

MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO DISTRITO FEDERAL – DADOS PRELIMINARES

Roberto Márcio Macedo dos Santos¹; Priscilla Mesquita Matos²;

Resumo – A CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – vem incrementando ao longo dos últimos anos, a utilização de águas subterrâneas captadas através de poços tubulares profundos destinados ao abastecimento público. A descoberta de aquíferos de alta produtividade, a crescente necessidade do atendimento à novas demandas em áreas urbanas ou isoladas, além da saturação da oferta das captações superficiais, gerou na Companhia uma nova concepção com relação aos mananciais subterrâneos. Aliado a este crescimento, a legislação ambiental tem sido mais rigorosa, seja nos padrões de qualidade da água, seja na exigência de melhores estruturas de monitoramento e proteção das águas subterrâneas. Visando atender a estas as necessidades, assim como proporcionar melhores instrumentos de gestão de águas subterrâneas para a Companhia, a CAESB implementou um sistema de monitoramento sistemático, qualitativo e quantitativo, de águas subterrâneas. O banco de dados a ser gerado servirá de base técnica para a definição das vazões exploráveis de segurança, a serem adotadas em sintonia com as restrições ambientais dos órgãos fiscalizadores, além de fornecer instrumentos para a reavaliação permanente das condições operacionais, com vistas à sua otimização

Abstract – During the past few years the Water and Sewage Corporation of the Federal District (CAESB) has increased production of groundwater aimed to water supply, in order to attend the new demands. Moreover, the environmental laws had become more severe, claiming new water quality patterns and new frames of monitoring and groundwater protection. In order to answer these demands, CAESB has created a net to monitoring the groundwater at the locals exploited by the corporation, in their qualitative and quantitative aspects. The new basis of information generated will be useful to make a sustainable management of the aquifers exploited by the corporation.

Palavras-chave – Monitoramento, Gestão, Distrito Federal

¹ M.Sc., Geólogo da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, SAIN, Área Especial, ETA-R1, Laboratório Central, CAESB, Brasília, DF, CEP 70620-000, tel. (61) 3214-7919, fax (61) 3342-1606, e-mail: robertosantos@caesb.df.gov.br.

² Estagiária de Engenharia Ambiental da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, SAIN, Área Especial, ETA-R1, Laboratório Central, CAESB, Brasília, DF, CEP 70620-000, tel. (61) 3214-7919; email: priscillaambiental@gmail.com..

1 - Introdução

A CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – vem incrementando ao longo dos últimos anos, a utilização de águas subterrâneas captadas através de poços tubulares profundos destinados ao abastecimento público. A descoberta de aquíferos de alta produtividade, a crescente necessidade do atendimento à novas demandas em áreas urbanas ou isoladas, além da saturação da oferta das captações superficiais, gerou na Companhia uma nova concepção com relação aos mananciais subterrâneos. Iniciou-se então a implantação de sistemas de abastecimento, isolados ou mistos, concebidos para operar de forma definitiva a partir da captação por poços tubulares profundos. A partir do ano de 2003, a Companhia iniciou um processo de incorporação dos sistemas de abastecimento de água dos condomínios residenciais que surgiram nas áreas peri-urbanas na década de 90, na sua grande maioria atendidos por poços tubulares profundos. Aliado a este crescimento, vem ocorrendo o aprimoramento das legislações, as quais impõem um maior rigor aos padrões de qualidade da água captada, assim como exigem melhores estruturas de monitoramento e proteção das águas subterrâneas.

No 1º semestre de 2006, a CAESB já operava cerca de 120 poços, entre áreas urbanas consolidadas e condomínios residenciais, com uma capacidade de produção estimada de 2.500 m³/h (695 l/s), representando cerca de 6 % da capacidade total do Sistema Produtor da CAESB.

Visando atender a estas as necessidades, assim como proporcionar melhores instrumentos de gestão de águas subterrâneas para a Companhia, foi criada em 2006 um setor específico para a gestão das águas subterrâneas, especificamente para o monitoramento qualitativo e quantitativo de seus sistemas de abastecimento baseados em águas subterrâneas.

