

XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII
ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS

APROXIMANDO IDÉIAS E CONSTRUINDO REFLEXÕES NA BUSCA DA
SUSTENTABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Cristiane Dambrós¹; José Luiz Silvério da Silva¹; Leonidas Luiz Volcato Descovi Filho¹

Resumo - As águas subterrâneas também sofrem influência de atores antrópicos e naturais, esta situação apresenta-se em diferentes graus de vulnerabilidade, qualidade e quantidade, estes fatores estão diretamente ligados à gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Assim, o trabalho apresenta alguns aspectos conceituais e de legislação referentes à gestão das águas subterrâneas em vários países, faz um destaque para a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, localizada no extremo sul do Brasil, na zona de transição entre o Domínio do Cristalino e Bacia Sedimentar. Esta bacia hidrográfica faz parte da Bacia Sedimentar do Paraná em zona de afloramentos do Sistema Aquífero Guarani/SAG. Esta região ainda tem sua vocação para o cultivo de arroz irrigado, o plantio de soja, pecuária extensiva e atualmente o florestamento de eucaliptos. Esta pesquisa é parte de um projeto maior o qual busca a Integração dos Instrumentos de Outorga, Enquadramento e Cobrança para a Gestão de Águas Subterrâneas ASUB-UFSM. Nesta região o uso da água subterrânea dá-se para o abastecimento humano, secundariamente agronegócios e lazer. Ilustram-se aspectos mundiais de uso intensivo dos recursos hídricos subterrâneos relativos ao abastecimento humano e também em atividades agrícolas e/ou industriais. Conclui-se sugerindo o monitoramento do nível da água subterrânea visando sua gestão racional.

Abstract - The groundwater quality and quantitative was related with natural geologic and anthropogenic aspects of the land uses. There are many types of the vulnerability index of aquifers contamination associated with intergranular clastic and fissural cristaline. This paper presents some conceptual aspects related to groundwaters management. Was presented in some countries the law and the intensive use of the groundwaters to anthropic atictivies like agricultural, industrial and human supply groundwater management. Was focused the Santa Maria basin located at Rio Grande

¹ Universidade Federal de Santa Maria: Campus Camobi, Avenida Roraima, 1000 Prédio 17 Sala 1605, (055)3220 8638, 3220 8207 e (silverioufsm@gmail.com; leonprs@gmail.com; cristianedambros@gmail.com).

do Sul state southern Brazil in the transition Crystalline Hydrogeology Domain to Sedimentary Basin Domain. This basin belongs to Paraná Sedimentary Basin were the Guarani Aquifer System outcrops. This basin was dominated by rice irrigation, soybean, cattle breeding extensive and recently by eucalyptus reforestation. This research is part of the one biggest project *Integration of the instruments, water rights, framing and encashment to groundwater management ASUB-UFSM*. In this basin groundwater was predominantly used to public supply, agrobusiness and recreation. Were showed some world aspects related to the intensive use of the groundwaters. Finally were proposed one campaign of monitoring wells installation in the basin besides there is no consolidated methodologies for establishing criteria for water rights

Palavras-Chave: Bacia Hidrográfica; outorga; poços de monitoramento.

1 - INTRODUÇÃO

O planeta Terra, em muitos estudos é considerado parte de um grande sistema, configurado, segundo as colocações de Rebouças (2004)[1] por quatro elementos operacionais ou esferas: a litosfera, a hidrosfera a atmosfera e a biosfera. Já Fortescue (1980)[2] incluiu em seu conceito de Prisma de Paisagem ainda os fluxos da Geoquímica da Paisagem incluindo uma zona onde interagem elementos da Atmosfera, da Litosfera, da Biosfera e da Hidrosfera formando a Pedosfera. Estes elementos ou esferas determinados por Rebouças (op.cit.,)[1] são estabelecidos por Olivier (1995)[3] como sujeitos a mudanças ambientais e que estas acontecem de forma globalizada, onde o uso não eficiente do meio ambiente (energéticos, água, alimentos, minerais, entre outros) provoca resultados catastróficos, resultando no aumento da pobreza e da marginalidade.

De acordo com trabalhos de Ronen et al. (2000 e 2005)[4 e 5] que relacionam a importância entre a interface entre a zona vadosa e a zona saturada. Por outro lado as flutuações que ocorrem anualmente nos níveis do lençol freático são ainda pouco conhecidos devido à falta de séries históricas. Existe muito pouca informação disponível sobre flutuações de nível de água, tanto em aquíferos intergranulares porosos como nos cristalinos fissurais, e também em aquíferos cársticos. Assim a gestão dos recursos hídricos subterrâneos surge da necessidade de se utilizar este recurso adequadamente, ainda que tenha muito a ser desenvolvida. Pesquisas iniciadas por Barreto (2006)[6] e Wendland et al. (2007)[7] tratam do conhecimento dos balanços hídricos subterrâneos em zona de afloramentos do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em Bacia Representativa no Estado de São Paulo.

Desta forma os trabalhos de Silvério da Silva et al. (2009)[8] buscam identificar a flutuação do nível da água subterrânea em poços de monitoramento comparando bacias representativas em áreas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani/SAG, no Bioma Pampa. Estudos iniciados com uso de registradores automáticos de nível de água estão comparando bacias representativas com uso pecuário (25 ha de extensão) e de florestamento de eucaliptos (84ha). No Projeto ASUB/UFCG/UFAL/UFSM (2009)[34] foi realizada uma avaliação da faixa de flutuação do nível do lençol freático. Na continuidade deste projeto pretende-se entender e simular as retiradas de águas superficiais e suas interações nos aquíferos utilizando-se o Modelo IPH/Modificado de Silva (2007)[9]. Estão sendo implantados na BHRSM poços de monitoramento com registradores automáticos de níveis na cidade de Cacequi, em um poço desativado pertencente a Companhia Riograndense de Saneamento/CORSAN.

