

**INSTITUTO DIREITO PARA UM PLANETA VERDE**  
**18º CONGRESSO BRASILEIRO DE DIREITO AMBIENTAL**  
**PAINEL: ÁGUA, ENERGIA E SUSTENTABILIDADE: “SISTEMA**  
**AQUÍFERO INTEGRADO GUARANI/SERRA GERAL E A AMEAÇA**  
**DO GÁS DE XISTO NA BACIA DO PARANÁ.”**

Luiz Fernando Scheibe<sup>1</sup>

Arthur Schmidt Nanni<sup>2</sup>

Luciano Augusto Henning<sup>3</sup>

**RESUMO**

As águas subterrâneas constituem 30% do total de águas doces da terra, e têm grande importância nos processos de abastecimento público da maior parte das cidades da América Latina. Enquanto os rios renovam-se continuamente, o movimento de renovação das águas no Sistema Aquífero Guarani (SAG), no interior da Bacia do Prata, é da ordem de m/ano e dá-se em zonas de recarga direta e de diferentes graus de confinamento, onde a exploração se faz na forma de “mineração de água”. Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, países onde ocorre o SAG, contêm inúmeros outros aquíferos, ainda pouco estudados, e suas legislações podem ser melhor compatibilizadas. Para o uso integrado e sustentável das águas subterrâneas e superficiais da bacia, propõem-se os conceitos de “Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral” (SAIG/SG) e o de “Gestão Integrada dos Recursos Hídricos” (GIRH). No quadro da mudança climática global, é alta a possibilidade de aumento na frequência e na intensidade de situações de “crises” naturais, como inundações e estiagens, e neste caso, a lentidão dos processos internos dos aquíferos pode vir a constituir um elemento de estabilização das possibilidades de abastecimento da água, pelo menos para as atividades essenciais, tornando-se “reservas estratégicas” a serem consideradas nas políticas e planos de remediação, prevenção e mitigação nos países da América Latina. A proposta atual de exploração de gás de xisto por fraturamento (*shale gas*

---

<sup>1</sup> Programas de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) e Interdisciplinar em Ciências Humanas da UFSC; Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL. e-mail: scheibe2@gmail.com.

<sup>2</sup> Departamento de Geociências, Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC; Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL.

<sup>3</sup> Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL, [www.rgsg.org.br](http://www.rgsg.org.br).

*fracking*), no entanto, representa uma ameaça concreta à integridade das reservas de água de todo Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) como dos demais aquíferos e das próprias águas superficiais de toda a Bacia do Paraná, tanto pela superexploração como pela intensa poluição resultante do complexo processo de mineração e descarte de águas carregadas com outros hidrocarbonetos, substâncias químicas utilizadas nos explosivos e como fluidificantes e os próprios metais pesados e outros elementos presentes na rocha hospedeira do gás.

## INTRODUÇÃO

A água é essencial à vida, a ponto de que, quando se descobre um novo e longínquo planeta, a primeira pergunta que se fazem os astrônomos, é pela ocorrência de água livre em sua superfície. Este será o primeiro indicador da possibilidade de existência, lá, de formas de vida semelhantes às que conhecemos na Terra.

## O CICLO DAS ÁGUAS

A ocorrência dessa água em suas diversas formas – água (líquida), gelo, vapor d'água – na superfície da Terra é condicionada por inúmeros fatores, como a intensidade da atração gravitacional, que permite a flutuação da atmosfera acima da superfície, mas é também suficiente para impedir que a mesma seja inteiramente perdida para o espaço; a rotação da Terra em torno de seu eixo, que garante a alternância entre horas de maior calor e outras mais frias, com temperaturas extremas restritas aos polos; o relevo terrestre, que influi de diversas maneiras na distribuição das temperaturas, dos ventos e das precipitações; a existência de uma lua responsável pelo fenômeno das marés, que continuamente, como um gato, lambem as costas dos continentes, reciclando todos os materiais desses ambientes; e, finalmente, a distância a que estamos do “nosso” sol, que possibilita o aproveitamento de sua energia para a fotossíntese, o mais espetacular processo de acumulação organizada dessa mesma energia.

A coincidência de todos esses fatores com as características *sui generis* da molécula da água, cuja polaridade lhe confere a propriedade de atuar como um “solvente universal” é que faz do nosso planeta, no dizer do cientista Antonio Donato Nobre em palestra no TEDxAmazônia (2010), uma verdadeira “improbabilidade estatística”. (Disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=HYcY5erxTYs>).

É dessa improvável configuração que resultam as frequentes trocas de estado e o contínuo deslocamento, sistematizado pelos estudiosos no assim chamado “Ciclo Hidrológico”, ou “Ciclo da Água”:

**Figura 1** – O Ciclo Hidrológico, conforme o Serviço Geológico dos Estados Unidos. Disponível em <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleportuguesehi.html>.

