

A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS TRANSFRONTEIRIÇAS: O CASO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

Bruno P CONICELLI ^[1]

RESUMO

O Sistema Aquífero Guarani está localizado no centro-leste da América do Sul (fig. 1), entre 12° e 35° de latitude Sul e 47° e 65° de longitude Oeste, subjacente a quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. A denominação Sistema Aquífero Guarani surge como uma proposta para unificar a terminologia das Formações Pirambóia e Rosário do Sul, no Brasil e Buena Vista, no Uruguai, ambas do Triássico, e as Formações Botucatu, no Brasil, Misiones, no Paraguai, e Tacuarembó no Uruguai e na Argentina, formações do Jurássico, dando unidade ao Sistema. O termo Guarani foi sugerido pelo geólogo uruguaio Danilo Antón em homenagem aos índios guaranis que habitavam esta área de ocorrência, na época do descobrimento. O aquífero já foi denominado de Aquífero Gigante do Mercosul, por ocorrer nos quatro países deste acordo comercial.

A área de abrangência do Sistema Aquífero Guarani é de aproximadamente de 1.195.000 Km², sendo que no Brasil ele ocupa uma área total de 839.800 Km², o que representa 9,9% do território brasileiro. No Paraguai o aquífero ocupa uma área de 71.700 km², na Argentina 225.500 km² e no Uruguai 58.500 km².

ABSTRACT

The Guarani Aquifer System is located in the center-east of South America (fig. 1), between 12° and 35° of latitude South and 47° and 65° of longitude West, underlying four countries: Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay. The denomination Guarani Aquifer System appears as a proposal to unify the terminology of the Formations Pirambóia and Rosário do Sul, in Brazil and Buena Vista, in Uruguay, both of the Triassic Periodic; and the Botucatu Formations, in Brazil, Misiones, in Paraguay, and Tacuarembó in Uruguay and Argentina, formations of the Jurassic Period, giving unit to the System. The Guarani term was suggested by the Uruguayan geologist Danilo Antón in homage to the guaranis indians who inhabited this area at the time of the discovery. The aquifer was already called the Giant Aquifer of the Mercosul for occurring in the four countries of this commercial agreement.

The range of the Guarani Aquifer System is of approximately 1.195.000 km², given that in Brazil it occupies a total area of 839.800 km², which represents 9.9% of the Brazilian territory. In Paraguay the aquifer occupies an area of 71.700 km², in Argentina 225.500 km² and in Uruguay 58.500 km².

Palavras-Chave – Aquíferos Transfronteiriços, Aquífero Guarani, Gestão Compartilhada.

^[1] Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo: Avenida Prof. Lineu Prestes, 338. Cidade Universitária. CEP 05508-000 São Paulo. Fone: (11) 8409-5063 E-mail: brunopirilo@usp.br

O aspecto primordial deste trabalho é analisar a gestão das águas subterrâneas transfronteiriças analisando o caso do Sistema Aquífero Guarani. Identificando as variáveis ligadas ao potencial conflitivo e cooperativo sobre as águas subterrâneas transfronteiriças nos Estados.

Sendo que o aparato legal é escasso e está sendo desenvolvido, é necessário entender como será possível compatibilizar os diversos interesses dos países envolvidos, como a busca de um uso compartilhado que evite os conflitos históricos acontecidos na região. Outro aspecto deste estudo será o entendimento do potencial de ameaças relacionadas, conhecer as instituições e as atividades que influenciam diretamente a gestão dos aquíferos transfronteiriços serão passos fundamentais para a formulação de políticas Estatais, projetos de prevenção, conscientização e para o estabelecimento de limites para seu uso.

A metodologia foi estruturada para obter informações organizadas e confiáveis no suporte à pesquisa visando à caracterização das políticas para o gerenciamento das águas subterrâneas transfronteiriças dos países.

O geógrafo Wagner Ribeiro (2004) entende que o controle e a posse da água são, sobretudo, de natureza política. Em “Geografia Política da Água”, Ribeiro (2004) analisa a disponibilidade natural da água no mundo, relacionando-a com a divisão política e o consumo *per capita* dos países. Ribeiro (2004) defende ser necessária uma releitura das categorias de território e soberania frente a grande disparidade entre os estoques hídricos e o consumo. Considera nesse trabalho (RIBEIRO, 2004) as demandas que passam a existir no século XX com a construção de uma ordem ambiental internacional (RIBEIRO, 2001).

Segundo Ribeiro (2004) diferentemente das outras questões ambientais, a água não mobilizou os dirigentes dos países para a criação de uma convenção internacional específica. Ribeiro (2004) afirma que existem muitos acordos internacionais envolvendo a gestão dos recursos hídricos, porém, poucos documentos foram ratificados, para Ribeiro (2004) ‘esse cenário possibilita uma série de conseqüências, algumas inquietantes, como o comércio internacional de águas e o conflito que se gera por ela’ (RIBEIRO, 2004).

A anarquia do sistema internacional representa a falta de um poder superior que seja reconhecido por todos, porém, isso não significa a inexistência de uma interação entre os Estados, pois essas relações são reguladas pelo *equilíbrio de poder*. O equilíbrio de poder é uma forma de interação entre os Estados que garante a sobrevivência dos atores do sistema internacional impedindo que um único Estado ou uma coalizão de Estados tenha uma disposição hegemônica ou imperialista.

Portanto o principal argumento da diferença entre a ordem no interior dos Estados com a anarquia do sistema internacional, sem um poder hegemônico, foi herdado de Maquiavel e Hobbes com a sua tradição realista. Eles acentuam o papel dos Estados, de poder, de equilíbrio de poder, de conflito, de interesse nacional, deixando assim, como conjectura as motivações primordiais nos assuntos internacionais: O conflito entre as unidades e garantir a própria segurança.