Ainda merece ser mencionado que a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais/CPRM vem perfurando poços de monitoramento nos principais aquíferos do Brasil. Na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria com destaque para o SAG estão sendo perfurados poços nos Municípios de Santana do Livramento (02), Rosário do Sul (01) e São Gabriel (02 poços) informação verbal Geólogo Marcelo Gofermann (2010). A figura 01 mostra o poço de Monitoramento de Azevedo Sodré no Município de São Gabriel de coordenadas 21J727236mE e 666533 mN, com profundidade total de 70m e N.E. =11m, pertencente a CPRM.



Figura 1 - Poço tubular de Azevedo Sodré/São Gabriel/CPRM (2010, abril). Fonte: Arquivo Pessoal. (Abril/2010).

A Figura 2 ilustra poço de monitoramento instalado na área de florestamento com eucaliptos em área de afloramento, considerada de recarga do Sistema Aquífero Guarani, Município de Rosário do Sul, Bioma Pampa inserido na BHRSM Silvério da Silva et al. (2009)[8]. Este poço vem sendo monitorado seu nível da água com medidor automático desde abril de 2009, juntamente com mais outros três poços na mesma bacia (84ha).



Figura 2 - Poço de monitoramento em Rosário do Sul, área florestada com eucaliptos. Fonte: Silvério da Silva et al. (2009)[8].

Estimativas de Ronen et al. (2000 e 2005)[4 e 5] para o aquífero livre *Coastal Plain* em Israel relataram a importância da interface entre a zona vadosa e a zona saturada definindo a (Saturated and Unsaturated Interface Region/SUIR) a qual apresentou uma espessura em torno de 3m e ainda calculou o tempo de residência da recarga nesta zona o qual poderia ser superior a cinco anos. Assim, inquietações surgem a respeito de como se está utilizando os recursos naturais disponíveis, em destaque os recursos hídricos: haveria racionalidade das populações no uso destes elementos? Pode-se reverter o quadro atual de uso excessivo? Será possível construir um uso sustentável ou trata-se de uma utopia? Isto tem sentido quando se analisa alguns dados alarmantes, como, por exemplo, os colocados por Camargo (2004)[10]: o abastecimento humano cresceu nove vezes, pois as reservas de água mundial em 1950 disponibilizavam 16,8mil m³ para cada pessoa. Em 2004, esta quantidade alcançou 7,3mil m³ por pessoa. Desta maneira pode-se prever que nos próximos 25 anos (2029) a quantidade de água destinada, por pessoa, estará reduzida para 4,8mil m³.

Na procura de uma solução, pesquisadores defendem que a gestão é uma ferramenta eficaz no combate e na minimização de conflitos ocasionados pelo uso dos recursos hídricos, bem como o seu gerenciamento visando à sua conservação. Esta idéia tem sua defesa atribuída a sua importância na construção de uma eficaz preservação dos elementos colocados por REBOUÇAS (2004)[1].

A discussão da presença de um trabalho interdisciplinar se deve a complexidade e a dinâmica dos elementos constituintes do sistema planeta Terra e este deve ser considerando os instrumentos tecnológicos e de gestão disponíveis, embora requeira a consideração de outros fatores (econômicos, sociais, ambientais, culturais, políticos). O entrelaçamento do conhecimento multidisciplinar é que permitirá o gerenciamento integrado. (COSTA, 2003)[11].

Deve-se levar em consideração na construção de uma gestão que as águas superficiais estão mais vulneráveis à contaminação, pois muitos apostam em uma alternativa estratégica, as águas subterrâneas. Estas, por sua vez, por não estarem em contato direto com as atividades de superfície se apresentam mais protegidas de patógenos e contaminantes, porém a falta de informações e manejo inadequado pode atingir níveis de contaminação preocupantes e, isto, se justifica ao se interpretar a nova Lei das Águas, Lei Federal 9.433, ao apresentar de forma sucinta e sem estimular métodos de aproveitamento racional das águas subterrâneas. (SENRA e HAGER, 2003)[12].

Este pensamento vem sendo aprofundado e discutido em um dos projetos vinculados ao Laboratório de Hidrogeologia/UFSM, intitulado ASUB/UFCG/UFAL/UFSM, que tem como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Santa Maria - BHRSM. Esta bacia hidrográfica abrange parte das microrregiões: Central, Meridional e Santa Maria, localizada na porção sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, composto por sete municípios: Santana do Livramento, Lavras do Sul, São Gabriel, Cacequi, Bagé, Rosário do Sul e Dom Pedrito abrangendo uma área de 15.797,3 km², sendo que nenhum dos municípios contém 100% de seu território e população na área da BHRSM.

A BHRSM encontra-se distribuída, sobre o Escudo Uruguaio Sul-Rio-Grandense, composto por rochas cristalinas antigas, sobre a Depressão Central, formada por rochas sedimentares de idade variável Permo-Triássicas à Quaternário e o Planalto constituído por rochas vulcânicas (ácidas e básicas). Também está bacia hidrográfica tem suas reservas de águas subterrâneas como parte integrante da zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani – SAG. O SAG que ocupa parte da Argentina (225.500 km²), Paraguai (71.700 km²), Uruguai (58.500 km²) e Brasil (840.000 km² - RS, SC, PR, SP, MT, MS, MG. GO), perfazendo um total de 1.200.000 Km². Araújo et al. (1995, 1999)[13 e 14], (PSAG, 2009)[15], (DESCOVI FILHO, 2009) [16].