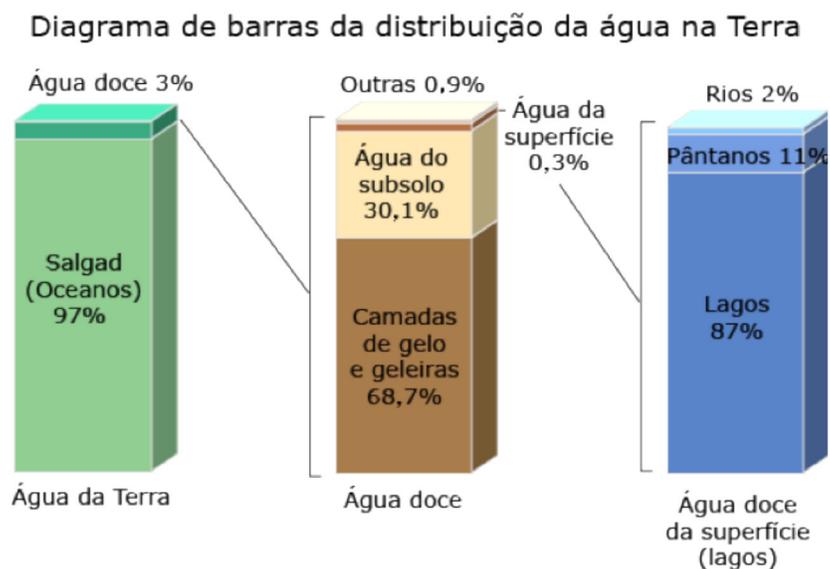
O primeiro ponto a observar é, mais uma vez, o papel essencial exercido pelo Sol, como o verdadeiro “motor” de todo o ciclo, através da evaporação da água dos oceanos e da evapotranspiração das plantas, com a conseqüente condensação, precipitação e acúmulo nas altas geleiras, ou o escoamento superficial, até a volta pelos rios aos lagos e ao oceano, ou a infiltração nos lençóis freáticos e, por conseqüência, nos aquíferos profundos.

Além do movimento é preciso considerar a diversidade dos ambientes de armazenamento da água, reservatórios como os oceanos, a atmosfera, o gelo, os rios e lagos, e nos poros e fraturas das rochas do subsolo.

A distribuição da água nesses ambientes, no entanto, é extremamente desigual, como se pode observar:

**Figura 4** – Distribuição da água nos diferentes reservatórios da Terra. Disponível em <http://ga.water.usgs.gov/edu/>.

Ao lado da total predominância da água salgada sobre a água doce, chama nossa atenção o fato de que esta não está diretamente disponível para a maioria da população (talvez, por isso mesmo, os homens e mulheres, os animais, sequer são representados no ciclo da água disponibilizado pelo USGS), mas sim retida na forma de gelo, ou, então, nos poros e fraturas das rochas, constituindo o que chamamos de **águas subterrâneas**.



## ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Quando esta água tem condições de ser explorada para o consumo doméstico, o abastecimento público, a criação de animais, a agricultura irrigada ou a indústria, através de fontes naturais, de poços escavados ou tubulares profundos, é que se diz que aquela **rocha** se constitui num **aquífero**. Aspecto muito importante é que, ao contrário da água retida como gelo nos polos<sup>4</sup>, onde os homens e as mulheres não estão, os aquíferos, ou depósitos de água subterrânea, ocorrem com maior ou menor representatividade em todos os ambientes continentais, sendo utilizados desde a pré-história por praticamente todas as civilizações.

Aquela água doce à qual temos acesso direto e imediato, a dos lagos e, especialmente, dos rios constituiria, de acordo com o gráfico mostrado, apenas 2% dos 0,3% de 3% de toda a água livre existente na Terra. Conforme acentua Porto-Gonçalves “num discurso de escassez de tal forma elaborado que, ao final, o leitor já está com sede” (2006, p. 414).

O que os gráficos não mostram, contudo, é a sua relação direta com o ciclo hidrológico estampado mais acima: enquanto o movimento da água nos aquíferos é extremamente lento, assim como a sua renovação, os rios renovam-se continuamente a partir das chuvas resultantes da evaporação da água dos oceanos e lagos e da evapotranspiração das plantas, justificando assim o ditado de que “não podemos banhar-nos duas vezes no mesmo rio”:

Ao contrário dos recursos hídricos superficiais, o fluxo da água subterrânea é muito lento. Nos primeiros a velocidade pode ser expressada em metros por segundo, enquanto nos aquíferos em metros por ano<sup>5</sup>. Isto tem muitas implicações hidrogeológicas e ambientais importantes. As mudanças, tanto na disponibilidade como na qualidade das águas subterrâneas são resultado de longos processos. Não obstante, indícios delas se mostram reais, à medida que são detectados em poços tubulares. (OEA, 2009, P. 174 – tradução dos autores).

Não está neles contemplada, também, a própria água da chuva, antigamente zelosamente guardada e tão utilizada em nossas casas, e que passou a ser tratada nas impermeabilizadas aglomerações urbanas como um incômodo do qual temos que nos

---

<sup>4</sup> Cujos propalado derretimento atual implica na sua transformação de água doce em salgada, diminuindo ainda mais a proporção entre aquela e esta última.

<sup>5</sup> As águas de um rio com velocidade média de 1m/seg se deslocariam 31.536.000 m/ano. Ou seja, as águas do rio Amazonas podem se renovar integralmente 5 vezes num ano, enquanto as do aquífero situado logo abaixo dele se deslocariam apenas 1 a 10m de sua posição nesse mesmo período.

livrar imediatamente, através de complexos e caros sistemas de drenagem (por que não de acumulação?) tão ao gosto de nossos engenheiros – e empreiteiras.

Por outro lado, em períodos de estiagem, os rios são imediatamente afetados, e sua regularidade passa a depender quase exclusivamente das fontes de águas subterrâneas que alimentam suas nascentes. Elas passam assim a constituir reservas estratégicas de maior durabilidade, desde que exploradas dentro do limite da capacidade de recarga dos respectivos aquíferos.

Todos estes fatores apontam para a conveniência do uso integrado das águas superficiais, subterrâneas e da chuva, respeitando-se as suas particularidades. É notório, por exemplo, que a água de superfície é a mais vulnerável em termos de poluição, até por que normalmente os rios são usados não apenas para suprir as necessidades de abastecimento público, industriais e de irrigação, mas também para o descarte e diluição dos efluentes domésticos e industriais, além das grandes barragens para geração de energia hidrelétrica.