Sua proposta visa integrar as rotinas operacionais de produção de água para abastecimento público com a necessidade de exploração sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, além das condicionantes impostas pela legislação ambiental. Deve contemplar também instrumentos para a reavaliação permanente das condições operacionais, com vistas à sua otimização. As informações contidas no banco de dados a ser gerado servirão também de base técnica para a definição das vazões exploráveis de segurança, a serem adotadas em sintonia com as restrições ambientais dos órgãos fiscalizadores e servirão de base para a elaboração de um plano de gestão de recursos hídricos subterrâneos no âmbito da Companhia.

2 – Geologia / Hidrogeologia

O Distrito Federal está situado na Província Hidrogeológica do Escudo Central, onde predominam aquíferos fissurais cobertos por um manto de intemperismo de espessura variável. A

região é um alto regional que divide as bacias hidrográficas de três dos maiores rios Brasileiros (Rio São Francisco a leste, Rio Tocantins a norte e Rio Paraná a sul–sudoeste). Deste modo, a região não possui rios de grande porte, predominando drenagens superficiais de pequenas vazões nem sempre suficientes para atender as demandas de água. Neste contexto, as águas subterrâneas captadas através de poços tubulares profundos constituem-se num recurso estratégico para abastecimento público.

No Distrito Federal os volumes de água que alcançam os reservatórios naturais, podem ser armazenados de duas formas distintas. Na porosidade dos solos e nas fraturas das rochas cristalinas. Desta forma, segundo a proposta de Campos & Freitas-Silva (1998), existem dois grandes domínios hidrogeológicos no DF: domínio poroso e domínio fraturado. Os autores classificaram os aquíferos em sistemas, que no caso do domínio poroso são baseados na classe de solo predominante, unidade geológica subjacente, espessura e condutividade hidráulica. Para o domínio fraturado, os aquíferos foram classificados em sistemas e subsistemas, com base na unidade geológica e na média das vazões dos poços existentes em cada unidade.

As rochas do domínio fraturado são os maiores reservatórios da região e apresentam as maiores vazões. No domínio fraturado os aquíferos são normalmente livres ou semi-confinados, em parâmetros hidráulicos controlados principalmente pela densidade de fraturas abertas existentes. Conforme Campos & Freitas-Silva (1998), pode-se considerar que a água subterrânea no domínio fraturado encontra-se distribuída nos sistemas aquíferos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí. No sistema Paranoá ocorrem os subsistemas S/A, A, R₃/Q₃, R₄ e PPC, enquanto que no sistema Canastra ocorrem os subsistemas F e F/Q/M. A Tabela 1 mostra uma síntese das características de cada sistema e subsistema aquífero do domínio fraturado, bem como suas respectivas áreas de ocorrência dentro do Distrito Federal. O mapa geológico simplificado do Distrito Federal é apresentado na Figura 1.

Tabela 1 - Características dos sistemas aquíferos do domínio fraturado no Distrito Federal (modificado de Cadamuro, 2002).

Sistema	Subsistema	Unidade	Q _{média} (m ³ .h ⁻¹)	Área (Km ²)
Paranoá	S/A	metassilito	12,70	29,30
	R₃/Q₃	quartzito/metarritmito arenoso	12,20	1389,10
	R₄	metarritmito argiloso	6,15	1010,80
	PPC	psamo-pelito-carbonatada	9,10	458,90
	A	ardósia	4,39	541,60
Canastra	F	filitos	7,50	913,50
	F/Q/M	filitos c/ níveis carbonatados	33,00	46,10
Bambuí	-----	-----	5,21	1047,60
Araxá	-----	-----	3,15	353,70

