

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

Bruno Pirilo Conicelli¹

RESUMO --- O crescente interesse pela água subterrânea pode levar a um uso descontrolado e muito acima da capacidade de recarga dos aquíferos. Gerenciar esse uso é fundamental para que não ocorram problemas futuros como os conflitos transfronteiriços. Os fatores territoriais como os de ordem física, política, econômica e social, tornam o gerenciamento dos aquíferos transfronteiriços uma tarefa extremamente desafiadora. 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. A segurança do sistema internacional, que se incumbe de focar os riscos provenientes de modificações ambientais ou escassez de recursos, mostra que esses fatos podem gerar conflitos interestatais. Nessa abordagem, a maior preocupação seria a de manter a estabilidade da ordem internacional. A segurança ambiental internacional deve ser mantida de modo a não colocar em risco as condições de habitabilidade da existência humana no planeta. A gestão dos recursos hídricos é um caso emblemático de soberania das unidades, sendo que do ponto de vista estratégico os recursos naturais são vitais para a sobrevivência da população de uma unidade política.

ABSTRACT --- The increasing interest for the groundwater can lead to an uncontrolled and above the recharge capacity of the aquifer use. Managing this use is fundamental to avoid the occurrence of future problems such as the transboundary conflicts. The territorial factors as well as those of physical, political, economic and social order, make the management of the transboundary aquifer an extremely challenging task. Problems related to the increasing scarcity, the degradation of the quality of the resources, to the fast population growth, the unilateral state actions and the different levels of social and economic development of the involved countries are potential reasons for concern. The security of the international system which is in charge of focusing the risks coming from environment modifications or scarcity of resources shows that these facts can generate interstate conflicts. From this approach, the biggest concern would be to keep the stability of the international order. The International environment security must be kept in order not to risk the conditions of habitability of the human being existence in the planet. The management of the hydric resources is an emblematic case of sovereignty of the units, given that from the strategic point of view, the natural resources are vital for the survival of the population of a politic unit.

Palavras-chave: Sistema Aquífero Guarani, Aquífero Transfronteiriço, Recursos Hídricos.

¹ - Mestrando em Geografia Humana pela Universidade de São Paulo e bolsista CNPq/CT-Hidro. Willian Speers, 488 Ent:04 Ap:24 São Paulo-SP
País: Brasil, e-mail: brunopirilo@yahoo.com.br

1- INTRODUÇÃO

A água é uma substância fundamental para a vida em nosso Planeta. O termo “água”, segundo Rebouças (1999) refere-se à substância natural, desvinculada de qualquer uso ou utilização. Já o termo “Recurso Hídrico” IHP/UNESCO (1991) refere-se aos recursos disponíveis ou potencialmente disponíveis para satisfazer, em quantidade e em qualidade, uma dada procura em um local e por um período de tempo determinados. Sendo assim, a água é considerada como um bem econômico.

No Mundo, aproximadamente 30% da água doce disponível é subterrânea, o que mostra a importância desse recurso. O Brasil contém 12% das reservas de água doce disponível no Planeta, com uma disponibilidade hídrica de 40.732 m³/hab/ano (REBOUÇAS, 1999). Aproximadamente 80% desse recurso estão concentrados na Bacia Amazônica. Porém, as questões referentes às mudanças climáticas e o uso inadequado dos recursos naturais vêm interferindo na disponibilidade hídrica para consumo. Os principais fatores que alteram essa disponibilidade são as extrações excessivas, uso inadequado, lançamento de efluentes domésticos e industriais nos corpos de água, ausência de controle de erosão, ausência de matas ciliares, bem como o crescente aumento de custo no seu tratamento (CETESB, 2004).

É nesse cenário que as águas subterrâneas vão se tornando cada vez mais importante como fonte de abastecimento seguro para o uso doméstico, industrial e agrícola. No Brasil mais de 50% do abastecimento público é feito por água subterrânea (REBOUÇAS, 1999). A grande vantagem desse recurso é prover água em períodos de seca, onde as águas superficiais ficam escassas.

O crescente interesse pela água subterrânea pode levar a um uso descontrolado e muito acima da capacidade de recarga dos aquíferos. Gerenciar esse uso é fundamental para que não ocorram problemas futuros como os conflitos transfronteiriços.