Essas intervenções têm sido responsáveis pela perda da qualidade dessas águas, fazendo com que haja, como ocorre na região oeste dos estados de Santa Catarina e do Paraná, e noroeste do Rio Grande do Sul, no Brasil, uma intensa migração dos serviços públicos de abastecimento assim como das agroindústrias e dos produtores de suínos, no sentido da captação de águas subterrâneas, inicialmente do Sistema Aquífero Serra Geral, constituído por fissuras em basaltos, e num segundo momento, que atualmente se intensifica, do próprio Sistema Aquífero Guarani, que é mais profundo nessas regiões.

Para estimar a quantidade de recursos que podem ser extraídos de um aquífero, a Diretiva Marco Europeia da Água estabelece que o limite de explotabilidade consiste na recarga média do sistema menos os fluxos necessários para a manutenção em bom estado das águas superficiais e dos ecossistemas associados.

## **O SISTEMA AQUÍFERO INTEGRADO GUARANI/SERRA GERAL**

O **Sistema Aquífero Guarani (SAG)** é, sem dúvida, o mais importante aquífero do Cone Sul da América. Os resultados do PSAG<sup>6</sup> confirmam o potencial e a importância estratégica deste aquífero (SAG), que abrange 1,1 milhão de km<sup>2</sup> de uma área onde vivem mais de 15 milhões de pessoas em quatro países da América do Sul (ou 92 milhões de pessoas em sua área de influência, conforme OEA, 2009).

---

<sup>6</sup> Projeto para a Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani (PSAG) (março 2003 – janeiro 2009). Seu objetivo foi apoiar a Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai – países que abrigam o Sistema Aquífero Guarani (SAG) – na elaboração de um quadro comum de caráter institucional, legal e técnico para a utilização sustentável e preservação deste recurso natural. (OEA, 2009)

Na Figura 3, abaixo, estão representadas as áreas de ocorrência do SAIG/SG na América do Sul, e mais detalhadamente, no mapa hidrogeológico de Santa Catarina, as áreas de afloramento dos sistemas aquíferos Serra Geral (SASG, em verde brilhante) e Guarani (em azul escuro), e ainda, em azul mais claro, das rochas sedimentares mais antigas, que incluem o folhelho (*shale*) da Formação Irati (em azul marinho), conhecida popularmente como “xisto betuminoso”, e que contém as reservas de “gás de xisto” da Bacia do Paraná. A seção geológica esquemática abaixo do mapa mostra o comportamento aproximado dessas camadas de rochas, que estão empilhadas com o xisto betuminoso mais embaixo, o sistema aquífero Guarani em posição intermediária e o Serra Geral na superfície.

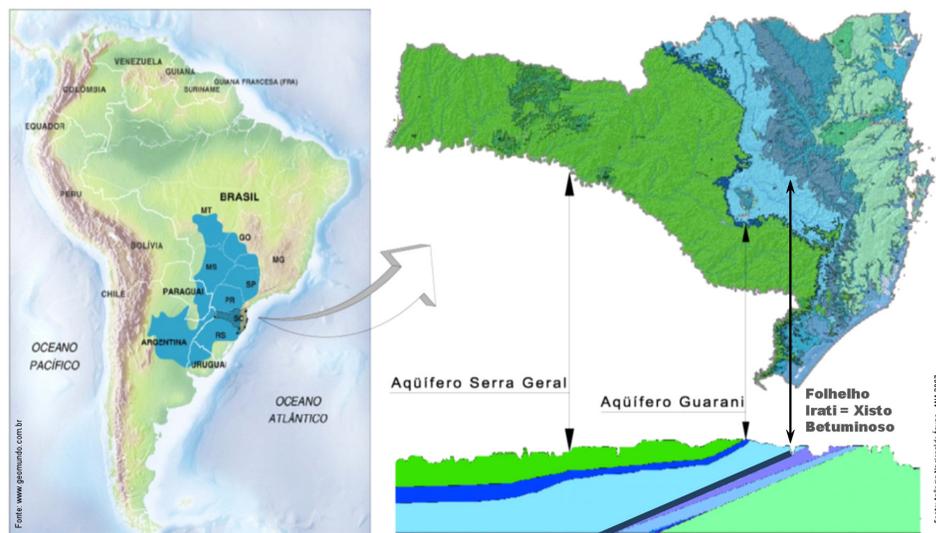


Figura 3 – Localização do SAIG/SG (Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral e do Folhelho Irati (= Xisto Betuminoso) no mapa e perfil hidrogeológico de Santa Catarina.

A grande diversidade de características hidráulicas e químicas do SAG, com zonas específicas baseadas na geologia, hidrogeologia, hidrogeoquímica, isótopos da água e energia hidrotermal, impõe limitações ao seu uso, o qual deve levar em consideração não só as suas características intrínsecas de armazenamento e recarga, mas as suas relações com as rochas vulcânicas e demais formações superpostas e subjacentes, também sistemas aquíferos de grande importância local:

A gestão do SAG não pode desconhecer que há outros aquíferos sobre ele. Em muitas cidades do Estado de São Paulo, onde o SAG é explorado, por exemplo, existem poços que utilizam aquíferos

mais superficiais. O mesmo sucede em outros Estados do Brasil e nos demais países, com intensidade variada. Afora o fato de que ditos aquíferos e o SAG possam vir a apresentar conexão hidráulica (como de fato ocorre), a exploração da água pode ser integrada e deve incluir as fontes de água superficial. (OEA, 2009, P. 174-5– tradução dos autores).