A competição inerente ao sistema internacional traz para os Estados o risco constante de guerras. Essa rivalidade faz com que os Estados invoquem o direito de recorrer à violência para garantir a sua sobrevivência e os seus interesses. Portanto, os Estados em situações específicas devem confiar somente nos seus próprios recursos, evitando assim, a sua vulnerabilidade relativa em um sistema internacional altamente instável.

A falta de uma regulamentação internacional específica para as águas subterrâneas transfronteiriças coloca uma questão, como o Brasil está preparado? A legislação e os instrumentos de gestão nacionais são fundamentais para o país exercer a sua soberania e não ficar vulnerável a ação de outros Estados, sobre isso Ribeiro (2004) afirma que ‘no caso da água, a ausência de regulamentação deve despertar a atenção para países que detêm grande estoque hídrico. Eles podem vir a ser alvo de cobiça internacional e precisam preparar-se para enfrentar novos desafios’(RIBEIRO, 2004).

Segundo Moraes (2005) cabe a União a elaboração de diretrizes gerais dos diferentes assuntos no texto constitucional, pois a Constituição brasileira adota o princípio da ação cooperada entre os níveis de governo. No que toca o ordenamento territorial é atribuição do governo federal o estabelecimento de macro estratégias de ocupação do espaço, instalação de equipamentos e infra-estruturas, gestão dos fundos territoriais e utilização de recursos naturais, medidas de defesa da soberania e das fronteiras, além de ações especiais em áreas críticas ou prioritárias (MORAES, 2005). Sendo assim, tais diretrizes deverão ser operacionalizadas com a implementação das políticas federais, pelo estímulo e indução das políticas estaduais e municipais, e pelo convencimento e legitimação da sociedade (MORAES, 2005).

É nesse sentido que, os esforços cooperativos na busca da sustentabilidade e da segurança ambiental internacional concorrem com a concepção clássica de soberania.

As políticas para os Aquíferos Transfronteiriços na América do Sul terão que apontar soluções e alternativas para esses problemas pontuais, a realidade vivida em todos os países com os profundos desequilíbrios sociais, econômicos e ecológicos será posta em questão. Se a Gestão integrada não tiver como objetivo fundamental a superação desses desequilíbrios, seguramente teremos ações políticas meramente ilustrativas. Essa idéia leva a um questionamento fundamental: Os Países estão dispostos a ceder parte de seus possíveis benefícios na procura de um bem comum?

O Brasil possui 12% das reservas mundiais de água doce com uma disponibilidade hídrica de 40.732 m³/hab/ano (ANA,2004) podendo ser considerado um país privilegiado com uma grande abundância de água, porém, a sua distribuição não coincide com as áreas onde existe maior demanda pelo recurso hídrico. A maior parte deste recurso se encontra na Bacia Amazônica, cerca de 80%, mas segundo Rebouças (2003), mesmo as cidades localizadas na Região Norte do país enfrentam crises de abastecimento.

É esse cenário cada vez mais freqüente o que torna a água subterrânea cada vez mais importante, sendo fonte de abastecimento doméstico, industrial e agrícola. Segundo a ANA (2004) mais da metade da água de abastecimento público no Brasil provém das reservas subterrâneas.

O SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI

O Sistema Aqüífero Guarani está localizado no centro-leste da América do Sul, como podemos observar na figura 1, subjacente a quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. A denominação Sistema Aqüífero Guarani surge como uma proposta para unificar a terminologia das Formações Pirambóia e Rosário do Sul, no Brasil e Buena Vista, no Uruguai, ambas do Triássico, e as Formações Botucatu, no Brasil, Misiones, no Paraguai, e Tacuarembó no Uruguai e na Argentina, formações do Jurássico (ROCHA, 1997), dando unidade ao Sistema. O termo Guarani foi sugerido pelo geólogo uruguaio Danilo Antón em homenagem aos índios guaranis que habitavam esta área de ocorrência, na época do descobrimento. O aqüífero já foi denominado de Aqüífero Gigante do Mercosul, por ocorrer nos quatro países deste acordo comercial.

REPRESENTAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NA AMÉRICA DO SUL

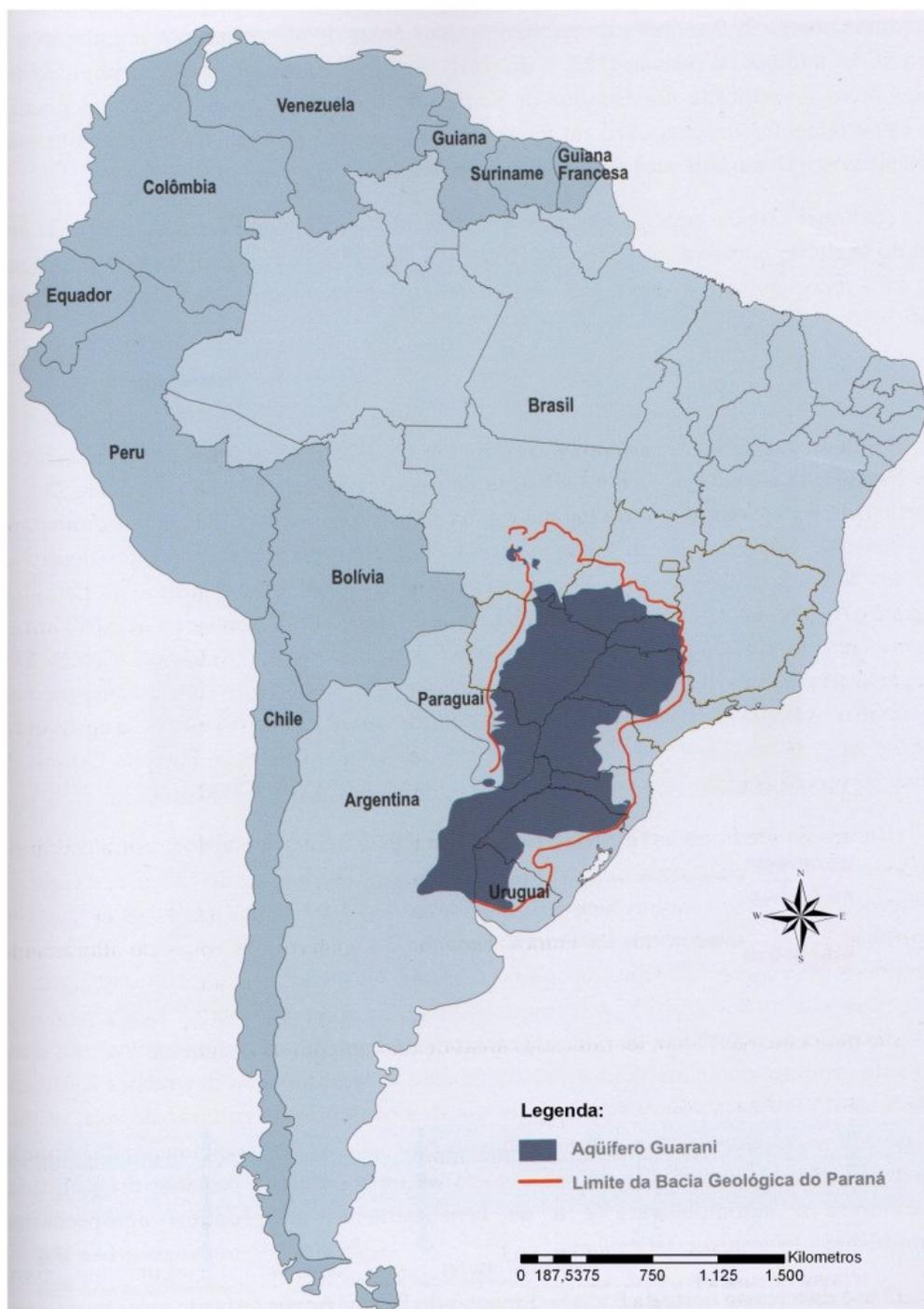


Figura 1 – Localização do Sistema Aqüífero Guarani na América do Sul

Fonte: Boscardin Borghetti et al. (2004)

A área de abrangência do Sistema Aqüífero Guarani, como observado em detalhe na figura 2, é de aproximadamente de 1.195.000 Km², sendo que no Brasil ele ocupa uma área total de

839.800 Km², o que representa 9,9% do território nacional. O país contém cerca de 70% da área total do aquífero, que se distribui por oito estados, sendo 213.200 km² no Estado do Mato Grosso do Sul, 157.600 km² no Estado do Rio Grande do Sul, 155.800 km² no Estado de São Paulo, 131.300 km² no Estado do Paraná, 55.000 km² no Estado de Goiás, 52.300 km² no Estado de Minas Gerais, 49.200 km² no Estado de Santa Catarina e 26.400 km² no Estado do Mato Grosso. No Paraguai o aquífero ocupa uma área de 71.700 km², na Argentina 225.500 km² e no Uruguai 58.500 km² (ARAÚJO et al. 1995).