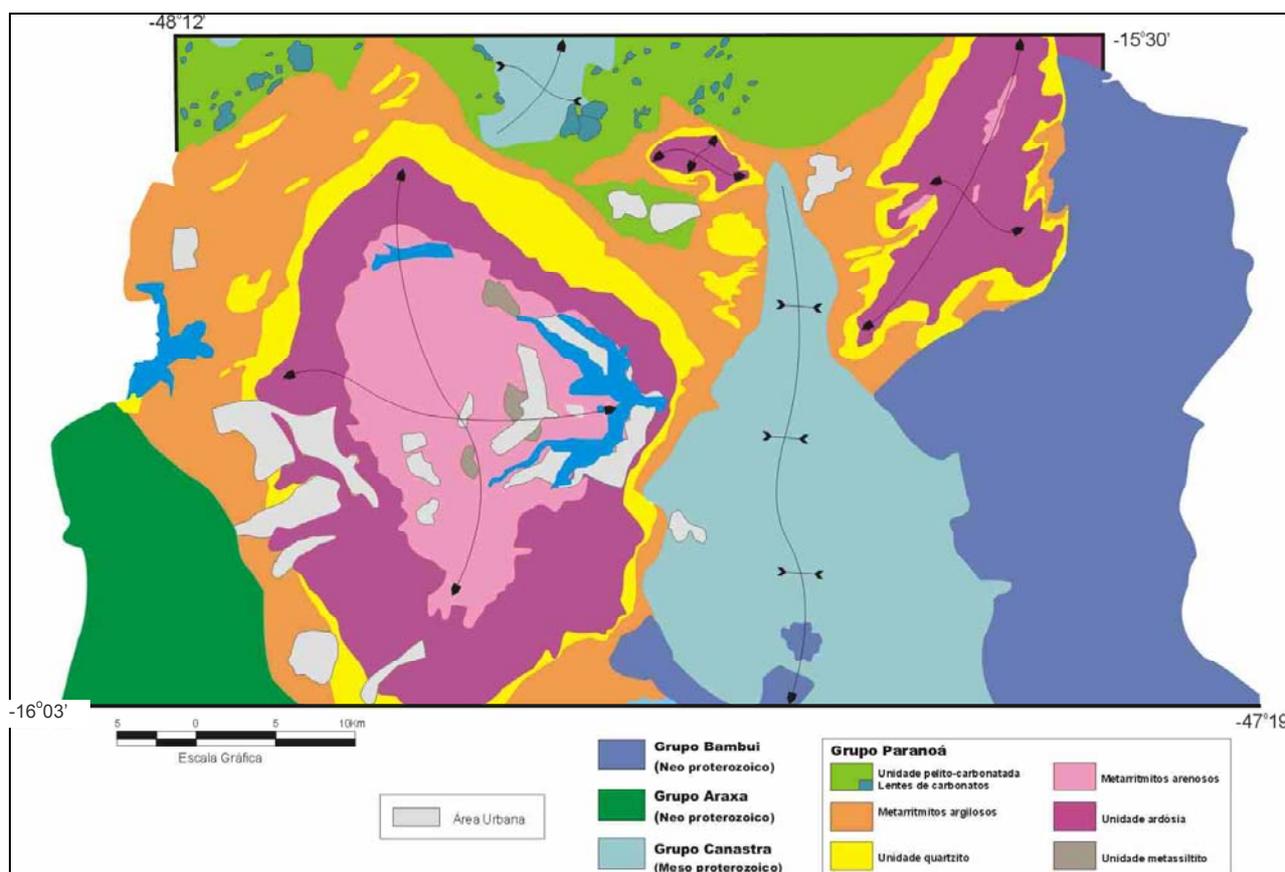


Figura 1. Mapa geológico simplificado do Distrito Federal.

Segundo estimativas de Coimbra (1987) e Souza (2001), a recarga dos aquíferos do domínio poroso é da ordem de 5 a 15% do excedente hídrico da precipitação pluviométrica que infiltra nos solos. Souza (2001) considera ainda que apenas 10% desse volume que recarrega o domínio poroso é transmitido para o domínio fraturado, recarregando os aquíferos fissurais. Cadamuro (2002), por meio da realização de balanços hidrogeológicos em área de chapada elevada, típica região de recarga regional de aquíferos do Distrito Federal, calculou valores entre 14 e 25% do volume total precipitado em um ano hidrológico, para recarga no domínio poroso e valores entre 0 e 17% para a recarga no domínio fraturado. Conforme Cadamuro (2002), é necessário que ocorra uma recarga mínima de 15% do volume total precipitado no ano hidrológico para que seja possível a ocorrência da recarga natural no domínio fraturado.