Foster *et al.* (2011a) comentam que, embora o volume total de água armazenada seja imenso, há restrições nos volumes exploráveis do SAG, devido a características geométricas das camadas e hidráulicas da rocha. Definem, assim, cinco “zonas de gerenciamento do recurso” e respectivos volumes seguros de extração: Uma zona “*Não Confinada*” (ou aflorante), com renovação significativa pela recarga natural, mas que apresenta alta vulnerabilidade à poluição antrópica e potencial redução dos fluxos de base dos rios, se houver superexploração; uma zona “*Semiconfinada e Coberta por (<100m) Basalto*”, com possível exploração sustentável, apesar de sua recarga ser parcial; uma zona “*Confinada Intermediária (<400m) de Cobertura Basáltica*”, sem recarga significativa e com tempo de residência da água no aquífero maior do que 10.000 anos; uma zona “*Confinada Profunda (>400m) de Cobertura Basáltica*”, com águas ainda mais antigas (eventualmente salinizadas ou com excessivo teor de flúor). Nestas duas últimas zonas, a exploração seria do tipo “mineração não renovável”, pela total ausência de processos de renovação da água em um tempo condizente com novo aproveitamento dentro do atual processo “civilizatório”. Uma quinta zona é a “*Confinada com Água Subterrânea Salina*”, não potável, que seria restrita regionalmente à área de ocorrência do SAG na Argentina.

Concluem os autores citados que

Assim, os volumes razoavelmente reduzidos (da recarga) na quarta zona (que corresponde à maior extensão do SAG) implicam em uma exploração de um recurso finito e bastante limitado, frente às demandas que se esperam para este importante aquífero regional. (FOSTER *et al.*, 2011a, p.43).

Esta visão mais “realista” das potencialidades deste aquífero contrasta com o ufanismo, altamente magnificado pelo apelo midiático nos anos iniciais deste século, que caracterizou o processo que culminou na implantação do PSAG como um projeto cooperativo que envolveu recursos dos quatro países de ocorrência (Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai) e dotações do Fundo Mundial para o Meio Ambiente da ONU, com intervenção do Banco Mundial e tendo a OEA como agência de execução regional. Contou ainda com a cooperação da Organização Internacional de Energia Atômica, do Serviço Geológico da Alemanha e do Banco de Programas de Sociedades da Água dos Países Baixos. (OEA, 2009).

Para essa implantação foi muito importante, também, a caracterização do SAG como um aquífero transnacional, já que abrange efetivamente partes importantes da Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai – e no Brasil e Argentina, distribui-se ainda por vários Estados e Províncias. Visando a cooperação e integração das suas relações e com o propósito de ampliar o alcance das ações para conservação e aproveitamento sustentável dos recursos hídricos transfronteiriços do Sistema Aquífero Guarani, a República Argentina, a República Federativa do Brasil, a República do Paraguai e a República Oriental do Uruguai assinaram, em 02 de agosto de 2010, um Acordo de Cooperação sobre o Sistema Aquífero Guarani (SAG). Estabelece o referido acordo que:

...

Artigo 2 - Cada Parte exerce o domínio territorial soberano sobre suas respectivas porções do Sistema Aquífero Guarani, de acordo com suas disposições constitucionais e legais e de conformidade com as normas de direito internacional aplicáveis.

Artigo 3 - As Partes exercem em seus respectivos territórios o direito soberano de promover a gestão, o monitoramento e o aproveitamento sustentável dos recursos hídricos do Sistema Aquífero Guarani, e utilizarão esses recursos com base em critérios de uso racional e sustentável e respeitando a obrigação de não causar prejuízo sensível às demais Partes nem ao meio ambiente. (Brasil, 2010, disponível em <http://www.itamaraty.gov.br/sala-de-imprensa/notas-a-imprensa/acordo-sobre-o-aquifero-guarani>)

Foster *et al.* (2011b), considerando os resultados do PSAG, ressaltam que os eventuais problemas transfronteiriços de aproveitamento do SAG são de distribuição limitada e de caráter essencialmente local, podendo, portanto, serem tratados caso a caso. Para esses autores, entretanto, “é nítida a necessidade por cooperação federal e internacional para aumentar os benefícios de se compartilharem avanços no entendimento científico e de experiências positivas de gerenciamento”.

Entre os pontos a serem melhor estudados, destacam:

...

iii) promover um “fórum de pesquisa” e o início de novos projetos colaborativos em questões-chave, incluindo: a) impacto das grandes mudanças no uso do solo nas áreas de recarga do SAG; b) avaliação da recarga do SAG, particularmente através do basalto; c) modelação matemática do SAG e melhoria do modelo de exploração em áreas confinadas (exploração do tipo mineração, não renovável); d) monitoramento quantitativo e qualitativo das águas do aquífero. (FOSTER *et al.*, 2011b, p. 62).

Nessa linha de ação já se encontra em andamento, desde 2007, o Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL, que conta em Santa Catarina com mais de 70 pesquisadores e desenvolve pesquisas e ações institucionais para o uso integrado e sustentável das águas subterrâneas e superficiais. A partir das evidências tectônicas e geoquímicas de conectividade hidráulica entre o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e o SAG, especialmente em Santa Catarina, Paraná e no Rio Grande do Sul, Brasil, utiliza o conceito de “**Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral**” (SAIG/SG) como unidade de gestão. O conceito de “**Gestão Integrada dos Recursos Hídricos**”, por sua vez, leva também em consideração as águas superficiais e os usos da terra em cada bacia hidrográfica, cujas relações se fazem cada vez mais evidentes à medida que aumenta a demanda pelos recursos hídricos devida à urbanização, suinocultura, avicultura, produção de leite e agroindústrias associadas, aos frequentes períodos de estiagem e à carga de contaminantes já presente em muitos dos mananciais superficiais da região Oeste de Santa Catarina. (SCHEIBE *et al.*, 2011).