ÁREA DE OCORRÊNCIA DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

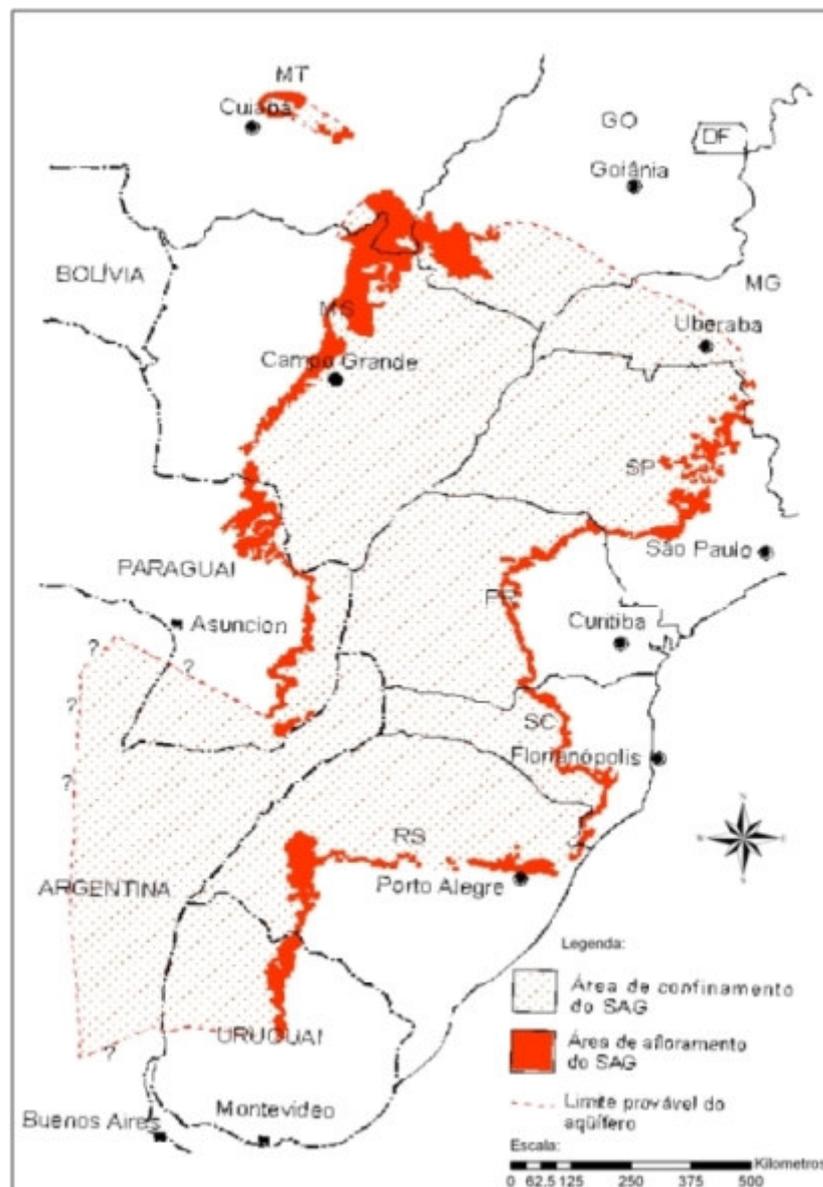


Figura 2 - Mapa Esquemático do Sistema Aquífero Guarani

Fonte: Modificado de OEA,2001

O Sistema Aquífero Guarani refere-se a um pacote de rochas arenosas sotopostas (depositadas na bacia geológica do Paraná entre 245 e 144 milhões de atrás) quase que em toda a sua extensão por rochas basálticas da Formação Serra Geral, esse pacote de rochas arenosas se encontra saturado com água, e tem uma espessura que varia entre 200 a 800 m, estando situadas em profundidades que podem atingir até 1800 metros. Em decorrência do gradiente geotérmico, as águas do aquífero podem atingir temperaturas relativamente elevadas, em geral entre 50 e 65°C.

A qualidade das águas do Sistema Aquífero Guarani, segundo NETO et al (2004), apresenta potabilidade bastante adequada, possuindo em sua extensão valores variáveis de salinidade. Sendo classificadas como bicarbonatadas sódicas e cálcio-magnesianas na área de influência da recarga direta do aquífero e bicarbonatadas sódicas a cloro-sulfatadas sódicas nas áreas confinadas, essa diferença se dá pela diferença de idade entre as águas. Existem anomalias quanto à qualidade das águas do Sistema Aquífero Guarani nos estados do Paraná e São Paulo onde a água apresenta valores anômalos de fluoreto.

As rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e as rochas sedimentares triássicas e jurássicas de baixa permeabilidade confinam os arenitos saturados de água do Sistema Aquífero Guarani. Esse confinamento determina a condição de artesianismo a aproximadamente 70% da área de ocorrência, delimitada pela superfície piezométrica virtual, que corresponde à altitude média entre 450 e 500m (NETO et al, 2004). Esses arenitos são do Jurássico, e de origem eólica, com uma porosidade média de 17% e uma condutividade hidráulica de cerca de 0,2 a 4,6 m/dia. Constituem os melhores reservatórios da bacia. Já os reservatórios do Triássico têm uma porosidade média de 16% e condutividade hidráulica que varia a 0,01 até 4,6 m/dia, isso se dá pelos altos níveis de argilosidade que comprometem a sua eficiência. (ARAÚJO et al., 1995).

Para se calcular o volume total de água no Sistema Aquífero Guarani, usa-se a seguinte expressão:

Espessura média x Área total do aquífero x Porosidade média

Segundo os dados da OEA (2001), a espessura média é de 228m, distribuídos em uma área de 1.194 milhões Km², e uma porosidade média de 17%, darão o seguinte volume:

$$228 \times 1.194 \times 10^6 \times 0,17 = 46.279,44 \text{ Km}^3.$$

Esses valores podem variar dependendo da área estudada por cada autor, pois os valores estão relacionados com os parâmetros de espessura média, área e porosidade, fazendo com que haja distintos resultados. Segundo CHANG (2001), a primeira avaliação foi feita pelo geólogo Aldo Rebouças em 1976, onde foi estimada uma reserva de 48.000 Km³ de água.

As áreas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani, no estado de São Paulo, apresentam taxas de recarga direta de 26 Km³/ano e de recarga indireta de aproximadamente 140 Km³/ano (REBOUÇAS 1976). Já as zonas de descarga do sistema, pela distribuição das cotas piezométricas, estão localizadas nas regiões próximas ao nível de base do Rio Paraná ou em sua área de influência à jusante da sua bacia hidrográfica, e também no Chaco Argentino. A taxa média de renovação anual é de $3,4 \times 10^{-3}$ e com tempo de renovação de 300 anos (REBOUÇAS 1994). De acordo com dados hidroquímicos, há uma indicação da ocorrência de uma interconexão dos aquíferos arenosos das formações Pirambóia e Botucatu com os aquíferos sobrepostos, em especial os aquíferos fraturados da Formação Serra Geral (OEA 2001). Esses dados indicam que o Sistema Aquífero Guarani tem uma capacidade volumétrica expressiva, com taxas de recarga e tempo de renovação que possibilitam poços com vazões máximas de 1.000 a 2.000 m³/h e, segundo a OEA (2001) o gerenciamento desses recursos deve considerar sistemas de fluxo em diversas ordens hierárquicas, considerando a movimentação de água na escala do próprio sistema aquífero, como também em escalas intermediárias ou locais.

O Sistema Aquífero Guarani está relativamente mais protegido contra os agentes de poluição que comumente afetam os mananciais de água na superfície. Isso ocorre porque existem processos como os mecanismos naturais de filtração e autodepuração bio-geoquímica que ocorrem no subsolo, que fazem a água ter excelente qualidade. A qualidade da água e a possibilidade de captação nos próprios locais onde ocorrem as demandas fazem com que o aproveitamento das águas do aquífero Guarani assumam características econômicas, sociais e políticas destacadas para abastecimento da população, porém ele não é o único aquífero transfronteiriço brasileiro como podemos observar na figura 3.