A água doce é indispensável para o consumo e abastecimento humano e também para o ecossistema global. Sendo assim, a demanda por água doce potável no mundo vem se tornando maior em consequência do crescimento populacional e da imposição de padrões de conforto e bem-estar da vida moderna (REBOUÇAS, 1999). Por ser um recurso estratégico, indispensável à vida e raro em algumas partes do mundo, a água deve ser gerida de forma com que as gerações futuras possam desfrutar os seus benefícios. Ao mesmo tempo é necessário estabelecer normas que regulem seu uso para que ela não venha ser um objeto de disputa no futuro. Como alerta o geógrafo Claude Raffestin (1993) afirmando que a água, como qualquer outro recurso, é motivo para relações de poder e de conflitos. Raffestin (1993) afirma ainda que ter o controle e a posse sobre a água é sobretudo de natureza política, tendo em vista que esse recurso interessa a uma coletividade.

Atualmente os recursos hídricos do Sistema Aquífero Guarani encontram-se em abundância tanto em quantidade quanto em qualidade, além disso, os países no qual o Aquífero está presente não sofrem com a falta de água e não tem no Sistema Aquífero Guarani sua principal fonte de abastecimento. Porém, o cenário futuro nos mostra que a crescente utilização dos recursos hídricos e sua degradação nos levarão a um cenário de escassez dos recursos. O geógrafo Claude Raffestin (1993) observa que só existem bens políticos, não existindo mais bens livres, pois esses correspondem a uma necessidade coletiva, conclui ainda que é de se evidenciar que os recursos que hoje em dia são fontes de relações de poder, podem não ser os mesmos daqui a dez ou vinte anos, sendo que dependendo da conjuntura, outros recursos podem vir a ser objeto de tensão.

A segurança do sistema internacional, que se incumbe de focar os riscos provenientes de modificações ambientais ou escassez de recursos, mostra que esses fatos podem gerar conflitos interestatais. Nessa abordagem, a maior preocupação seria a de manter a estabilidade da ordem internacional.

Sobre esse ponto de vista, é indispensável uma análise dos conflitos concernentes à gestão dos recursos comuns, como no caso do compartilhamento das águas subterrâneas transfronteiriças.

Sendo que para Lê Prestre (2000) o ponto de vista analítico visaria aprofundar a natureza das variáveis e das relações causais pertinente ao tema. Surge uma questão: Em que medida problemas ambientais - tais como: a posse de certos recursos, a competição por recursos limitados, a política de gestão ambiental de um outro Estado ou mudanças ecológicas - podem afetar a definição nacional de segurança ou o caráter dos conflitos interestatais?

O geógrafo Ribeiro (2001) abordou a segurança ambiental internacional como sendo aquela que deve ser mantida de modo a não colocar em risco as condições de habitabilidade da existência humana no planeta. E aponta ainda para a gestão dos recursos hídricos como sendo um caso emblemático de soberania das unidades, salientando que se trata de uma visão estratégica, que admite que os recursos naturais sejam vitais para a sobrevivência da população de uma unidade política (RIBEIRO, 2001).

2 - O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

Um Aquífero, segundo CETESB (2004), é um reservatório de água. Tendo sua qualidade variando de acordo com a composição natural das rochas e das atividades antrópicas realizadas na área de ocorrência, sua disponibilidade hídrica dependerá da capacidade de recarga e do volume de água que se quer extrair.

O Sistema Aquífero Guarani está localizado no centro-leste da América do Sul (Figura 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 Guaraní 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 Guaraní 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.



Figura 1 – Localização do Sistema Aqüífero Guarani na América do Sul
 Fonte: *Boscardin Borghetti et al.* (2004)

A área de abrangência do Sistema Aquífero Guarani (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. A população do domínio de ocorrência do aquífero é estimada em 15 milhões de habitantes (ARAÚJO et al. 1995).

