocrata, que demonstre competência técnica e domínio científico sobre os complexos ecossistemas naturais e suas vulnerabilidades, a administração pública poderia garantir a sustentabilidade impondo uma atitude de respeito socioambiental a uma sociedade cada vez mais individualista (Frey, 2001).

No entanto, segundo o autor, as reivindicações sociais em prol de uma maior participação social e o reconhecimento dos limites técnicos e científicos existentes para lidar com os desafios e ameaças da atual sociedade de risco, contribuíram para a perda da legitimidade dessa abordagem tecnocrática centralizadora. Entre o movimento do governo, para a construção de instrumentos legais de proteção da região cárstica e do necessário controle fiscalizatório de sua ocupação urbana, e a efetivação dessas políticas, há o necessário envolvimento da população residente. Mais do que ser afetada por tais políticas ou tão somente informada delas, é importante para o processo de efetivação de políticas públicas que haja a sua efetiva participação.

Para isso, essa pesquisa, em um primeiro momento, procurou questionar as instituições

públicas estaduais e municipais, que têm por dever de ofício contribuir para a conservação do aquífero, sobre o seu papel. Nas entrevistas com o poder público, muito embora atores de abrangência nacional ou mesmo internacional possam estar direta ou indiretamente relacionados com o aquífero Carste em Almirante Tamandaré, o conjunto dos principais atores envolvidos na sua exploração e conservação permeiam as esferas do setor público municipal e estadual. Com o objetivo de avaliar a sua atuação em relação à gestão do aquífero, foram enviados 27 questionários a representantes do poder público municipal (Prefeitura, Câmara e Defesa Civil) e estadual (Minérios do Paraná, Instituto das Águas, Instituto Ambiental do Paraná, Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba e Ministério Público). Desse, foram recebidos vinte questionários preenchidos. Outras cinco instituições encaminharam respostas, justificando o não preenchimento dos questionários, alegando principalmente a falta de conhecimento técnico suficiente para responder às questões ou não ter envolvimento direto com o assunto. Duas delas não responderam e também não manifestaram retorno.

Na segunda fase da pesquisa, foram aplicados 409 formulários de entrevista distribuídos a uma amostra estatisticamente determinada da população urbana e rural do município de Almirante Tamandaré. A distribuição dos formulários manteve a proporcionalidade entre o número de respondentes e a população total de cada um dos dez distritos urbanos e da área rural. O formulário teve o objetivo de:

- conhecer se o Carste é uma imagem que a população relaciona com a cidade de Almirante Tamandaré;

- conhecer se a população sabe o que é o aquífero Carste;
- saber se a população reconhece a importância do aquífero e também a importância de preservá-lo, e em que escala;
- saber se a população reconhece quais os atores responsáveis pela preservação do aquífero;
- saber se a população reconhece se suas atividades cotidianas contribuem para poluir o aquífero.

Quanto ao papel da administração pública, a opinião dos entrevistados ficou dividida em relação à presença do aquífero. Alguns avaliam a sua existência como uma potencialidade estratégica para o município em longo prazo por se tratar de um recurso essencial para o desenvolvimento regional. No entanto, complementam que a exploração desse potencial requer formas e critérios especiais quanto a sua exploração, bem como um estrito controle do uso e ocupação do solo para garantir a capacidade de suporte ambiental do meio. Outros acreditam que seja um recurso natural que representa um percalço ao desenvolvimento local, dada a fragilidade do solo e a suscetibilidade a acomodações do terreno, que são considerados fenômenos indesejáveis a que tais áreas estão sujeitas, tornando-se um entrave ao crescimento do município.

Os representantes das instituições locais e estaduais entrevistadas reconhecem que a população de Almirante Tamandaré em geral não está informada sobre os riscos associados ao Carste, e esse é o maior desafio a ser enfrentado pela administração pública municipal e estadual na sua gestão. Foram também apontados como principais desafios: a necessidade de conciliar a exploração econômica e a conservação de longo prazo do aquífero; o

planejamento e controle da ocupação do solo em área cárstica; a realização de estudos de mapeamento detalhado da geologia cárstica; e o desenvolvimento de atividades econômicas lucrativas compatíveis com a fragilidade ambiental da área. Sob a perspectiva desses gestores, ficou evidente a preocupação quanto ao risco associado às regiões cársticas no município. No entanto, quanto ao grau desse risco, as respostas se mostraram divergentes. Considera-se que os fenômenos indesejáveis ocorrentes nas áreas cársticas (dolinas, colapsos de solo, rachaduras e trincas em edificações) são registrados com baixa frequência e muitas vezes ocorrem em áreas isoladas, não sendo levados ao conhecimento dos órgãos competentes, passando a não ser divulgados e diminuindo a percepção do risco tanto para gestão pública quanto para a população local.