PRINCIPAIS AQÜÍFEROS TRANSFRONTEIRIÇOS NO BRASIL

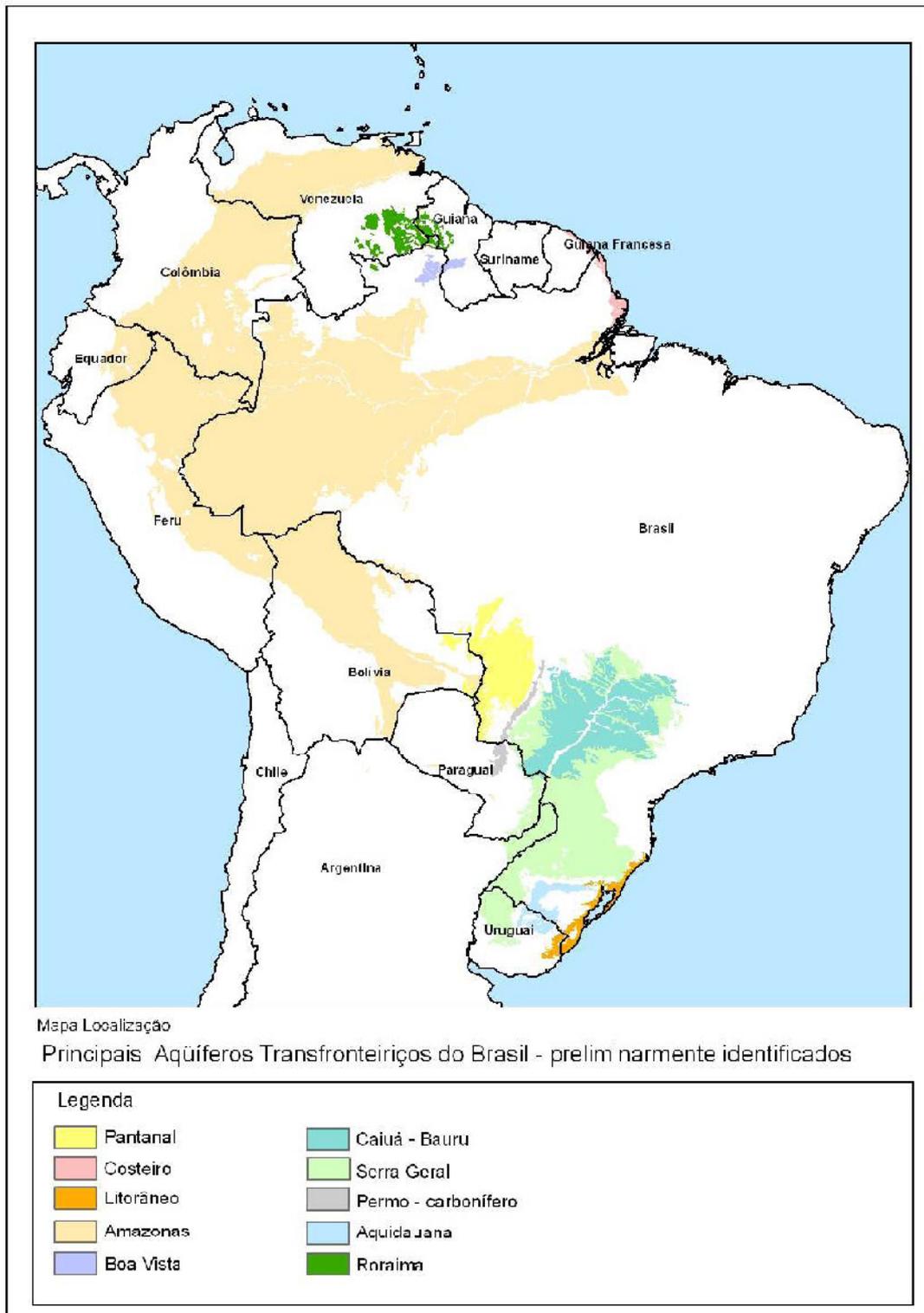


Figura 3 - Mapa Esquemático sem escala dos principais aquíferos transfronteiriços do Brasil.

Fonte: SRH/MMA, 2007.

Formação Pirambóia

A Formação Pirambóia tem uma grande área de ocorrência, sendo reconhecida em grande parte da Bacia do Paraná. Aflora na porção nordeste da bacia, nos estados do Paraná e São Paulo. Sua espessura é muito variável, e o seu limite com a formação Botucatu nem sempre é preciso, sendo que a distinção se faz pela diversidade litológica e faciológica entre elas.

Segundo NETO et al (2004) a Formação Pirambóia é constituída por arenitos com estratificação cruzada de médio porte. Litologicamente (OEA, 2001) essa Formação é constituída por arenitos esbranquiçados, amarelados ou avermelhados, de granulometria média a muito fina, silto-argilosos, com grãos sub-angulosos e sub-arredondados.

Existe uma sessão de sub-ambientes para a Formação Pirambóia, geralmente de origem eólica. Essa Formação teve origem em um paleoambiente desértico, existindo a presença de depósitos de interduna (NETO et al, 2004) sendo um ambiente eólico úmido, com níveis freáticos constantemente altos, não sendo limitados às áreas desérticas.

Formação Botucatu

A Formação Botucatu surge no Jurássico representando um enorme campo de dunas sobre o Gondwana. Posteriormente no Eocretáceo (OEA, 2001) foi recoberto por enormes derramamentos de rochas ígneas que hoje constitui a Formação Serra Geral.

Sendo constituída essencialmente por arenitos com estratificação cruzada, quartzosos avermelhados, finos a médios, friáveis, com seleção boa a regular e pouca matriz.

Ao contrário da Formação Pirambóia, os depósitos da Formação Botucatu constituem o registro de deposição eólica em condições secas, apresentando um nível freático constantemente baixo (NETO et al, 2004) com alguns depósitos de interduna. O paleodeserto Botucatu teria a sua paisagem semelhante com a do deserto do Saara, onde existem extensos campos de dunas.

Os desertos Pirambóia e Botucatu tiveram origem no final do Permiano com a formação da Pangea. A disposição dos continentes e o baixo nível do mar até o início do Cretáceo, as correntes marinhas e atmosféricas foram fatores que alteraram o clima de forma importante durante o Mesozóico.