ÁREA DE OCORRÊNCIA DO SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI

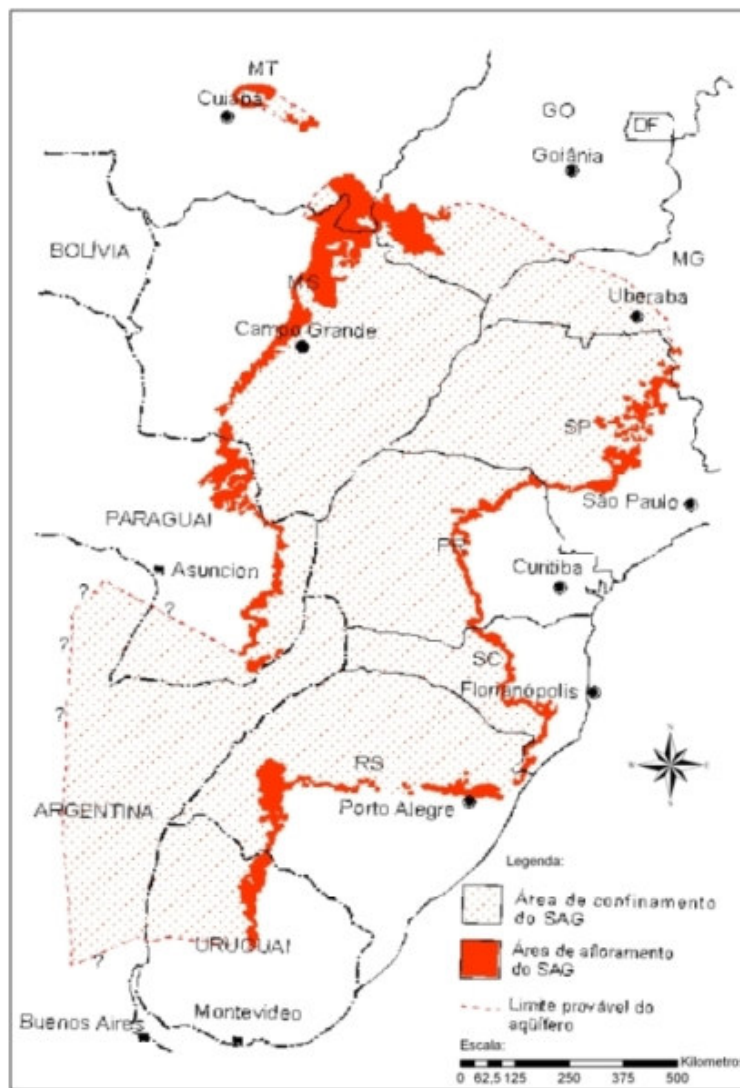


Figura 2 - Mapa Esquemático do Sistema Aquífero Guarani
Fonte: Modificado de OEA, 2001

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).

Os recursos hídricos do Aquífero são em geral de boa qualidade e tem sido utilizados para usos diversos, segundo CHANG (2001), cerca de dois terços dos recursos do aquífero são utilizados pela captação de água no meio urbano para o consumo humano (77% do total), sendo que os outros 23% do recurso extraído dividem-se entre os usos industrial e rural.

Um dos principais problemas existentes é o risco de deterioração do aquífero em decorrência do aumento dos volumes explorados e do crescimento das fontes de poluição pontuais e difusas. Essa situação exige gerenciamento adequado por parte das esferas de governo federal, estadual e municipal sobre as condições de aproveitamento dos recursos do aquífero. O Brasil, por conter em seu território a maior parte do Sistema Aquífero Guarani, deve preocupar-se com a gestão do sistema de modo a contemplar seus interesses em possíveis negociações com os demais parceiros. Além disso, a posição geográfica do aquífero, presente em oito estados brasileiros, na região centro-

sul do país, a mais desenvolvida economicamente, favorece a ampliação de seu uso no futuro. Para isso, é preciso evitar a poluição e a má utilização dos seus recursos hídricos.

Uma das maiores dificuldades para se estabelecer uma gestão transfronteiriça compartilhada das águas subterrâneas é determinar quais são as atividades antrópicas que requerem maior atenção, essas atividades em determinados locais são extremamente complexas e podem ser apresentadas em grande quantidade, dificultando uma investigação detalhada, identifica-las é fundamental para apontarmos as áreas com maior vulnerabilidade para contaminação e super-exploração. A intensidade da contaminação de um aquífero segundo Hirata (2003) não é uma função direta do tamanho da atividade antrópica. Muitas vezes pequenas atividades, como oficinas mecânicas e pequenas indústrias, podem causar grande impacto nas águas subterrâneas. Sendo que as grandes atividades são mais fáceis de identificar e localizar. Em um cenário de escassez dos recursos hídricos, com estiagens cada vez mais prolongadas, proteger e ter a disposição água de boa qualidade é fundamental e estratégico.