Também, nesta bacia, estão sendo realizados estudos sobre o balanço hídrico e o monitoramento em cinco poços em áreas com vegetação nativa (vegetação rasteira – campo, caracterizando o Bioma Pampa) e outra com florestamento de eucaliptos em áreas de afloramento e recarga do SAG. (SILVÉRIO DA SILVA et al., 2009) [8].

Diante deste cenário, visualizam-se possibilidades de ações que permitem protagonizar estudos referentes a uma das formas pela qual é possível de se encontrar água em nosso Planeta, o sistema de águas subterrâneas. Por outro lado, as pesquisas, as ações e os estudos desenvolvidos tornam a sociedade, de hoje, responsável pela transmissão dos conhecimentos e da preservação dos recursos, em especial os hídricos subterrâneos. Encontrar caminhos sustentáveis e formas menos impactantes no uso, além dos meios de conservação destes recursos é uma responsabilidade de toda a sociedade civil, dos comitês de bacias e dos órgãos gestores.

2 - CENÁRIOS ATUAIS DA UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Na tentativa de definir as águas subterrâneas, Tundisi (2005)[17] explica que é toda a água encontrada no subsolo da superfície terrestre, ocorrendo em duas zonas, uma saturada e outra não-saturada, sendo que por esta, a água infiltrada das precipitações promove a recarga dos aquíferos. Quando explorado dispõe para o abastecimento humano, para a irrigação, indústria entre outros. A utilização deste recurso, águas subterrâneas para atividades humanas, observa – se que em muitas regiões do mundo, ele assume um papel importantíssimo não apenas com relação ao abastecimento humano, mas também no desenvolvimento econômico das regiões e áreas onde se encontram.

Feitosa et al. (2008)[18], ao apresentarem dados mundiais de terras irrigadas com água subterrânea, consideram que há uso intensivo atestando a despreocupação com a capacidade hídrica e, isto torna as pessoas que se utilizam deste recurso, responsáveis pelo rebaixamento e possível contaminação deste recurso. (Tabela 1).

Tabela 1: Águas subterrâneas usadas para irrigação. Fonte: Feitosa et al., (2008)[18].* Equivalente a 31 milhões de hectares Org. Dambrós, C.

<i>Países</i>	<i>% das terras irrigadas</i>
Índia	71*
EUA	45
Irã	58
Argélia	68
Líbia	100

Na tabela 2, Feitosa et al. (op.cit.)[18] apresentam dados sobre a importância das águas subterrâneas para o abastecimento das populações de alguns países e regiões, chegando até, segundo os autores a 100% do abastecimento humano. Em contrapartida, a falta de saneamento básico e de manutenção da rede de distribuição de água são fatores relevantes para a contaminação e desperdício de água, respectivamente.

Tabela 2: Águas subterrâneas usadas para abastecimento humano. Fonte: Feitosa et al., (2008)[18]. Org. Dambrós, C.

<i>Países</i>	<i>% do abastecimento</i>
Arábia Saudita	100
Dinamarca	100
Malta	100
México	70
Áustria	70
Alemanha	70
Bélgica	70
França	70
Hungria	70
Itália	70
Holanda	70
Marrocos	70
Rússia	70
Suíça	70

A respeito do uso intensivo das águas subterrâneas, destacam-se mudanças no comportamento do nível freático. Por exemplo, nos planaltos de Punjab (Índia) o nível freático está baixando 20 cm/ano, esta região é considerada a área mais fértil da Índia, que a torna grande produtora de trigo, conforme afirma Conway (1997)[19]. Já no estado vizinho, Rajastão (Índia), este evento é contrário, ou seja, o nível freático está subindo, criando sérios problemas de alagamento e salinização, segundo informações obtidas no sitio do DNAINDIA/PTI (2009)[20]. Com respeito da presença de terras em processo de salinização, encontra-se, igualmente, a Síria, Egito, Irã, incluindo-se também a Índia, que varia entre 50% a 10% de suas áreas irrigadas.

A Cidade do México se apresenta como uma particularidade específica. Ela contém, aproximadamente, 20 milhões de habitantes, e de acordo com vários autores a capital está próxima de uma grande crise de abastecimento de água. Logicamente que alternativas surgirão na obtenção de água. Para Tundisi (2005)[17], o problema maior é que a cidade está sofrendo com a subsidência do solo (25 cm/ano), em algumas áreas já afundou mais de 10 metros, aumentando às inundações e danos a sua infra-estrutura, sendo que o centro histórico também está incluído nestes prejuízos, pondo em risco a estrutura de antigas construções, por exemplo, a Basílica da Virgem de Guadalupe.

Já no Brasil na BHRSM, os cenários atuais de utilização das águas subterrâneas se concentram no abastecimento humano, principalmente, para os municípios de Cacequi e Santana do Livramento, onde o abastecimento da população na área da bacia é realizado por águas subterrâneas, que fazem parte do SAG. Nos municípios, onde o tipo de captação de águas para o abastecimento humano é água superficial, este vem sendo realizado através da Companhia Rio-grandense de Saneamento – CORSAN ou órgãos municipalizados os quais são responsáveis pela

captação, tratamento e distribuição da água, principalmente em leitos fluviais. (DESCOVI FILHO, 2009)[16].