A SEGURANÇA AMBIENTAL

Lorraine Elliott (1998) identifica duas abordagens para o termo segurança ambiental, uma abordagem é definida como *ambiente para segurança*, e é tratada como uma abordagem tradicional, tendo um entendimento de que a crise ambiental é uma ameaça a segurança nacional levando conseqüentemente a uma militarização das políticas ambientais. A segunda abordagem é definida como *segurança para o meio ambiente*, esta por sua vez leva a uma desmilitarização do pensamento de segurança, defendendo o aumento da segurança do meio ambiente (ELLIOTT, 1998). Sobre a segurança ambiental Le Prestre (2000) afirma que:

É, por conseguinte, importante aprofundar esta noção de segurança ambiental, porque ela pode conter os germes de uma nova dimensão importante das relações internacionais, definir as opções dos governos, influenciar as relações de conflito e cooperação entre Estados e servir para mobilizar as populações em torno dos objetivos de proteção (LE PRESTRE 2000:411).

Le Prestre (2000) define quatro acepções para definir o conceito de segurança ambiental: *A segurança do meio ambiente, a segurança dos indivíduos, a segurança dos Estados e a segurança do sistema internacional*. Sendo que para ele houve uma nítida evolução de conceito de segurança ambiental, deixando de ser uma visão tradicional para o acesso a recursos militares, partindo para a preocupação com o 'impacto das mudanças ambientais no tecido nacional dos países e sobre a estabilidade nacional'. (LE PRESTRE, 2000:411).

Aqui são apresentados alguns conceitos para que o termo segurança ambiental seja compreendido dentro do contexto das águas subterrâneas transfronteiriças. Milton Santos (1990) afirma que um Estado-Nação é essencialmente formado por três elementos: 1, o território; 2, o povo; 3, a soberania. O uso do território pelo seu povo cria o espaço. A relação entre o povo e o espaço entre os diversos territórios são regulados pela soberania (SANTOS 1990).

Segundo Font & Rufí (2006) qualquer território, nesse caso usa-se território na condição de suporte a nação, possui uma delimitação e ocupa uma porção concreta da superfície terrestre. Font & Rufí (2006) afirmam ainda que a delimitação do território nos Estados-Nação é dada pela fronteira, no seu sentido geopolítico, as fronteiras estão intimamente ligadas ao poder e a razão de ser do Estado, e se materializam fisicamente sobre o terreno, sendo uma separação e uma barreira que se pode cartografar.

É nesse sentido que o termo Transfronteiriço se insere, o prefixo “trans” significando “para além de” e o termo fronteiriço tendo o mesmo conceito de fronteira abordado por Font & Rufí (2006). Os Aquíferos Transfronteiriços, assim sendo, são aquíferos que extrapolam as fronteiras territoriais podendo ser compartilhados por um ou mais Estados como o Sistema Aquífero Guarani.

A linha fronteiriça delimita o espaço sobre o qual o País pode exercer seu domínio com irrestrita soberania. O território do Estado atual é um território cercado e delimitado, com fronteiras definidas e reconhecidas pelos órgãos internacionais (FONT & RUFÍ 2006).

Moraes (2005) define o território “como espaço de exercício de um poder” ou seja, para Moraes (2005).

[...] trata-se, portanto, da área de uma soberania estatal, delimitada pela jurisdição de uma dada legislação e de uma autoridade. O território é assim, qualificado pelo domínio político de uma porção da superfície terrestre (MORAES 2005:139).

É nesse território que segundo Moraes (2005) está contido o patrimônio natural de um país, com suas estruturas de produção e os seus espaços de reprodução da sociedade. Dessa forma os recursos ambientais existentes e os estoques de recursos naturais estão contidos nesse território, os padrões de ocupação e de uso dos recursos modelam o território que a sociedade dispõe na atualidade, sendo o Estado o maior agente na produção do espaço (MORAES 2005). Sendo que para Le Prestre (2000:423) a segurança nacional é entendida como ‘a capacidade de defender os valores e instituições fundamentais diante de toda a ameaça externa e de evitar todo o resultado indesejável imposto do exterior’ (LE PRESTRE, 2000:423).

Os fatores territoriais como os de ordem física, política, econômica e social, tornam o gerenciamento dos aquíferos transfronteiriços uma tarefa extremamente desafiadora. Santos (2005) afirma que problemas relacionados à crescente escassez, à degradação da qualidade dos recursos, ao rápido crescimento populacional, às ações estatais unilaterais e os diferentes níveis de desenvolvimento socioeconômico dos países envolvidos são potenciais motivos de preocupação. Le Prestre (2000) afirma ainda que:

A importância do fenômeno não está no que causa diretamente conflitos violentos, mas no envenenamento das relações políticas, na possibilidade de reforçar uma imagem negativa do outro e das suas intenções e, portanto, de facilitar uma dinâmica de falsas percepções por ocasião de tensões, que

possuem outra origem. Se exemplos e uma experiência de cooperação podem contribuir para instaurar um clima de confiança, poluições transfronteiriças podem contribuir para avivar tensões. Inversamente, quando as relações políticas são boas, as controvérsias locais serão facilmente controladas. A fora o efeito indireto, a ligação entre poluição transfronteiriça e conflito permanece tênue, porque as poluições muito assimétricas são raras. Além disso, as poluições não têm comumente senão efeitos locais, que não questionam os valores ou interesses fundamentais do Estado (LE PRESTRE 2000:421).

As águas transfronteiriças podem adquirir diferentes usos como: abastecimento público, irrigação e outros. As dificuldades em compatibilizar esses usos iniciam-se na medida em que as distintas funções competem entre si. É evidente que a maioria dos impactos ambientais vem acompanhados de impactos sociais, ou sócio-ambientais que podem ser equalizados com políticas eficientes.

AÇÕES PARA PROTEÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A gestão das águas subterrâneas tem que ser focada no sentido de preservar as águas em quantidade e qualidade dos aquíferos livres, esses aquíferos possuem uma recarga relativamente mais rápida. Fazer uma gestão eficiente desse recurso renovável garantirá vida longa ao Sistema Aquífero Guarani que contém uma taxa de recarga muito lenta, podendo tornar-se um recurso finito.