3 - METODOLOGIA E FORMA DE ANÁLISE

A metodologia foi estruturada para se obter informações organizadas e confiáveis no suporte à pesquisa visando à caracterização das políticas para o gerenciamento das águas subterrâneas transfronteiriças dos países, evidenciando os benefícios da visão ampla sugerida pela geografia. Ela contou genericamente com fases tais como: Análise de diversas fontes de órgãos oficiais, literatura específica, entrevista com representantes do poder público e da comunidade envolvida, consulta a especialistas, à legislação vigente referente à gestão dos mananciais subterrâneos transfronteiriços nos países onde o Aquífero está presente, além da participação de reuniões e congressos promovidos pelas unidades nacionais e da secretaria geral do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

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.

As grandes Regiões Metropolitanas, por terem uma grande demanda de água para o desenvolvimento das suas atividades, estão sofrendo com as estiagens freqüentes. As Regiões Metropolitanas de São Paulo e Campinas, por exemplo, usam a água subterrânea como reserva estratégica para o desenvolvimento de atividades econômicas, sendo utilizada em indústrias, hotéis e residências.

4.1 - Geografia política e Políticas Públicas

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 e, assim, qualificado pelo domínio político de uma porção da superfície terrestre’.

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).

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.

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 públicas eficientes.

4.2 - Geografia política das águas transfronteiriças subterrâneas

O objetivo desta pesquisa são as questões referentes ao gerenciamento das águas subterrâneas transfronteiriças do Sistema Aquífero Guarani, e como esses fatores podem definir e influenciar a decisão dos Estados perante a esse Sistema Transfronteiriço. Considerando a importância dos recursos hídricos para as políticas territoriais dos Estados, vemos a necessidade de uma abordagem da geografia política sobre o tema, o geógrafo Wanderley Costa (1992) afirma que ‘cabe à geografia política a tarefa nada trivial, dentre outras, de examinar e interpretar os modos de exercício do poder estatal na gestão nos negócios territoriais e a própria dimensão territorial das fontes e manutenção de poder em geral’.

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).

O cenário de escassez dos recursos hídricos no mundo levou o Banco Mundial a doar cerca de 26 milhões de Dólares para que o Global Environment Facility (GEF), preparasse um Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. Este projeto tem como objetivo dar suporte para os quatro países elaborem e implementem um marco técnico legal e institucional comum. (OEA, 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’.

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’.

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).

A questão das águas subterrâneas deveria ser tratada com detalhe em uma Política Nacional de Ordenamento Territorial. Sendo tratada nos termos dos passivos territoriais existentes, utilizando-se dos fundos territoriais (MORAES, 2005) como uma categoria central do planejamento estratégico.

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

Exemplos na América do Norte ilustram claramente a situação de conflito nas águas subterrâneas transfronteiriças, onde a disputa pelo uso e controle dos mananciais subterrâneos na fronteira México - Estados Unidos começam a criar pontos de tensão entre os dois países. O Aquífero Hueco Bolson que abastece algumas cidades Mexicanas está com níveis escassos de água, projetos para a extração de água nos Estados Unidos ameaçam ainda mais a quantidade e qualidade das águas subterrâneas ao longo da fronteira. Esses conflitos pelo uso da água surgem justamente pelo fato da água estar se tornando um recurso cada vez mais escasso na região.

Hoje o Sistema Aquífero Guarani se encontra em um cenário de abundância de água em geral, porém existe um aumento gradual no uso da água, e também, problemas quantitativos por concentração de usos e problemas de contaminação local ambos em áreas transfronteiriças e nacionais e existe também uma possível contaminação difusa em áreas de recarga.

As políticas para o Sistema Aquífero Guarani 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?

4.3 - Vulnerabilidade e Poluição das Águas Subterrâneas

O conceito de vulnerabilidade natural na hidrogeologia indica o grau de suscetibilidade de um aquífero ser contaminado por uma carga poluidora. Segundo Foster & Hirata (1988), o risco de ocorrência de contaminação da água subterrânea pode ser avaliado através da associação entre a vulnerabilidade natural do aquífero e a carga contaminante potencial existente.

A metodologia de Foster & Hirata (1988) considera três fatores para determinar a vulnerabilidade natural de um aquífero. A primeira diz respeito sobre a forma de ocorrência da água subterrânea (tipo de aquífero); a segunda sobre o arcabouço litológico que sustenta o aquífero na zona não saturada, e; a terceira sobre a profundidade do nível da água.