O município de Cacequi tem convênio com a CORSAN e em Santana do Livramento há uma concessão para a autarquia Municipal o Departamento de Águas e Esgotos – DAE ambos captam águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani em profundidades em torno de 100m Silvério da Silva et al. (2006)[21]. Os outros municípios da BHRSM fazem captação de águas superficiais. O Quadro 1 ilustra os municípios pertencentes a BHRSM e sua população estimada.

Quadro 1- Dados populacionais e abastecimento dos municípios pertencentes a BHRSM. * Dados IBGE/estimativa 2009[22]. ** Relatório anual sobre Recursos Hídricos no Estado do RS – 2008[23]. *** Informações obtidas em investigações de campo. Org.: Dambrós, C.

Municípios	Pop. Total - Município*	Pop. Total – BHRSM**	Área do município na BHRSM (%) **	Tipo de captação ***
Bagé	115.745	45	0,25	Água de superfície
Cacequi	13.578	12.687	45,51	Água subterrânea/SAG
Dom Pedrito	38.767	37.976	94,93	Água de superfície
Lavras do Sul	8.399	1.666	49,34	Água de superfície
Rosário do Sul	41.746	38.987	67,77	Água de superfície
Santana do Livramento	84.079	78.779	42,27	Água subterrânea/SAG
São Gabriel	59.337	3.207	48,00	Água de superfície
Total	361.651	173.348		

Também as águas subterrâneas tornaram-se alternativas para viabilizar a produção agrícola em regiões áridas, semi-áridas e desérticas. Esta progressão se justifica pela demanda mundial crescente de alimentos. Considerando as preocupações de Conway (1997)[19], o fator alarmante é que a água consumida na agricultura aproxima-se de 85% de sua disponibilidade total, sendo que a maior parte desta quantidade se encontra nos sistemas de águas subterrâneas. Alternativas de alto padrão tecnológico estão sendo colocadas em prática e, de acordo com Rebouças (2004)[1], por exemplo, o reuso e reciclagem, a problemática é que se estes métodos não forem controlados, poderá ser ainda maior o prejuízo, devido à grande quantidade de concentração de sais minerais, que poderão provocar a salinização dos solos, à contaminação por fertilizantes (NPK) e ainda compostos por tóxicos orgânicos e microrgânicos.

Os países como a Líbia, Índia, EUA (área do Texas) que utilizam um significativo volume de águas subterrâneas para desenvolverem seus processos avançados de agricultura, além de colocarem em risco a contaminação destes reservatórios subterrâneos também apresentam outra preocupação, o rebaixamento do nível freático. Esta situação é preocupante, como a maioria das áreas que

realizam captação da água se localiza em áreas de baixíssimos índices pluviométricos, comprometendo a recarga dos sistemas de águas subterrâneas, pondo em risco a disponibilidade hídrica dos reservatórios.

Não se deve esquecer que as águas subterrâneas também alimentam o setor industrial. Neste caso seus poluentes químicos orgânicos e térmicos, podem contaminar os reservatórios subterrâneos. O uso destas águas ocorre de diferentes formas, por exemplo, engarrafamento de águas minerais ou potáveis de mesa para venda, fabricação de bebidas, coureiros, papel, frigoríficos e laticínios. Da mesma forma que os demais usos, conforme Tundisi (2005)[17] pode aniquilar ou acabar com os reservatórios subterrâneos, sendo que na maioria dos casos o uso das águas subterrâneas como matéria-prima ocorre de forma ilegal. Concordante com Tundisi (2005)[17], os recursos hídricos, não apenas os subterrâneos, mas também os de superfície são alvos de problemas de degradação intensa em todo o mundo.

O crescimento populacional tende a aumentar os conflitos, a diversificação e a intensificação do uso que se faz deste recurso. Por outro lado, o não planejamento e gerenciamento deles juntamente com a ineficiência política tendem a agravar, cada vez mais, a situação, quer sobre a construção de novas idéias e da reflexão adequada a respeito das questões que envolvem a gestão das águas subterrâneas.

3 - A BUSCA PELA GESTÃO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A presença de águas subterrâneas, embora comum, não se encontra uniformemente distribuída e em igual profundidade da superfície terrestre. De igual modo varia a composição química, que pode ser mais ou menos mineralizada. Esta variação de lugar, profundidade e composição, indicam que deve haver controle inteligente de uso pensado em termos de sustentabilidade destes recursos, pois como bem lembra Rebouças (2004)[1]. *Uma sociedade sustentável é aquela que satisfaz suas necessidades sem diminuir as perspectivas das gerações futuras.* Dando continuidade ao seu pensamento, o autor descreve o que entende por sustentabilidade: *...como uma condição de longo-termo de uso racional dos recursos naturais, em geral, e da água, em especial.* Da mesma forma, o autor ainda determina sua opinião a respeito das diferentes formas de presença da água subterrânea, colocando que: *...como um recurso renovável por meio do ciclo hidrológico, apresenta uma grande variabilidade, tanto no espaço como no tempo.*

Conway (1997)[19] diz que a sustentabilidade só ocorre se a taxa de extração da água ficar abaixo da taxa de reposição de onde a água foi retirada. Em outra oportunidade em sua obra cita a frase de Ajit Banarjee, (op.cit.)[19]: *A tecnologia só é boa se for sustentável e só é sustentável se incluir pessoas, porque as pessoas são parte do meio ambiente. A gestão participativa foi bem*

sucedida porque se baseou na crença de que as pessoas são importantes e devem ser envolvidas nas soluções dos problemas. O autor também defende que a sustentabilidade é apenas um dos indicadores de um ecossistema de águas subterrâneas, sendo eles: “*produtividade (rendimento), estabilidade (constância de produtividade em face de flutuação), sustentabilidade (capacidade de o sistema manter a produtividade) e equitatividade (igualdade de distribuição aos beneficiários)*” (op.cit.)[19]. Considera-se que em uma análise conjunta dos três primeiros indicadores, referidos pelo autor, pode-se saber quanto produz e quanto produzirá um determinado sistema de água subterrânea.