Se, por um lado, a grande ênfase dada ao Sistema Aquífero Guarani nos últimos anos serviu, como comentado no Programa Estratégico de Ação da OEA, para introduzir definitivamente na agenda dos quatro países que abrigam o SAG o tema das águas subterrâneas (OEA, 2009), por outro lado a completa dominância da discussão deste sistema eclipsou, de certa forma, todos os outros aquíferos, cuja importância local é incontestável.

Apenas como exemplo, pode ser citado o imenso sistema aquífero representado pelos depósitos quaternários que se estendem, na Argentina, desde Mendoza até a foz do rio da Prata, e que, apesar de serem intensivamente utilizados para abastecimento público e para irrigação, têm seus estudos feitos principalmente em base local, sendo ainda relativamente pouco divulgados. Devido ao seu caráter de aquífero livre, e a montante, em áreas de baixa pluviosidade, apresentam, por um lado, alta vulnerabilidade natural a cargas poluidoras, e por outro, excepcional importância para a manutenção do equilíbrio hídrico de uma vasta região daquele país.

Da mesma forma, nas discussões referentes ao Programa Marco para a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata, considerando os efeitos hidrológicos decorrentes da variabilidade e mudanças climáticas, elaborado para orientar as ações do CIC - Comitê Intergovernamental Coordenador da Bacia do Prata, a referência às águas subterrâneas prende-se, aparentemente, exclusivamente ao caso do Aquífero Guarani.

(cf. [http://www.cicplata.org/marco/eventos/pdf/23.02.2005/adt\\_anexos\\_marzo2005.pdf](http://www.cicplata.org/marco/eventos/pdf/23.02.2005/adt_anexos_marzo2005.pdf))

No caso do **Brasil**, a Lei nº 9.433/97 – a Lei das Águas – estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, que prevê um Sistema de Gerenciamento através dos Comitês de Bacia Hidrográfica. Apenas nos últimos anos, e graças em parte à ação do projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL é que (em Santa Catarina), alguns desses comitês estão levando em consideração as águas subterrâneas, apesar da sua decisiva importância no abastecimento público de inúmeras cidades e pequenas

comunidades: Estima-se que supram o abastecimento de 35-40% da população do país e agreguem valor a um grande número de produtos duráveis e bens de consumo.

Ressalta-se que pela Constituição Federal do Brasil a dominialidade das águas subterrâneas é dos estados, sendo que estes estão em fase de implementação de suas políticas de recursos hídricos, não tendo sido, até o momento, implantados em todos os eles os mecanismos que permitam a sua correta gestão. Os casos de contaminação de solo e de aquíferos se avolumam, bem como problemas de superexploração (maior extração que a capacidade de recarga do aquífero, quer por interferências hidráulicas ou por redução das reservas), mas pouca ação é tomada para a sua correção, colocando em risco o suprimento público e privado de água, sobretudo nos centros urbanos.

No **Uruguai**, importante passo para a gestão das águas foi dado com a aprovação recente das disposições que estabelecem que “o acesso à água potável e ao saneamento são direitos humanos fundamentais”. Também está estabelecido que “o serviço público de saneamento e de abastecimento de água para o consumo humano serão prestados exclusiva e diretamente por pessoas jurídicas estatais”. Há diversos programas em andamento visando melhoras no abastecimento de água potável, bem como no saneamento, contudo, em relação às Políticas de Águas que incluem especialmente a gestão por bacias considerando a integralidade do ciclo hidrológico, as ações são ainda incipientes e os problemas, semelhantes àqueles constatados nos estados do sul do Brasil.

No **Paraguai** a capital, Assunção, é abastecida principalmente a partir de águas do próprio rio Paraguai, mas parte considerável da população desta cidade e das cidades e comunidades menores daquela região utiliza-se de poços e serviços particulares de abastecimento a partir do *Aquífero Patiño*, que abrange 1.173 km<sup>2</sup> no sudoeste da região Oriental do país e abastece mais de dois milhões de pessoas, sendo considerado “um irmão menor do Aquífero Guarani” (cuja área total é de 1.100.000 km<sup>2</sup>). Segundo estudos preliminares, a excessiva extração produziu uma queda do nível da água e o aumento substancial da contaminação, além da salinização como resultado direto do processo de rebaixamento do nível. (cf. <http://www.abas.org/aba-sinforma/144/paginas/08.htm>)

Somente a partir de 2005, com a regulamentação do Conselho de Águas para a gestão dos recursos hídricos do Paraguai, iniciou-se o processo de formação de Conselhos de águas por bacias e sub-bacias hídricas, visando conciliar as ações dos grandes usuários, associações locais e setoriais e o poder público, sendo a água superficial e a água subterrânea consideradas de domínio público. Notícias de 2009, contudo, dão conta de novas discussões sobre a privatização do abastecimento.

**Na Argentina**, desde 1880 até 1980, a entidade Obras Sanitarias de la Nación (OSN) era responsável pelos serviços de água potável e esgotos nas principais cidades, enquanto nas cidades menores estes estavam a cargo dos estados provinciais, municipais ou de cooperativas locais.

Em 1980 começou um processo de descentralização, que culminou na década

de 1990 com a privatização ou concessão do serviço em muitos casos, de forma que não há uma unidade gestora nacional. Atualmente algumas concessões estão sendo renegociadas, como no caso da empresa Aguas de Argentina, que foi nacionalizada em maio de 2006 pelo presidente Néstor Kirchner, após vários anos de gestão por um consórcio liderado pela Suez (Suez - 39,93%; Aguas de Barcelona - 25,01%; PPP - 10%; Banco de Galicia y Buenos Aires - 8,26%; Vivendi - 7,55%; Corporación Financiera Internacional - 5%; Água Anglian - 4,25%).