O conjunto desses fatores nos mostra a acessibilidade da zona saturada à percolação de poluentes e a capacidade do aquífero atenuar essa contaminação.

Nas áreas de afloramento geológico onde as rochas estão expostas ocorrem à recarga dos aquíferos, são nesses pontos que as águas irão penetrar no subsolo tendo infiltração direta. São essas áreas que apresentam uma maior vulnerabilidade à poluição.

Algumas cidades segundo a CETESB (2004) que eram originalmente abastecidas pelo aquífero Bauru, estão perfurando poços com mais de 1000 metros para captar água do Sistema Aquífero Guarani, que está relativamente mais protegido contra contaminação por ter porções confinadas, além disso ele apresenta maior vazão.

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.

4.4 - Ações para Proteção das Águas Subterrâneas

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 DAEE, 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 (10 metros e cercado). 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.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma Política Nacional de Ordenamento Territorial 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).

As grandes Regiões Metropolitanas, por terem uma grande demanda de água para o desenvolvimento das suas atividades, estão sofrendo com as estiagens freqüentes. As Regiões Metropolitanas de São Paulo e Campinas, por exemplo, usam a água subterrânea como reserva estratégica para o desenvolvimento de atividades econômicas, sendo utilizada em indústrias, hotéis e residências.

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.

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.

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. A gestão integrada entre as águas superficiais e as águas subterrâneas é a mais indicada, o ideal seria se as cidades mantivessem um sistema capaz de utilizar as águas superficiais ao longo dos períodos de chuvas (nos meses de verão), e nos meses secos (de inverno) utilizar a água subterrânea, esse sistema garantiria a manutenção das reservas aquíferas e supriria as necessidades para o abastecimento público.

6 - 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. (2004). *Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do MERCOSUL*. Curitiba - PR.

CETESB (2004). *Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2001 - 2003* - São Paulo-SP: CETESB, 2004.

CHANG, H. K. (2001) *Uso atual e potencial do Sistema Aquífero Guarani: atividade três do Projeto Aquífero Guarani*. Brasil: Agencia Nacional de Águas.

CMMAD – *Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

COSTA, W. M. (1992) *Geografia política e geopolítica: discursos sobre território e poder*. São Paulo-SP: Edusp/Hucitec.

FONT, J. N; RUFÍ, J. V. (2006). *Geografia, identidade e globalização*. São Paulo: Annablume.

FOSTER, S. (1988). *Contaminacion de las aguas subterráneas : Un enfoque ejecutivo de la situacion en América Latina y el Caribe en relación con el suministro de água potable*, Lima : CEPIS,

GLEIK, P. H. (1994). *Amarca água Dulce: los conflitos por recursos hídricos*. Revista Ecologia Política. Barcelona, nº8. p. 85-106.

HIRATA, R. (2003). *Protección de la calidad del agua subterránea : guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. Washington, D.C : Banco Mundial.

IHP (International Hydrological Programe – UNESCO) (1991). *Approches to integrad water resources management in humid tropical and arid and semiarid zones in developing countries*. Paris.

LE PRESTRE, P. (2000). *Ecopolítica Internacional*. São Paulo: Senac,.

MORAES, A. C. R. (2005). *Meio ambiente e ciências humanas*. São Paulo: Annablume.

- 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 AUGE, M. & ROSTIROLLA, S.P. (2001) 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.
- RAFFESTIN, C. (1993). *Por uma geografia do poder*. São Paulo: ed Ática.
- REBOUÇAS, A. C. (org.) et alii. (1999). *Águas doces no Brasil*. São Paulo: Escrituras Editora,.
- RIBEIRO, W. C. (2001). *A ordem ambiental internacional*. São Paulo: ed Contexto.
- RIBEIRO, W. C. (2004). *Geografia política da água*. Tese de Livre Docência. Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- ROCHA, G.A. (1997). *El Gran manantial del Cono Sur*. USP, Estudios Avanzados en los 30. pág. 191-212.
- SANTOS, M. (1990). *Por uma geografia nova*, São Paulo: Hucitec.
- SANTOS, S. N. (2005). *Águas transfronteiriças superficiais: o caso da bacia do rio Danúbio*. Tese de Mestrado. Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- SRH/MMA (Secretaria de Recursos Hídricos / Ministério do Meio Ambiente) (1998). *Plano Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília: Fundação Getúlio Vargas.