3 – Aspectos Legais

Com relação aos aspectos legais no âmbito federal, destaca-se o trabalho de Rebouças (2002), que traz uma análise crítica da evolução da legislação nacional relativa às águas subterrâneas. Neste trabalho, o autor cita que, apesar do inegável avanço proporcionado pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) e por mais que se fale de gestão integrada, a prática coloca em destaque as águas superficiais, em detrimento das águas subterrâneas. O autor cita ainda a criação

da Agência Nacional de Águas – ANA, pela Lei Federal nº 9.984/00, e da gestão dos recursos hídricos a ser executada por agências de bacias hidrográficas, um conceito oriundo do ambiente das águas superficiais.

Por sua vez, estabelece o art. 4º da lei de criação da ANA que: “A atuação da ANA obedecerá aos fundamentos, objetivos e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. Desta forma, embora a água subterrânea seja do domínio das Unidades da Federação, o seu uso e proteção são regulados pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, cuja Resolução nº 15/01 criou a Comissão Permanente de Água Subterrânea. No caso de aquíferos que se estendam por mais de um estado, é necessário então uma articulação entre estes estados para a sua gestão.

Por fim, e diretamente ligado à proposta do presente trabalho, o autor cita o quase total desconhecimento dos aspectos relacionados da água subterrânea como componente do ciclo hidrológico, tais como as suas condições de ocorrência, os sistemas de fluxos, as diferentes funções que poderiam ser desempenhadas pelos aquíferos na abordagem do gerenciamento integrado, os volumes efetivamente extraídos pelos poços, as condições atuais de uso e conservação do manancial de água subterrânea.

No âmbito do Distrito Federal, destacam-se a seguir as principais leis relativas às águas subterrâneas. A Lei Distrital nº 41, de 13 de setembro de 1989, dispõe sobre a Política Ambiental do Distrito Federal. Em seu artigo 24º, diz que a Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia manterá público o registro permanente de informações sobre a qualidade da água dos sistemas de abastecimento.

A Lei nº 2.725, de 13 de junho de 2001, institui a Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Possui redação bastante semelhante à da Lei nº 9.433/97, no caso aplicada ao âmbito do Distrito Federal. Dentro dela foram criados o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Distrito Federal. Em seu artigo 22, consta que “O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Distrito Federal abrange atividades de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação de dados e difusão de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão.”

Dentre os objetivos do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos destacam-se: “I – reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Distrito Federal; II – atualizar permanentemente, por meio de relatório anual, as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos no território do Distrito Federal e; III – fornecer subsídios para elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.”

O Plano de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos do Distrito Federal e Entorno – PGIRH - é um instrumento de planejamento distrital, que se enquadra no nível estadual dos Planos de Recursos Hídricos previstos na Lei das Águas, pactuado entre o Poder Público, os usuários e a sociedade civil, onde se define como conservar, recuperar e utilizar os recursos hídricos da bacia hidrográfica. Dentro deste conceito, optou-se por uma área total de estudo de total de 67.288 km² (o Distrito Federal possui 5.789 km²), que abrange a totalidade das bacias nas quais o Distrito Federal se insere. As atividades do PGIRH no campo das águas subterrâneas consistem do cadastramento dos poços tubulares profundos, para a formação de um banco de dados, e caracterização regional dos aquíferos existentes em termos de disponibilidade hídrica e qualidade da água.

Dentro do previsto na Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal, o Decreto nº 22.358, de 31 de agosto de 2001, dispõe sobre a regulamentação da Outorga de Direito de Uso de Água Subterrânea no Distrito Federal. Em seu artigo 23º é dito que: “Os usuários deverão efetuar anotações mensais de dados sobre o uso da água, conforme instruções e formulários padronizados pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.”