Assim considerando a sustentabilidade já é uma das medidas ou intenções que visam perspectivas futuras de disponibilidade dos recursos naturais. Contudo, suas metas são colocadas em nível internacional, incluídas em estratégias segmentadas para diversas atividades humanas, considerando sempre o tripé: sociedade, economia e ambiente.

Retomando o pensamento de Rebouças entende-se que para ser sustentável é necessário desenvolver o gerenciamento destes recursos. Deste modo apoiando-se em Tucci (1993)[24], gestão é uma atividade analítica e criativa voltada para a formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que tem por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos. Isto remete ao entendimento sob uma dimensão ecológica. Pesquisadores, como Veiga (2006)[25], propõem três objetivos que um sistema sustentável deve atender, sendo eles: (1) preservação do potencial da natureza para a produção de recursos renováveis; (2) limitações do uso de recursos não renováveis; (3) respeito e realce para a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.

Para Tuinhof et al. (2002)[26], a preservação do potencial deve atender a sua própria oferta e não a demanda que se tem destes recursos. Esta seria a forma sustentável e capaz de atender a dimensão ecológica. Para estes autores, este controle é entendido como um círculo virtuoso e ele só ocorre se houver a participação dos usuários, nas decisões tomadas quanto à gestão da demanda e da oferta do recurso.

Os pesquisadores consideram que se deve manter um equilíbrio razoável entre custo e benefício, caso contrário entra em questão a sua suscetibilidade de degradação do sistema hidrogeológico, assim como há interesses dos usuários da água, se deve incluir os ecossistemas e a quem depende do fluxo base do reservatório. Nas palavras de Tuinhof et al. (2002)[26]. *La condición de una extracción excesiva y no sustentable, que ocurre con demasiada frecuencia. En este caso, la tasa total de extracción (y, por lo general, el número de pozos de producción) con el tiempo caerá marcadamente como resultado de la degradación casi irreversible del sistema de acuíferos en sí.* Portanto, pode-se visualizar que para os pesquisadores deve-se priorizar o

gerenciamento do uso da água, onde consideram o sistema de águas subterrâneas não apenas como um reservatório mineral, mas como parte do ecossistema.

Kalf e Woolley (2005)[27] questionam a sustentabilidade em áreas que se encontram em regiões áridas, por exemplo, na bacia do rio Murray no sul da Austrália e a região do Texas nos EUA. No caso da Austrália a recarga anual é inferior a 1 mm/ano e nos EUA a recarga varia de 2,5 a 5% do volume bombeado. Assim, para os recursos destas regiões, citadas pelos autores, como em outras regiões de baixíssima pluviometria e frente à recarga das reservas de águas subterrâneas o uso sustentável do recurso não é viável. Deste modo nestas regiões torna-se inviável a aplicação de uma gestão de acordo com o círculo virtuoso, proposto por Tuinhof et al. (2002)[26], nestas situações poderá se recorrer a uma gestão de acordo com Conway (2003)[19] que remete um uso equilibrado e voltado para o coletivo.

Há pesquisadores que apresentam outro entendimento sobre a dimensão ecológica de uso sustentável e gestão das águas subterrâneas, como é o caso de Kazmann, (1988, apud, KALF e WOOLLEY, 2005)[27] que entende os depósitos de águas subterrâneas como sendo recursos não renováveis, nas condições de regiões de baixíssima pluviometria, citando como exemplo, similar os reservatórios de petróleo e gás. Nesta linha de entendimento deve-se priorizar o conhecimento do período que ainda poderá ser explorado o recurso, para que possa ser tomada providências pelos indivíduos que serão afetados no futuro, alertando, igualmente, que as águas subterrâneas devem ser utilizadas de forma eficiente e não de forma irresponsável.

Os autores, Kalf e Woolley (2005)[27], relatam que os modelos numéricos representam muito bem o sistema de fluxos de um aquífero. Os pesquisadores australianos preferem priorizar estudos referentes ao tempo de duração de um reservatório subterrâneo, ao invés de pensar em como usar de forma sustentável as águas subterrâneas. Obviamente, esta preferência recai em situações vividas pelos pesquisadores, pois se trata de regiões áridas e/ou semi-áridas.

4 - LEIS, REFLEXÕES E DESAFIOS

As leis são estabelecidas como instrumentos de gestão para todos os tipos de exploração dos recursos hídricos, segundo a Lei Nº 9.433 do Governo Federal da República Federativa do Brasil de 1997[28]. A construção de planos de gestão de recursos hídricos; enquadramento dos corpos d'água em classes de uso; outorga de direito de uso; cobrança pelo uso; compensação a municípios e sistema de informações sobre recursos hídricos. Também reconhece que a captação de águas subterrâneas, por serem obras hidrogeológicas, deve obter a autorização para que seja feita sua instalação e operação. A necessidade de estudos não só das águas subterrâneas, mas de todos os

usos que seja necessários planos de gestão, pois conforme a Lei Nº 9.984 de 2000[29], “não se gerencia o que não se conhece”.