Essas ações foram apontadas pela CETESB (2004) e destacam uma série de ações e procedimentos para proteger as águas subterrâneas. Para fazer a perfuração de poços tubulares é preciso obtenção, pelos proprietários do poço, da outorga concedida pelo órgão gestor, para assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água atendendo às normas de construção de poços (laje de proteção, tubo de boca, etc). Observância do perímetro imediato de proteção. Não perfurar próximo de rios poluídos ou fontes potenciais de poluição. Estabelecer e informar ao Órgão Ambiental as áreas de proteção de poços de abastecimento público e de extração de águas minerais e de mesa, para controle do uso e ocupação do solo nessas áreas. Realizar o monitoramento da qualidade das águas de acordo com estabelecido pela Portaria 1469/00 do Ministério da Saúde. Tamponar poços desativados evitando que se tornem caminhos preferenciais de contaminação.

Empreendimentos que tem um elevado potencial de poluição devem fazer a substituição de tanques de matérias-primas enterrados por tanques aéreos quando possível. Manutenção da estanqueidade de redes coletoras de esgoto. Impermeabilização de lagoas de armazenamento ou tratamento de efluentes. Impermeabilização de locais mais sujeitos a acidentes com cargas tóxicas, inclusive acostamentos de rodovias. Impermeabilização de aterros conforme as normas técnicas. Em cemitérios, respeitar a distância mínima entre o fundo dos jazigos e o nível mais alto do aquífero livre.

Manejo adequado do tratamento de resíduos no solo e fertirrigação, que necessitam de projetos que considerem minimamente: características da área, características do resíduo/efluente, profundidade do aquífero livre, proximidade de rios e matas, taxa de aplicação, monitoramento. Uso racional de insumos agrícolas (pesticidas e fertilizantes). Consulta aos mapas de vulnerabilidade dos aquíferos e estudos específicos de geologia na escolha de locais para instalação de fontes potenciais de poluição.

Um cadastro e classificação das fontes de contaminação específicas são passos fundamentais para um programa de proteção das águas subterrâneas. Estabelecer uma metodologia que permita identificar essas fontes e possíveis áreas de atividades que requeira maior atenção ambiental para que se proceda com estudos e detalhes, ou mesmo estabelecer um plano de uso restrito da terra, são fundamentais para a proteção das áreas vulneráveis do aquífero.

Podendo ser estabelecidos com base na metodologia do Foster & Hirata (1988) três grandes zonas, onde suas características podem condicionar as estratégias de gestão, sendo que para cada uma seriam estabelecidos diferentes parâmetros e medidas protetoras para o seu uso e exploração. As áreas de recarga, onde o Aquífero Guarani é livre, merecem a maior atenção, pois os níveis de riscos à contaminação são relativamente grandes, além de ser uma área onde a exploração é mais barata em se comparando com outros pontos do sistema, sua proteção deve ser maior e com efetiva fiscalização evitando o comprometimento da qualidade de água do sistema. As áreas confinadas devem ter sua atenção voltada para a construção de poços com qualidade, essas áreas são naturalmente melhor protegidas contra a contaminação por se encontrarem confinadas (existem os Aquíferos Serra Geral e Bauru que estão acima do Guarani), poços mal construídos permitem que as águas desses aquíferos entrem em contato o que poderá comprometer a qualidade das águas tanto do Guarani quanto dos outros aquíferos superiores, isso depende da qualidade das águas de cada sistema. Poços mal construídos também podem trazer a contaminação vinda da superfície comprometendo a qualidade da água; que devido a sua profundidade dificultaria uma possível descontaminação. A última zona seria a zona de descarga, o importante é notar que em todo o Aquífero é essencial estabelecer critérios de exploração como o limite de metros cúbicos por poço,

a super-exploração pode comprometer o sistema e diminuir a vida útil na exploração dos recursos, o uso sustentável das águas subterrâneas é fundamental para que as mesmas se tornem uma fonte estratégica no abastecimento público.

A maioria dos poços tubulares das cidades está localizada nos bairros a serem abastecidos, isso se deve ao menor custo de adução. Porém não existe um perímetro de proteção desses poços, o que aumenta o risco de contaminação e vandalismo.

Uma das maiores dificuldades para se estabelecer um programa de proteção das águas subterrâneas é determinar quais são as atividades antrópicas que requerem maior atenção ambiental, essas atividades em determinados locais são extremamente complexas e podem ser apresentadas em grande quantidade, dificultando uma investigação detalhada tornando-a onerosa demais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma Política Nacional deve tratar da questão ambiental com detalhe, seja através dos passivos territoriais existentes, seja ao uso futuro do patrimônio natural. Sendo que as diretrizes do planejamento estratégico ambiental deveriam constar nessa discussão (MORAES, 2005).

Os temas transfronteiriços também fazem parte de uma política de ordenamento territorial, possuindo importante repercussão nos fluxos. Portanto, uma macro-visão do território brasileiro pode contemplar o continente sul-americano, possibilitando assim um diálogo nas questões e conflitos transfronteiriços pelo uso da água (MORAES, 2005).

Para Le Prestre (2000) mesmo que o Estado não esteja momentaneamente se sentindo ameaçado, podem ocorrer modificações ambientais repentinas, ou que a própria escassez dos recursos naturais crie novas fontes de conflitos internacionais. Sendo assim, o maior problema está em manter a ordem internacional (LE PRESTRE, 2000:440).

E como qualquer recurso, a água pode se tornar objeto de conflito, Le Prestre (2000) afirma que conforme o grau de dependência dos países com relação a água, sua escassez, o número de reivindicações por parte dos atores envolvidos, o potencial militar, a existência de um produto que substitua a água (não existente no momento) e o caráter simbólico do recurso no que diz respeito a identidade e termos políticos e culturais dos Estados envolvidos podem agravar as tensões na disputa pelo recurso. (LE PRESTRE, 2000:442).