Embora a maioria das instituições afirme adotar alguma medida visando à minimização desses riscos socioambientais, dada a fragmentação da participação de cada uma na gestão do aquífero e a falta de coordenação entre elas nos seus mais variados níveis hierárquicos, nenhuma das medidas apontadas por esses órgãos é suficientemente capaz de resolver o problema e dar segurança à população, mesmo porque as ações não ocorrem de forma integrada e muitas vezes estão relacionadas de forma apenas indireta com o problema.

Com isso, tem-se um retrato da situação atual do município, que apresenta uma população de baixa renda e como baixo grau de instrução, elevado crescimento populacional, carência de infraestruturas (principalmente as sanitárias), forte dependência da cidade polo (caracterizando-a como uma cidade dormitório, submetida à pressão urbana procedente da

dinâmica metropolitana), restrições ambientais pela necessidade de proteção dos mananciais de abastecimento e ausência de um planejamento territorial adequado que não esteja limitado à simples ordenação do espaço, mas que considere as fragilidades naturais da área como orientação pra sua ocupação. Nesse contexto, observa-se que a maioria da população local desconhece a presença do aquífero cártico no município, ou seja, esse assunto não permeia o imaginário coletivo de parte dos habitantes entrevistados, o que pode desencadear comportamentos urbanos nocivos sobre esses recursos naturais de forma não intencional.

Dado o sistema de administração pública vigente, fica claro o interesse por parte do município de efetuar o parcelamento do solo urbano para fins de geração de receita pela aplicação dos impostos, ignorando muitas vezes as condicionantes ambientais do meio. Dessa forma, é crescente a ocupação do espaço, inclusive das áreas a serem preservadas ou de grande fragilidade ambiental de Almirante Tamandaré. Destaca-se também o persistente entendimento de que os recursos naturais podem ser utilizados de forma ilimitada desde que atendidas as necessidades básicas dos moradores urbanos (habitação, trabalho, lazer, etc.). Tal fato sinaliza que, apesar de as questões ambientais assumirem papel cada vez mais importante nas discussões da cidade, essas ainda não são efetivamente reconhecidas e muito menos internalizadas politicamente na gestão do município.

Por outro lado, atendendo a obrigações legais, tem havido ações para o controle do uso e ocupação do solo por meio de leis municipais ou por meio do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, ditado pelo Estatuto da Cidade

de 2001, cujos elementos do planejamento urbano devem contemplar as diretrizes e padrões de organização do espaço urbano, do desenvolvimento socioeconômico e do sistema político administrativo, sempre a fim de melhorar as condições de vida da população nas cidades.

Todavia, percebe-se que os municípios contemplados pela presença do aquífero cártico, incluindo-se aí Almirante Tamandaré, ainda não sabem como lidar com os problemas e benefícios proporcionados por esse tão importante recurso natural. Na maioria das vezes, acabam por não saber explorá-lo de forma adequada nem estabelecem medidas preventivas pelo fato de desconhecerem a realidade que os cerca, bem como as fragilidades associadas a esse sistema. De fato, gestores, técnicos e a população muitas vezes são surpreendidos pelos eventos geológicos praticamente imprevisíveis, tornando-se esse o real problema na gestão desses espaços.

Além do poder público, foram entrevistados 409 residentes de Almirante Tamandaré. A primeira pergunta tratou das imagens mentais associadas ao município. As respostas foram muito diversificadas, e não houve propriamente uma resposta preponderante. No entanto, algumas delas merecem consideração. Dentre as mais recorrentes, 7,2% citaram imagens ligadas à violência, mortes, roubos ou brigas. Essa relação entre violência e o município não é algo novo. Em uma pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas no ano de 2006, 80% dos entrevistados afirmou não estarem satisfeitos com a segurança do município, e esse cenário pode ser evidenciado pela ocorrência de agressões como sendo a principal causa de óbito no município, passando de 48,2 mortes para cada 100 mil habitantes em 2002 (FGV/Isae, 2006),

para 81 mortes para cada 100 mil habitantes no primeiro trimestre de 2012 (Antoneli e Bautista, 2012).