Por sua vez a Resolução Nº 15 de 11 de janeiro de 2001, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH[30] reconhece que existe interação entre água superficial e subterrânea e ainda cita a indissociabilidade da gestão destes dois tipos, ou seja, a idéia de que tudo esta interligado na forma de um grande sistema. Além disso, reconhece também que, os limites de um aquífero não necessariamente coincidem com os de bacias hidrográficas. Como reforço, a Resolução Nº 17 de 29 de maio de 2001[31], estabelece que os Planos de Recursos Hídricos no seu conteúdo mínimo, deverão ser constituídos por diagnósticos e prognósticos, alternativas de compatibilização, metas, estratégias, programas e projetos, contemplando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos de acordo com o Art. 7º da Lei Nº 9, 433, de 1997[28].

Na Resolução Nº. 22, de 24 de maio de 2002[32], determinam que os Planos de Recursos Hídricos devam considerar: os múltiplos usos da águas subterrâneas; peculiaridades; aspectos quali-quantitativos obtidos por monitoramento com seus resultados devidamente apresentados em mapas; caracterizá-lo; definir as inter-relações de cada aquífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio; obter informações hidrogeológicas sendo estas necessárias nos Planos de Recursos Hídricos.

Assim, ações potencialmente impactantes, bem como as ações de proteção e mitigação das águas subterrâneas, devem ser diagnosticadas e previstas nos Planos de Recursos Hídricos, incluindo-se medidas emergenciais a serem adotadas em casos de contaminação e poluição acidental, além de explicitar as medidas de prevenção, proteção, conservação e recuperação dos aquíferos com vistas a garantir os múltiplos usos e a manutenção de suas funções ambientais, ou seja, interação rio-aquífero considerando em especial a vazão ecológica. Tudo isto visando à gestão sistêmica, integrada e participativa das águas na promoção do desenvolvimento social e ambientalmente sustentável.

A gestão sistêmica se firma na Resolução Nº. 98 de 26 de março de 2009[33], através de princípios, fundamentos e diretrizes para criar, implementar e manter os programas de educação ambiental, de desenvolvimento de capacidades, de mobilização social e de comunicação de informações em Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), recomendadas a todos os entes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Os estudos que estão sendo realizados no projeto ASUB/UFCG/UFAL/UFMS têm como objetivo a integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a gestão das águas subterrâneas, tendo como objeto empírico a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria. ASUB/UFCG/UFAL/UFMS (2009)[34]. Assim, este projeto vem a contribuir no que diz respeito a ampliação do conhecimento e a aplicabilidade da legislação brasileira das águas subterrâneas.

No estado do Rio Grande do Sul a outorga de uso da água subterrânea envolve três faixas de consumo da água. Os usuários de consumo da água: <25.000 l/h, 25.000 – 250.000 l/h e >250.000 l/h. Sendo aqueles que consomem mais de 250.000 l/h com atividades industriais é exigido um monitoramento trimestral atendendo aos Valores Máximos Permissíveis (VMP's) considerando a portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde/ANVISA[35], onde consideram os seguintes parâmetros físico-químico e microbiológico, como: Alcalinidade total, chumbo, cloretos, coliformes tolerantes (*E. Coli*), condutividade, dureza total, fluoretos, nitratos, pH e sólidos totais dissolvidos. Deve-se ressaltar que o Departamento de Recursos Hídricos (DRH), considera dois aspectos na avaliação, ou seja, se a perfuração já existe ou se for solicitado uma licença prévia de perfuração.

Referente às condições de outorga na BHRSM, de acordo com estudos já realizados pelo ASUB/UFMG/UFAL/UFSM (2009)[34] foram emitidas cerca de 26 outorgas de uso dos recursos hídricos subterrâneos. Sendo estas preferencialmente nas áreas urbanas, com objetivo de abastecimento humano, segundo processos de outorga do DRH. Também há poços outorgados para usos em agronegócios com industrialização de arroz (Dom Pedrito) e de videiras (Pernod Ricard Vinhedo – Almadén). Secundariamente em alguns assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária/INCRA e abastecimento de clubes recreativos de uso coletivo privado, os quais utilizam poços tubulares com águas de temperaturas frias ($T < 25^{\circ}\text{C}$), BRASIL/DNPM, (2010)[36].

A outorga dos recursos hídricos subterrâneos regulamenta as disposições do Decreto Estadual nº. 42.047/2002[37] exige que os outorgantes incluam um tubo lateral ou guia para possíveis medições de nível da água, bem como um hidrômetro, além do estabelecimento do perímetro mínimo de proteção (cercamento de 10m). Tendo em vista a existência de várias captações que ainda utilizam compressores para o bombeamento de águas subterrâneas em áreas abastecidas pela rede pública foi criada recentemente a Resolução nº. 63 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos[38]. Esta visa o abastecimento para fins industriais, agricultura e floricultura.

No Brasil, o cumprimento das leis e resoluções referidas se fiscalizadas e obedecidas, em médio e longo prazo poderá ter não só um retorno maior em termos econômicos, como segurança de disponibilidade dos recursos naturais. No momento o grande desafio nacional reside na aplicação da legislação, vigente, pois se deve ter em mente que o espaço geográfico brasileiro é um dos, senão o maior, portador de recursos hídricos subterrâneos representados por diversos domínios hidrogeológicos.

Uma contribuição inicial para realizar-se o enquadramento dos aquíferos na BHRSM, foi dada por Descovi Filho et al. (2008)[39] utilizando-se a concentração dos sólidos totais dissolvidos/STD. Este trabalho foi ampliado por Descovi Filho (2009)[16], observando-se algumas áreas com ocorrência de águas salobras associadas a Aquitardos Permianos. Na continuidade do projeto

ASUB/UFCG/UFAL/UFSM, serão tomadas três amostras, em dois períodos do ano, de captações próximas das dez estações de monitoramento de águas superficiais da SEMA/FEPAM/RS. Este procedimento será uma metodologia que buscará utilizar além da concentração dos STD, avaliar a concentração de nitratos e também de coliformes termotolerantes em conformidade com a Resolução CONAMA N° 396/2008[40].