No restante do país os processos de gestão são bastante diversificados, tendo em vista a relevância do sistema federativo, mas o Instituto Nacional Del Água (INA) coordena diversos centros de pesquisa, entre eles, o Centro Regional de Águas Subterrâneas (CRAS), com quadro técnico e infraestrutura especializados. É exemplar, por um lado, o sistema de gestão de águas do degelo para irrigação na Província de Mendoza, mas por outro, muitos problemas vêm sendo constatados pela utilização excessiva de água dos aquíferos, para a mesma irrigação, sem um controle rigoroso da mesma.

### **AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COMO RESERVA ESTRATÉGICA DE RECURSOS HÍDRICOS EM SITUAÇÕES DE CRISE AMBIENTAL.**

Silva (2008) apresenta as águas subterrâneas como reserva estratégica na gestão de recursos hídricos em situações de crise, ressaltando inicialmente que as águas subterrâneas representam, para muitos países, uma origem extremamente importante pela contribuição que têm para os diferentes usos. O peso relativo que têm depende fundamentalmente das características hidrogeológicas e do clima das diferentes regiões. No que se refere à qualidade também é aceito, no geral, que as águas subterrâneas apresentam vantagens, em relação às águas superficiais, devido à sua relativa estabilidade química e biológica.

Na diretiva europeia para as águas subterrâneas (2006/118), estas são apresentadas como “as massas de água doce mais sensíveis e importantes da União Europeia e, sobretudo, também uma fonte de abastecimento público de água potável em muitas regiões” o que revela a preocupação que o tema tem suscitado às autoridades competentes. (SILVA, 2008). Segundo o mesmo autor, para a porção continental de Portugal, essas águas representariam cerca de 60% do total consumido, contribuição que corresponderia à recarga média anual dos sistemas aquíferos, a qual constitui os recursos renováveis em cada ciclo hidrológico.

Por outro lado, chama a atenção para o fato de que muitas das reservas situadas a maiores profundidades não são mobilizadas nos modelos de exploração normais, constituindo águas subterrâneas infiltradas normalmente há bastante tempo, que mantêm grande estabilidade físico-química com características qualitativas que podem responder aos diferentes usos e que geralmente

( ... ) não são afetadas facilmente em situações de grande gravidade (calamidades) naturais ou antrópicas, que possam limitar significativamente a qualidade e/ou quantidade das águas superficiais e subterrâneas de pequena profundidade, colocando sérias dificuldades na existência de recursos hídricos para satisfazer os usos correntes. (SILVA, 2008, s/p)

O autor sugere o interesse em identificar, para algumas Unidades Hidrogeológicas, a existência potencial de reservas que deveriam ser objeto de um melhor conhecimento e avaliação, e que devidamente aproveitadas poderiam corresponder a “estruturas de emergência” a mobilizar em situações de crise grave.

Tendo em vista as perspectivas apontadas por muitas das projeções ligadas ao quadro de mudanças climáticas globais, pode-se considerar como alta a possibilidade de considerável aumento na frequência e na intensidade dessas situações de crise, mesmo que obtenham sucesso as iniciativas, atualmente ainda demasiado tímidas, no sentido de reverter os processos antrópicos que estariam contribuindo decisivamente para, por exemplo, a intensificação do efeito estufa.

Nesse contexto, em que as águas superficiais podem surpreender tanto pela violência das enxurradas e inundações como pela inclemência de grandes períodos de estiagem, numa sucessão de intensas e rápidas variações, é que o retardo dos efeitos dessas variações no comportamento dos aquíferos mais profundos, tendo em consideração a lentidão com que se processam os movimentos da água em seu interior, da ordem, como já vimos, de apenas alguns metros por ano, pode vir a constituir um elemento de estabilização das possibilidades de abastecimento da água, pelo menos para as atividades essenciais.

Esses aquíferos terão, portanto, que ser considerados não apenas como eventuais “estruturas de emergência”, conforme a proposta de Silva (2008), mas sim como “reservas estratégicas”, cujo correto aproveitamento poderá garantir a continuidade daquelas atividades, pelo tempo de algumas décadas ou até centenas de anos, período em que se acredita que “outras providências de adaptação e especialmente de mitigação das consequências da mudança climática global possam ser incorporadas nas políticas, nos planos de desenvolvimento e ações estratégicas pontuais de remediação, prevenção e planificação nos países da América Latina.” (ELIZALDE HEVIA, A.; GUZMÁN HENNESSEY, M., 2011).

Uma estratégia importante de prevenção e planejamento a ser imediatamente adotada seria, portanto, conforme a sugestão de Silva (2008), identificar, em cada um de nossos países, aqueles aquíferos, ou partes deles, com um potencial de reservas estáveis, para enquadramento nessa categoria de reservas estratégicas. No caso do SAG, as zonas classificadas por Foster *et al.* (2011a) como zona “*Confinada Intermediária (<400m) de Cobertura Basáltica*”, e especialmente a zona *Confinada Profunda (>400m) de Cobertura Basáltica*, com águas ainda mais antigas e com

exploração do tipo “mineração não renovável”, poderiam ser imediatamente classificadas nesta categoria, e passarem a ter imediatamente o seu aproveitamento, ou pelo menos partes significativas dele, controlado e planejado para poderem exercer esta função.