A partir de 2004, todo o processo de outorga de direito de uso foi transferido para a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal - ADASA. Criada pela Lei nº 3.365, de 16 de junho de 2004, a ADASA assumiu a competência de outorgar o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal, ou delegados pela União ou Estados, bem como declarar a reserva de disponibilidade hídrica nos processos de uso do potencial de energia hidráulica do setor elétrico.

4 – Os Sistemas de Abastecimento

O abastecimento de água potável do Distrito Federal pela CAESB faz-se através de cinco sistemas principais, conforme mostrado na Tabela 2. Os sistemas integrados do Descoberto e do Torto /Santa Maria respondem por cerca de 85% da disponibilidade hídrica local. O sistema Sobradinho / Planaltina compõe-se de uma série de pequenas e médias captações, complementadas por poços tubulares profundos. O sistema Brazlândia compõe-se de duas pequenas captações dentro da bacia hidrográfica do Rio Descoberto, além de poços tubulares profundos que abastecem a comunidade do INCRA-8. O sistema de São Sebastião, dadas as condições geológicas favoráveis do local, tem como fontes exclusivas de abastecimento, as captações dos 20 poços tubulares profundos existentes na cidade homônima.

Tabela 2: Informações gerais sobre o sistema produtor de água da CAESB (SIAGUA, 2004)

Sistema	Sub Sistema / Manacial	Disponibilidade Hídrica (l/s)	Regiões Administrativas Abastecidas
Torto / Santa Maria (integrado)	Cabeça do Veado 1, 2, 3 e 4 Cahoeirinha Santa Maria Taquari 1 e 2 Torto	3.352	Brasília Paranoá Cruzeiro Lago Sul / MUDB Lago Norte / Vila Varjão
	Poços Itapuã, Paranoá e Novo Horizonte *	25	
Rio Descoberto (integrado)	Alagado Catetinho Baixo 1 e 2 Crispim Descoberto Olho D'Água Ponte de Terra 2	6.614	Taguatinga, Ceilândia Núcleo Bandeirante SMPW, Guará I e II Gama, Santa Maria Samambaia, Recanto das Emas Riacho Fundo I e II Candangolândia
Sobradinho / Planaltina	Brejinho Contagem / Paranoazinho Fumal Mestre D'Armas Pipiripau Quinze	1.007	Sobradinho I e II Planaltina Vale do Amanhecer
	Poços Sobradinho I e II, Mini-chácaras e Pólo de Cinema *	110	
	Poços Arapoanga	67	
Brazlândia	Capão da Onça Barrocão	176	Brazlândia
	Poços Incra-8	13	Incra-8
São Sebastião	Poços São Sebastião	291	São Sebastião
Condomínios	Poços Diversos *	154	Diversas
Papuda	Poços Papuda e CIR *	36	Papuda
TOTAL		11.808	
Total poços		695	

* vazões estimadas de acordo com Campos & Freitas-Silva (1998)

Santos & Cadamuro (2004) descrevem os sistemas de abastecimento da CAESB com captações de águas subterrâneas, os quais atendem a dois grupos distintos de clientela: as populações das áreas urbanas e as comunidades rurais isoladas. O abastecimento das comunidades urbanas variam de sistemas concebidos inteiramente a partir da captação de águas subterrâneas, como a cidade de São Sebastião e o núcleo urbano do INCRA-8, até sistemas mistos onde as captações de mananciais subterrâneos reforçam, ou são reforçadas, por sistemas de captações em mananciais superficiais, tais como as localidades de Sobradinho, Arapoanga e Itapuã. A partir de 2003, iniciou-se um processo de incorporação pela CAESB dos sistemas de abastecimento dos condomínios horizontais do Distrito Federal, a grande maioria abastecidos por poços tubulares profundos, com destaque para a incorporação dos Condomínios Arapoanga e dos condomínios circunvizinhos à cidade de Sobradinho e São Sebastião.