5 - CONSIDERAÇÕES

O desenvolvimento dos recursos hídricos não pode ser desassociado da conservação ambiental e de sua matriz ecológica, pois nela se encontra além do homem a manutenção da vida animal e vegetal da superfície do planeta Terra, uma vez que, todas as formas de vida dependem da existência, equilíbrio e inter-relações na e da dimensão ecológica.

Assim, as inquietações lançadas na introdução destas reflexões ressurgem alimentando o posicionamento a ser tomado, onde uma aproximação de idéias e reflexões sobre os recursos hídricos subterrâneos, considerando sua gestão sustentável, não é e não poderá ser racional no uso de seus elementos devido à heterogeneidade dos fluxos de matéria e energia em subsuperfície englobando a litosfera, hidrosfera, atmosfera, biosfera e na pedosfera. Diante desta impossibilidade em se alcançar a racionalidade total em todos e para todos os recursos, surge outra questão, que se refere à reversibilidade e o controle no uso excessivo deste recurso. Podendo este ser alcançado com o cumprimento das leis, de ações de educação ambiental, semeando a idéia de que os recursos mesmo que renováveis anualmente são finitos. Quanto à sustentabilidade é possível mesmo que não seja perene, em se tratando de regiões áridas e semi-áridas, nelas deve-se considerar que o equilíbrio no uso das águas subterrâneas, o qual deve ser entendido como uma forma de sustentabilidade finita devendo-se explorar volumes inferiores aos de recarga anual.

Na continuidade dos trabalhos pretende-se entender o comportamento da flutuação do nível freático em poços de monitoramento, ou seja, considerando os níveis de abrangência na aplicação dos instrumentos de gestão para realizar as outorgas ASUB/UFCG/UFAL/UFSM (2009)[34], serão analisados os níveis de abrangência local, que considera o comportamento de um poço e suas interferências provocadas por sua exploração. Em nível regional, considerar as áreas de gerenciamento específica. Em nível de abrangência global tem-se a bacia hidrográfica com várias unidades hidroestratigráficas justapostas com ou sem continuidade lateral e ou vertical. Onde a pesquisa seguirá o entendimento funcional dos fenômenos/variáveis que serão investigados, voltando-se para uma análise em espiral interagindo estudos em nível de abrangência local até o global e vice-versa, considerando as entradas e saídas de fluxo vertical e horizontal. Também pretende-se modelar as retiradas no rio-aquífero, utilizando-se o MGB/IPH modificado. SILVA

(2007)[9] para avaliar-se o nível de abrangência global e regional e o uso do modelo MODFLOW para o nível de abrangência local.

Conclui-se que estudos de flutuação do nível do lençol freático são importantes para realizar-se estimativas de recarga bem como subsidiar a gestão sustentável de aquíferos visando obter-se explorações inferiores a recarga anual de cada região, associando-se ao tipo, a espessura dos aquíferos os quais podem variar numa escala de tempo e espaço.

Agradecimentos: À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de uma bolsa de nível de mestrado, para o Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de concentração Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/RS.

6 - REFERÊNCIAS

ARAÚJO L. M., França A. B. e Potter P. E., 1995. Aquífero gigante do MERCOSUL no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai: mapas hidrogeológicos das formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. PETROBRAS/UFPR. Set 1995.[13]

ARAÚJO L. M., França A. B. e Potter P. E., 1999. Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná Basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA. Hydrogeology Journal 7:317–336. 1999.[14]

ASUB/UFCEG/UFAL/UFSM. 2009. Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a gestão das águas subterrâneas. Relatório parcial, projeto FINEP, 2009. Relatório interno.[34]

BARRETO, C. E. A. G., 2006. Balanço hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa. Dissertação de Mestrado. São Carlos, EESC-USP-SHS.[6]

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/sighidro>. Acesso em 5 de abril de 2010. [36]

BRASIL, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>>. Acesso em: 05 de abril de 2010.[22]

BRASIL. Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.[28]

BRASIL. Lei Nº 9.984 17 de julho de 2000. Disponível em:<http://www.lei.adv.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.[29]

BRASIL/Ministério da Saúde. Portaria 518/2004. Disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2010.[35]

BRASIL. Resolução Nº 15 de 11 de janeiro de 2001. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.[30]