### **O GÁS DE XISTO (POR FRATURAMENTO) AMEAÇA A QUALIDADE E A QUANTIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA DO PARANÁ.**

A proposta atual de exploração de gás de xisto por fraturamento (*shale gas fracking*) na Bacia Geológica do Paraná, onde se situam não só os aquíferos do SAIG/SG, mas também os rios Uruguai, Paraguai e Paraná, representa uma ameaça concreta à integridade dessas águas subterrâneas e das próprias águas superficiais de toda a Bacia do Paraná, tanto pela superexploração como pela intensa poluição resultante do complexo processo de mineração e descarte de águas carregadas com outros hidrocarbonetos, substâncias químicas utilizadas nos explosivos e como fluidificantes e os próprios metais pesados e outros elementos presentes na rocha hospedeira do gás.

Com efeito, em notícia postada em 16/04/2013, o jornal O Estado de São Paulo anunciava que “Uma fonte de energia polêmica nos Estados Unidos e proibida em países como a França e a Bulgária está prestes a começar a ser explorada no Brasil: o gás de xisto, também chamado de *gás não convencional*”.

Noticiou ainda que a ANP (Agência Nacional do Petróleo) marcou para os dias 30 e 31 de outubro o primeiro leilão específico de blocos de gás, por fraturamento - normalmente, eles seriam incluídos nos leilões para exploração de petróleo. (cf. <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/04/1263225-polemico-gas-de-xisto-tera-leilao-no-brasil-em-outubro.shtml>).

A proibição em vários países e a forte discussão em todos os estados dos EUA está diretamente ligada com os problemas causados por esta técnica de exploração do gás. Isto, por que são reconhecidamente imensos os riscos operacionais - envolvendo explosões, incêndios, vazamento de fluidos e danos aos próprios empregados – e os riscos geológicos e ambientais, de vazamentos subterrâneos com consequente contaminações de aquíferos, danos nos reservatórios de água para operação do sistema – o estoque inicial seria de 15 milhões de litros, conforme a mesma reportagem do “Estadão”. Segundo a revista Waterworld, dirigida às empresas de tratamento de água,

Água e energia sempre tiveram uma relação muito estreita, mas o gás de xisto e a água são particularmente íntimos. A água é essencial para o gás do xisto e existe um mercado crescente, cujo valor estimado é de US\$ 100 bilhões, só nos Estados Unidos, para o tratamento das águas residuais. (Cf. <http://www.waterworld.com/>

[articles/wwi/print/volume-27/issue-2/regional-spotlight-europe/shale-gas-fracking.html](http://articles/wwi/print/volume-27/issue-2/regional-spotlight-europe/shale-gas-fracking.html)) (tradução dos autores)

No caso específico da Bacia do Paraná, a situação pode ser resumida na Figura 4 (abaixo), modificada a partir da mesma reportagem do “Estadão”, no âmbito do projeto Rede Guarani/Serra Geral:

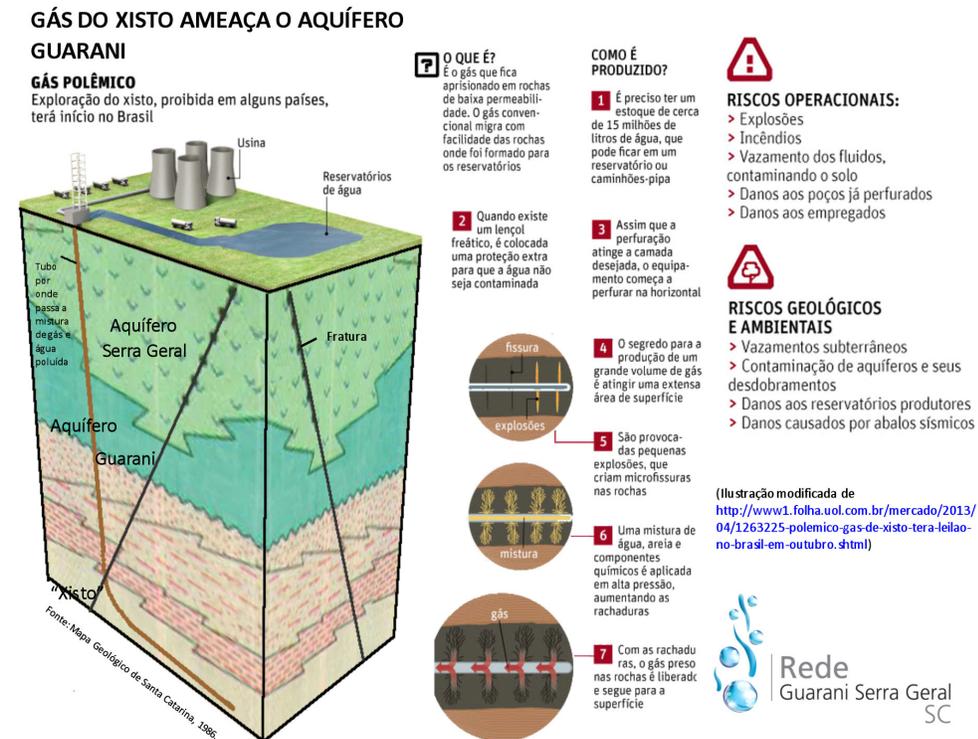


Figura 4 – Bloco diagrama mostrando a relação entre a camada de “xisto betuminoso” e os aquíferos constituintes do SAIG/SG, na Bacia do Paraná, bem como a situação dos tubos por onde passaria a mistura de gases e água poluída em seu caminho até a superfície, a passagem pela Usina de beneficiamento de gás e os reservatórios de água, imediatamente acima do Sistema Aquífero Serra Geral, que por sua vez se comunica, por fraturas naturais antigas, com o SAG e até com o próprio “xisto”.