Em contrapartida, aspectos positivos relacionados com natureza, mata, verde, árvores ou vegetação estiveram presentes em 5,5% das respostas. A qualidade do cenário como elemento de harmonia paisagística já é reconhecido como um potencial para os municípios onde a geologia cárstica é preponderante, e tem sido recorrentemente considerada na formulação dos seus Planos Diretores de Desenvolvimento Municipal (Dias, 2000, p. 26).

Pelo fato de se tratar de uma formação geológica subterrânea, invisível aos olhos da grande maioria da população, a relação da população de Almirante Tamandaré com águas do aquífero Carste apareceu apenas em 0,2% das respostas. Isso leva à preocupante conclusão de que as ações antrópicas estejam sendo tomadas como se o aquífero não existisse, o que pode desencadear um comportamento nocivo à adequada conservação desse manancial subterrâneo.

Por outro lado, dos 32% da população que afirmaram conhecer ou ter ouvido falar do aquífero, 92% consideram-no como algo importante ou muito importante para o município. Além disso, ressalta-se que 56% dos entrevistados que conhecem o Carste disseram que cabe a "todos nós" a responsabilidade pela sua preservação. O dado preocupante é que 68% dos entrevistados afirmaram não conhecer ou não ter ouvido falar do aquífero Carste, o que confirma a baixa associação entre o território municipal e o aquífero.

Por fim, considerando apenas o conjunto da população que afirma conhecer ou já ter ouvido falar no Carste, 55% também afirmam que

suas atividades cotidianas não prejudicam, ou prejudicam pouco, a conservação desse aquífero. Apenas 13% afirmam que suas atividades prejudicam ou prejudicam muito a conservação do Carste. Os demais 32% dos respondentes afirmam que não sabem se suas atividades cotidianas prejudicam o aquífero, ou optaram por não responder à questão.

O cenário geral que se pode depreender a partir da pesquisa de opinião elaborada é que a população de Almirante Tamandaré apresenta na sua maioria um baixo grau de instrução – 31% cursaram apenas até quatro anos do ensino fundamental e 11% são analfabetos. Por essa razão, desempenham atividades que exigem menor qualificação profissional e que representam um baixo salário mensal per capita (R\$197,65 em 2008 – menos de meio salário mínimo). Como consequência, não têm acesso a informações mínimas sobre o aquífero para que possam contribuir para a sua conservação e, mesmo que lhes fosse dado acesso a essas informações, dada a precariedade da sua situação socioeconômica, qualquer imposição de caráter ambiental que limitasse ainda mais essa condição dificilmente seria aceita. A Mineropar (2005) salienta que essa falta de informação é preocupante na medida em que os cidadãos agem cotidianamente como se o aquífero não existisse, com consequências de médio e longo prazos à qualidade das águas subterrâneas.

## Considerações finais

A conservação das águas do aquífero Carste é um objetivo estratégico para o abastecimento público da Região Metropolitana de Curitiba no médio e longo prazo. Em anos recentes, as

administrações do estado do Paraná e de alguns municípios localizados sobre o aquífero têm feito esforços no sentido de regulamentar a ocupação urbana e rural.

Pela legislação brasileira, o aquífero está sob domínio do Estado e da União (Brasil, 1988, Artigos 20 e 26). Sob a ótica da Legislação Estadual, o Decreto nº 3411/2008, que “declara as áreas de interesse de Mananciais de Abastecimento Público da Região Metropolitana de Curitiba e dá outras providências” considera, em seu Artigo 4º, inciso V, que a área do carste é uma área de proteção que deve ter seu uso e ocupação controlados de forma a garantir suas condições de qualidade hídrica para tal fim. Em nível municipal, a Prefeitura de Almirante Tamandaré incluiu na revisão do seu Plano Diretor Municipal e na elaboração da sua Agenda 21, adaptações sugeridas pela Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba – Comec, elaboradas em 2002, no sentido de proteger a ocupação urbana sobre áreas cársticas. Porém, a gestão ambiental, pautada em instrumentos impositivos e autárquicos, vem dando pouco resultado; e diferentes autores colocam a importância de que atores da sociedade civil participem ativamente da formulação de políticas públicas de gestão ambiental.

O primeiro passo para isso é a sensibilização da população para os problemas a serem tratados por essas políticas. Este artigo buscou saber como a população do município de Almirante Tamandaré, com 85% de sua área sobre o aquífero Carste, percebe esse problema – uma vez que ela é ator tanto no atual modelo desordenado de ocupação territorial quanto nas políticas públicas necessárias para o controle dessa ocupação.