- BRASIL. Resolução N° 17 de 29 de maio de 2001. Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R017.htm>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.[31]
- BRASIL. Resolução N°. 22, de 24 de maio de 2002. Disponível em: <http://www.inga.ba.gov.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.[32]
- BRASIL. Resolução N°. 396, de 03 de abril de 2008, CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.[40]
- BRASIL. Resolução N°. 98 de 26 de março de 2009, CNRH. Disponível em: <http://www.jurisite.com.br/resolucoes>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.[33]
- CAMARGO, A., Capobianco, J. P. R. e Oliveira, J. A. P. (ORGs.), 2004. Meio Ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92. São Paulo: Estação da Liberdade, Instituto Socioambiental; Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas. 2ª ed., rev. 2004.[10]
- CONWAY, G., 2003. Produção de alimentos no século XXI: biotecnologia e meio ambiente. Reino Unido: Penguin Books Ltd., 1997; tradução Celso Mauro Paciornik. – São Paulo: Estação da Liberdade, 2003.[19]
- COSTA, F. J. L., 2003. Estratégias de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial. Brasília: Estação gráfica. 1ª ed. 2003.[11]
- DESCOVI FILHO, L. L. V., Silvério da Silva, J. L., Forgiarini, R. F. e Silveira, G. L., (2008). Subsídios Ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria, Rio Grande do Sul. IN: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas (ABAS). Natal, RN. 2008. p. 1- 18.[39]
- DESCOVI FILHO, L. L. V., (2009). Subsídios ambientais para a gestão das águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Santa Maria-RS. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.[16]
- ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Relatório da situação dos Recursos Hídricos do estado Rio Grande do Sul. 2008. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/relatorio.pdf>. Acesso em 4 de abril de 2010. [23]
- ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Decreto n°. 42047/2002. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/dec_42047.htm. Acesso em 4 de abril de 2010. [37]
- ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Resolução n°. 63/2009. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/res_632009.html. Acesso em 4 de abril de 2010. [38]
- FEITOSA, F.A.C., Manoel Filho, J., Feitosa, E. C. e Demétrio, J.G., 2008. HIDROGEOLOGIA: conceitos e aplicações, Organização e coordenação científica: – 3. ed. ver. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812 p.[18]
- FORTESCUE, J. A. C., 1980. Environmental Geochemistry: a holistic approach. New York. Springer Verlag. Ecological studies, v.35. p. 347.[2]
- DNAINDIA/PTI, 2009. Groundwater level rising in Jodhpur. Índia, 05 de julho de 2009. Disponível em: http://www.dnaindia.com/india/report_groundwater-level-rising-in-jodhpur_1271212. Acesso, 12 de dezembro de 2009.[20]
- KALF, F. R. P. and Woolley, D. R., 2005. Applicability and methodology of determining sustainable yield in groundwater systems. Hydrogeology Journal, Austrália. Publicado em Berlin. Vol.13, N° 1, março, 2005, p. 295 – 312. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content>. Acesso, dia 21 de dezembro de 2009.[27]

- OLIVIER, S. R., 1995. La crisis eco-social y el desarrollo sostenible. Argentina: Associação Ecológica FORO VERDE, 1995.[3]
- PROJETO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI/PSAG. Disponível em: <http://www.sg-guarani.org.br> . Acesso em: 17 de março de 2009.[15]
- REBOUÇAS, A., 2004. Uso inteligente da água. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.[1]
- RIO GRANDE DO SUL, Decreto Nº 42 de 26 de dezembro de 2002. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/sema>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.[34]
- RONEN, D., Scher, H. e Blunt, M., 2000. Field observations of a capillary fringe before and after a rainy season. *Journal of Contaminant Hydrology*. Elsevier, vol. 44, July 2000. Disponível em: <http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/503341/description#description>. Acesso em: 02 fev. 2010.[4]
- RONEN, D., Graber, E. R. and Laor, Y., 2005. Volatile Organic Compounds in the Saturated-Unsaturated Interface Region of a Contaminated Phreatic Aquifer. *Vadose Zone Journal*. Madison/USA, maio 2005. Disponível em: < <http://vzj.scijournals.org/cgi/content/abstract/4/2/337>>. Acesso em: 22 out. 2009.[5]
- SENRA, J. B. e Hager, F. P. V., 2003. Águas subterrâneas e a legislação de recursos hídricos. In: Anais. XIII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS E I SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE. Petrópolis, RJ. 2003. p. 83 – 90.[12]
- SILVA, F. C. A., 2007. Análise integrada de usos de água superficial e subterrânea em macroescala numa Bacia Hidrográfica: o caso do alto rio Paranaíba. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – IPH/UFRGS, Porto Alegre, 2007. 132 p.[9]
- SILVERIO DA SILVA, J.L., Bessouat, C., Camponogara, I., Frantz, L.C., Guimaraens, M., Gamazo, P., Failache, L., Flores, E.L.M., Flores, E.M.M. e Dressler, V.L., 2006. Caracterização de áreas de recarga e descarga do SAG em Rivera-Livramento e Quaraí-Artigas. Estudo da vulnerabilidade na área de influência de Artigas-Quaraí. FUNDO DAS UNIVERSIDADES, RELATÓRIO FINAL, 2 VOLUMES, 2006.[21]
- SILVERIO DA SILVA, J.L., Descovi Filho, L.L.V., Baumhardt, E., Cruz, J.C., Silva, A.S. da, e MAZIERO, E., 2009. Avaliação preliminar da flutuação do nível freático em microbacias representativas. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. 2009. p.15. CD-ROM[8].
- TUCCI, C.E. (Org), 1993. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: editora da Universidade; ABRH, 1993. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4)[24]
- TUINHOF, A., Dumars, C., Foster, S., Kemper, K., Garduño, H. e Nanni, M., 2002. Gestión de Recursos de Agua Subterránea una introducción a su alcance y práctica. GW MATE Publication. Programa do Banco Mundial, Washington, EUA: 2002. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/EXTWAT/Resources>. Acesso, dia 14 de dezembro de 2009.[26]
- TUNDISI, J. G., 2005. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos, SP. RiMa, IIE, 2ª ed. 2005.[17]
- VEIGA, J. E., 2006. Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond. 2ª ed. 2006.[25]
- WENDLAND, E., Barreto, C., Gomes, L.H. e Paiva, J.B.D. de., 2007. Balanço hídrico em zona de afloramento do sistema aquífero guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa. In: Aquífero Guarani: avanços no conhecimento para sua gestão sustentável. Montevideo, Uruguay: ALHSUD, Copymatic SRL, 2007. p. 139-155.[7]