## CONCLUSÕES:

Embora parte essencial do Ciclo Hidrológico, as águas subterrâneas se caracterizam por um grande tempo de permanência nesta condição, diferentemente das águas doces superficiais, e em especial dos rios, que por se deslocarem muito rapidamente refletem imediatamente quaisquer variações no ritmo e intensidade das precipitações atmosféricas.

Assim, num contexto de mudanças intensas, como as apontadas pelos modelos referentes ao conjunto de mudanças climáticas que têm sido divulgados, os aquíferos mais profundos, com tempo de recarga considerado incompatível com nosso processo “civilizatório” e por isso mesmo considerados como recursos não renováveis, e portanto sujeitos à mineração de água, adquirem importância com a perspectiva de virem a ser considerados como “reservas estratégicas”.

Além das ameaças pontuais representadas pelos dejetos urbanos e industriais, ou das criações concentradas de suínos e de gado de leite, e das ameaças difusas de contaminação pelos fertilizantes químicos e pelos venenos usados nas grandes monoculturas, o grande perigo de poluição das águas superficiais e das estratégicas reservas de águas subterrâneas vem, agora, literalmente, “de baixo”, impulsionado pela busca cada vez maior de formas de energia mais baratas para alimentar a escalada geométrica do consumismo globalizado e da concentração do capital, colocando, paradoxalmente, cada vez mais em risco a qualidade da vida das espécies que habitam a Terra. Há outras?

## REFERÊNCIAS

FOSTER, S.; HIRATA, R.; VIDAL, A.; SCHMIDT, G.; GARDUÑO, H. (2011a). Implicações hidrogeológicas na gestão do Sistema Aquífero Guarani. In: HIRATA, R.; ROCHA, G.; SINDICO, F. (orgs.) A gestão do Sistema Aquífero Guarani: um exemplo de cooperação. São Paulo, IGc/USP, 2011, p. 43.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; VIDAL, A.; SCHMIDT, G.; GARDUÑO, H. (2011b). O Sistema Aquífero Guarani: a necessidade de uma gestão realística da água subterrânea em um contexto transfronteiriço. In: HIRATA, R.; ROCHA, G.; SINDICO, F. (orgs.) A gestão do Sistema Aquífero Guarani: um exemplo de cooperação. São Paulo, IGc/USP, 2011, p. 62.

ELIZALDE HEVIA, A.; GUSZMÁN HENNESSEY, M. Edital de lançamento da C-4 - La Revista del Cambio Climático. Mensagem de e-mail.  
OEA (Organización de los Estados Americanos). Acuífero Guaraní: Programa

Estratégico de Acción. Edición bilingüe. Brasil; Argentina; Paraguay; Uruguay: Organización de los Estados Americanos (OEA), enero 2009 (424p, ISBN : 978-85-98276-07-6).

PORTO-GONÇALVES, C.W. (2006). A globalização da natureza e a natureza da globalização. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 461p.

SCHEIBE, L.F.; HIRATA, R.; WOLKMER, M.F.S.; NANNI, A.S.; PELLERIN, J.; PAULINO, L.A.; SOARES, C.H.L.; LOPES, A.R.B.; HENNING, L. O Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral como unidade de gestão. In: In: HIRATA, R.; ROCHA, G.; SINDICO, F. (orgs.) A gestão do Sistema Aquífero Guarani: um exemplo de cooperação. São Paulo, IGc/USP, 2011, p. 30.

SILVA, M.O. (2008). As águas subterrâneas como reserva estratégica na gestão de recursos hídricos em situações de crise. Disponível em <http://geologia.fc.ul.pt/documents/78.pdf>. (consulta em 22/10/2008)

<http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-27/issue-2/regional-spotlight-europe/shale-gas-fracking.html>)

<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/04/1263225-polemico-gas-de-xisto-tera-leilao-no-brasil-em-outubro.shtml>).

## **A TUTELA PENAL DO MEIO AMBIENTE E SUAS IMPLICAÇÕES NA EFETIVIDADE DO PODER DE POLÍCIA ADMINISTRATIVA: CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CRIMES DO ART. 69 E ART. 69-A DA LEI 9.605/98**

Nicolao Dino Neto.

Procurador Regional da República/1º Região; Professor de Direito Ambiental da Universidade de Brasília

### **CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Em que medida a efetividade da ação administrativa depende do funcionamento do direito penal? Reconhecer a existência de certa relação de dependência coloca o direito administrativo em posição de desprestígio em face do direito penal? Essas e outras questões têm ocupado estudiosos do direito penal e do direito administrativo, notadamente no momento em que se verificam, de um lado, o avanço teórico do direito administrativo sancionador e, de outro, uma tendência de recuo na proteção penal de bens jurídicos, numa perigosa curva minimalista.

Em se tratando da proteção jurídica do meio ambiente, não são poucos os precedentes judiciais em que se verifica essa tendência de se fazer escapar do raio de alcance do direito penal comportamentos comissivos ou omissivos, em nome da “insignificância” de seu reflexo sobre o objeto jurídico protegido, bem como da ideia de que bastaria a ação administrativa para a pretendida garantia de higidez do bem.

No epicentro desse debate, encontra-se o subsistema punitivo, alicerçado na Lei 9.605/98 e concebido a partir da premissa constitucional, segundo a qual a efetividade da tutela do meio ambiente impescinde do funcionamento consorciado de instrumentos do direito administrativo, do direito penal e de medidas destinadas à recomposição do dano e à promoção de responsabilidade civil.

Nessa perspectiva, a intervenção do direito penal legitimar-se-ia não apenas pela proteção direta de bens ambientais, mas, também por assegurar, indiretamente, a efetividade da ação administrativa, quando alvo de graves embaraços. Daí a formulação de tipos penais ambientais destinados à tutela imediata do regular funcionamento da Administração Ambiental.