O que se constatou é que a população de Almirante Tamandaré não reconhece o aquífero como uma característica do município, e não tem um conjunto mínimo de informações que pudesse sensibilizá-las para os problemas ambientais causados pela ocupação urbana e rural das áreas cársticas. Para essa população, com baixo IDH – em especial precariedade econômica e educacional – o aquífero não é considerado uma variável importante nas atividades cotidianas; Pelo contrário, preocupados com a própria sobrevivência, medidas restritivas de ocupação territorial, seja para fins residenciais ou produtivos, tendem a ser mal aceitas. Mesmo em nível institucional, há conflitos entre a necessidade de expansão da atividade econômica capaz de gerar receita para o município, e a necessidade de fazer cumprir a legislação de preservação do aquífero por parte do Estado – gerando desconforto mesmo entre gestores públicos municipais (Gasparin, 2009). Com isso, a administração municipal não tem logrado sucesso na atração de novos capitais privados (principalmente novas indústrias) pelas restrições de ocupação do seu território.

Esse caso explicita um dilema da governança ambiental: de um lado, a necessidade inquestionável de impor limites a atividades antrópicas que tenham efeitos deletérios sobre o meio ambiente, nesse caso sobre recursos naturais essenciais para a própria população residente; e de outro, a consciência de que políticas ambientais efetivas devem contar com a participação da população, como ator diretamente envolvido e interessando, em sua elaboração.

Do ponto de vista do Estado, a exploração sustentável do aquífero em Almirante Tamandaré configura uma opção estratégica

de crescimento e desenvolvimento econômico para o município, desde que haja uma rationalidade de longo prazo nessa exploração e os necessários mecanismos de conservação e preservação ambiental estejam plenamente empregados. Essa possibilidade tem desafiado os agentes políticos e econômicos locais a encontrar meios de alavancar a economia de Almirante Tamandaré, sem colocar em risco a conservação desse bem natural.

Cabe lembrar, por fim, que o estudo se focou no município de Almirante Tamandaré por ter 85% de seu território sobre o aquífero Carste, mas que a ocorrência cárstica se estende por outros 13 municípios da Região Metropolitana de Curitiba. Portanto, o sucesso da conservação do aquífero deve envolver obrigatoriamente o estabelecimento de um

Plano Estratégico de abrangência regional, com a união de esforços em todos os níveis hierárquicos da administração pública bem como a participação cotidiana e interessada dos municíipes. Nesse plano, é necessário que se considere que o meio físico possui uma baixa capacidade de suportar um adensamento populacional maior ao que hoje se encontra estabelecido nos núcleos urbanos, que o Estado deve estabelecer metas de ação no sentido de orientar uma ocupação do espaço mais adequada do ponto de vista da conservação dos recursos ambientais locais, e nesse contexto, que as possibilidades de intervenção tenham como objetivo a resolução das questões sociais locais com a efetiva participação da sociedade civil nesse processo, integrando-se os espaços social, econômico e natural.

### **Harry Alberto Bollmann**

Engenheiro civil, doutor em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, professor do Programa de Pós-graduação em Gestão Urbana da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba/PR, Brasil.

harry.bollmann@pucpr.br

### **Daniele Costacurta Gasparin**

Engenheira ambiental, mestre em Gestão Urbana, diretora do Departamento de Meio Ambiente da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Almirante Tamandaré. Almirante Tamandaré/PR, Brasil.

danigasparin@gmail.com

### **Fabio Duarte**

Arquiteto e urbanista, doutor em Comunicação e Artes, professor do Programa de Pós-graduação em Gestão Urbana da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba/PR, Brasil.