Uma das fontes de tensões internacionais são as poluições transfronteiriças, Le Prestre (2000:420) afirma que estas tensões estão relacionadas com diversos fatores como: 1 – A gravidade da poluição; 2 – o grau segundo o qual a fonte e o alvo são afetados; 3 – a diferença de normas

existentes entre os países (LE PRESTRE, 2000:420). Sendo que a gestão dos aquíferos transfronteiriços deve apontar as causas e soluções para os pontos de tensões entre os Estados.

Quando um aquífero é contaminado ele apresenta um custo e um tempo de descontaminação muito superior ao das águas superficiais, o que pode inviabilizar a sua despoluição e em muitos casos o seu uso. Quando é identificada uma pluma de contaminação, é necessário um trabalho investigativo para determinar o tempo e o tamanho da pluma de contaminação, esse é um dos principais fatores para que se tenha uma legislação federal específica para as águas subterrâneas, a contaminação em áreas transfronteiriças pode gerar conflitos pelo uso da água.

As principais fontes de contaminação identificadas segundo CETESB (2004) estão relacionadas com o uso do solo para a disposição de resíduos como os lixões, infiltração de efluentes das atividades químicas, mecânicas e metalúrgicas, e as contaminações difusas como a agricultura com uso de adubos pesados e pesticidas, sendo necessário um ordenamento territorial que contemple as águas subterrâneas.

A possibilidade de ocorrer contaminação nas águas subterrâneas, traz a necessidade de estudos sobre a escolha adequada para a instalação e perfuração de poços para o abastecimento humano, tendo que ter um controle sobre as atividades potencialmente contaminantes estabelecendo um perímetro de proteção.

Para que a exploração deste recurso seja eficiente e em longo prazo, é necessário estabelecer a conservação da água subterrânea em termos de qualidade e quantidade. O desenvolvimento sem o devido planejamento ocasiona posteriormente restrições na tentativa de aperfeiçoar a exploração dos recursos hídricos subterrâneos.

A exploração excessiva leva à redução na disponibilidade do recurso a longo prazo, à intrusão de água de má qualidade com efeitos colaterais para o meio ambiente, esses resultados são gerados com a interferência da ação antrópica. Nos prováveis usos das águas subterrâneas, deve ser privilegiado o abastecimento público, a gestão do sistema deve ser pensada de modo a suprir as necessidades da população que vive em áreas com problemas na captação das águas superficiais, ou em áreas onde os aquíferos superiores estão com a sua qualidade comprometida.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L.M., FRANÇA, A. B., POTTER, P. E. “*Arcabouço hidrogeológico do aquífero gigante do MERCOSUL (Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai): Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Taquarembó*” in: 1º MERCOSUL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Anais... Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Biblioteca de Ciência e Tecnologia e Petrobras, 1995.
- BORGHETTI, N. R. *Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do MERCOSUL*. Curitiba – PR, 2004.
- CETESB. *Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2001 - 2003 - São Paulo-SP: CETESB, 2004.*
- CHANG, H. K. *Uso atual e potencial do Sistema Aquífero Guarani: atividade três do Projeto Aquífero Guarani*. Brasil: Agencia Nacional de Águas, 2001.
- CMMAD – *Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: FGV, 1988.
- COSTA, W. M. *Geografia política e geopolítica: discursos sobre território e poder*. São Paulo-SP: Edusp/Hucitec, 1992.
- ELLIOTT, L. *The Global politics os the enviroment*. Londres: Macmillan, 1998.
- FONT, J. N; RUFÍ, J. V. *Geografia, identidade e globalização*. São Paulo: Annablume, 2006.
- FOSTER, S. *Contaminacion de las águas subterrâneas : Un enfoque ejecutivo de la situacion en América Latina y el Caribe en relación con el suministro de água potable*, Lima : CEPIS, 1988.
- HIRATA, R. *Protección de la calidad del agua subterránea : guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. Washington, D.C: Banco Mundial, 2003.
- HOBBS, T. *Leviatã*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- IHP (International Hydrological Programe – UNESCO). *Approches to integrad water resources management in humid tropical and arid and semiarid zones in developing countries*. Paris, 1991.
- LE PRESTRE, P. *Ecopolítica Internacional*. São Paulo: Senac, 2000.
- MAQUIAVEL, N. *O Príncipe*. São Paulo: Centauro, 2005.
- MORAES, A. C. R. *Meio ambiente e ciências humanas*. São Paulo: Annablume, 2005.

- NETO, V. M. (org.) et alii. *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, São Paulo: Beca, 2004.
- OEA (Organização dos Estados Americanos). *Termo de referencia: Projeto Proteção Ambiental e Gerenciamento Sustentável Integrado do Sistema Aquífero Guarani*. Elaborado por André Virmond BITTENCOURT, L.; LOUREIRO, C.; HINDI, E.C.; FERREIRA, F.J.F.; XAVIER, J.M.; I AUGÉ, M. & ROSTIROLLA, S.P. sob a coordenação de Ernani Francisco de ROSA FILHO. *Fundação da Universidade Federal do Paraná para o Desenvolvimento da Ciência, da Tecnologia e da Cultura (FUNPAR)*. Curitiba: Global Environmental Facilitu, Banco Mundial, fev. 2001. 208p.
- REBOUÇAS, A. C. (org.) et alii. *Águas doces no Brasil*. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.
- RIBEIRO, W. C. *A ordem ambiental internacional*. São Paulo: ed Contexto, 2001.
- RIBEIRO, W. C. *Geografia política da água*. Tese de Livre Docência. Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.
- ROCHA, G.A. *O Grande Manancial do Cone Sul*. USP, Estudos Avançados. pág. 191-212, 1997.
- SANTOS, M. *Por uma geografia nova*, São Paulo: Hucitec, 1990.
- SANTOS, S. N. *Águas transfronteiriças superficiais: o caso da bacia do rio Danúbio*. Tese de Mestrado. Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- SRH/MMA (Secretaria de Recursos Hídricos / Ministério do Meio Ambiente). *Plano Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília: Fundação Getúlio Vargas, 1998.