duarte.fabio@pucpr.br

## Referências

- ALMEIDA, A. (2005). *Poços de exploração do aquífero karst serão desativados em cinco anos*. Curitiba, Jornal Gazeta do Povo, 18 novembro.
- ALMIRANTE TAMANDARÉ (2006). *Plano Diretor de Desenvolvimento. Prefeitura Municipal de Almirante Tamandaré*. Disponível em: <http://tamandare.pr.gov.br/planoDiretor>. Acesso em: 15 abr 2012.
- ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A. I. e ANDREOLI, F. N. (2000). Limites ao desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba impostos pela escassez de água. In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL. *Anais*, Porto Seguro, SILUBESA, pp. 185-195.
- ANDRIANI, G. F. e WALSH, N. (2009). An example of the effects of anthropogenic changes on natural environment in the Apulian karst (southern Italy). *Rev. Environ Geol*, n. 58, pp. 313-325.
- ANGEL, S., SHEPPARD, S. C. e CIVCO, D. L. (2005). *The dynamics of global urban expansion*. Washington DC, The World Bank.
- ANTONELI, D. e BATISTA, R. (2012). *Curitiba tem trimestre menos violento*. Curitiba, Jornal Gazeta do Povo, 17 de maio.
- BARTONE, C.; BERNSTEIN, J.; LEITMAN, J.; EIGEN, J. (1994). *Toward environmental strategies for cities: policy considerations for urban environmental management in developing countries*. Washington, The World Bank.
- BERTOTTI, J.N. (2007). *Descoberta cratera de 70 metros de profundidade em Almirante Tamandaré*. Curitiba, Jornal Gazeta do Povo, 22 agosto.
- BRASIL (1996). *Agenda 21*. Brasília, Senado Federal.
- COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (2002). *Plano de zoneamento do uso e ocupação do solo da região do karst da Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba, Comec.
- DIAS, J. (2000). A região cárstica de bonito: uma proposta de zoneamento geoecológico a partir de unidades de paisagem. *Ensaio e Ciência*. Valinhos, v. 4, n. 1, pp. 9-43.
- FREY, K. (2001). A dimensão político-democrática nas teorias de desenvolvimento sustentável e suas implicações para a gestão local. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo, v. 9, n. 9, pp. 115-148.
- FGV/ISAE (2006). *Plano Diretor Municipal de Almirante Tamandaré: diagnóstico*. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas.
- GAMA, S. V. G.; DUTRA, F. F. e AMORIN, N. M. (2010). O papel dos atores sociais na formulação de novas políticas públicas ambientais no distrito de ilha grande. In: XI COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GEOCRÍTICA. *Anais*. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires.
- GASPARIN, D. C. (2009). *A importância do aquífero cárstico em Almirante Tamandaré, Paraná, como recurso estratégico na gestão urbana e regional*. Dissertação de mestrado. Curitiba, PUCPR.
- HAUB, C.; GRIBBLE, J. (2011). The world at 7 billion. Population. *Reference Bureau*. Washington DC, v. 66, n. 2. pp. 1-16.
- HE, K.; ZHANG, S.; WANG, F. e DU, W. (2010). The karst collapses induced by environmental changes of the groundwater and their distribution rules in North China. *SPRINGER Earth and Environmental Sciences*. Beijing, v. 61, n. 5, pp. 1075-1084.

- IBGE (2010). *Censo 2010*. Brasília, IBGE.
- IPARDES (2011). *Caderno Estatístico: Município Almirante Tamandaré*. Curitiba, Ipardes.
- LI, J. (2010). Water Shortages Loom as Northern China's Aquifers Are Sucked Dry. *Science*. Washington DC, v. 328, n. 5985, pp. 1462-1463.
- LISBOA, A. A. (1997). *Proposta de metodologia para avaliação hidrogeológica do aquífero cárstico, compartimento de São Miguel*. Dissertação de mestrado. Curitiba, Universidade Federal do Paraná.
- MINEROPAR (2005). O sistema carste. In: WORKSHOP SOBRE O AQUIFERO KARST EM ALMIRANTE TAMANDARÉ. Almirante Tamandaré, Prefeitura Municipal [1 CD-ROM].
- MONTGOMERY, M. (2008). The Urban Transformation of the Developing World. *Science*. Washington DC, v. 319, n. 5864, pp. 761-764.
- NOGUEIRA FILHO, J. (2006). *Alerta sobre residência em área de risco. Relatório Técnico*. Curitiba, Acquametallum.
- OCDE (2008). *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030. Organisation de Coopération et de Développement Économiques*. Paris, OCDE.
- PINKNEY, R. (2004). *Democracy in the third world*. Boulder, Linne Rienner Publishers.
- PNUD; IPEA; FJP (2000). *Altas do Desenvolvimento Humano no Brasil: IDH-M de 1991 a 2000*. Disponível em: <http://www.pnud.org.br>. Acesso em: 26 nov 2010.
- SANEPAR (2011). *Monitoramento karst*. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/sustentabilidade/monitoramento-karst>. Acesso em: 11 dez 2011
- SUDERHSA (2007). *Principais unidades aquíferas no estado do paraná – karst. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental*. Disponível em: <http://www.sudersa.pr.gov.br>. Acesso em: 26 nov. 2010.
- ZHAO, Y. (1999). Leaving the countryside: rural-to-urban migration decisions in China. *The American Economic Review*. Washington DC, v. 89, n. 2, pp. 281-286.

Texto recebido em 4/nov/2010  
Texto aprovado em 15/dez/2010