No recebimento destes sistemas, os poços passíveis de incorporação são cadastrados e adequados aos padrões de operação necessários. Até o 1º semestre de 2006, já haviam sido incorporados mais de 60 poços pela Companhia.

Como consequência a produção de águas subterrâneas para abastecimento público pela CAESB vem aumentando consideravelmente. A Figura 2 mostra a evolução da utilização de águas subterrâneas para abastecimento público de áreas urbanas pela CAESB. Nota-se um incremento expressivo a partir do ano de 2003, com a citada incorporação dos condomínios horizontais aos sistemas de abastecimento da Companhia. No ano de 2005, a produção atingiu um valor de 6.458 mil m³, ou uma média de 205 l/s.

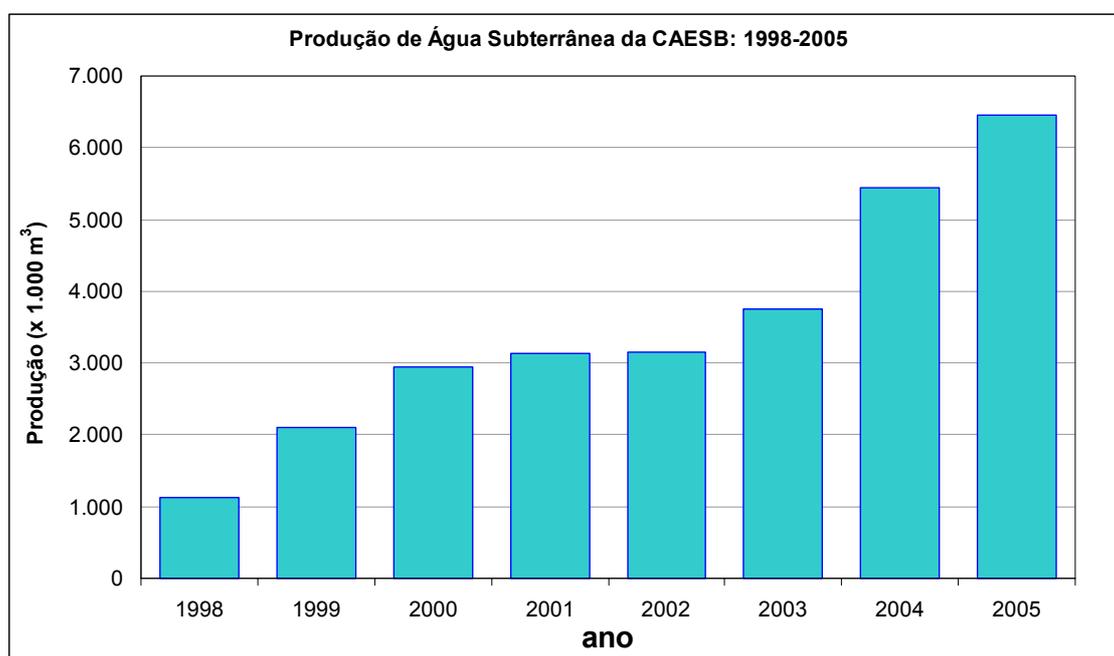


Figura 2: Produção de água subterrânea pela CAESB (1998-2005).

5 – O Monitoramento de Poços

O monitoramento das águas subterrâneas pode ser realizado sob duas abordagens distintas: o monitoramento quantitativo ou o monitoramento qualitativo. O monitoramento quantitativo, baseado nas medidas do nível dos poços, revela a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos e sua evolução ao longo do tempo, permitindo também definir as direções dos fluxos subterrâneos e as possíveis trajetórias de um evento poluente. Já o monitoramento qualitativo permite, a partir da caracterização das condições originais de um aquífero, determinar rapidamente a ocorrência de um evento poluente e sua propagação nos aquíferos, além de embasar a elaboração de modelos de fluxo subterrâneo.

Di Molfetta (2005) cita que, além das duas formas de abordagem citadas, o parâmetro mais importante a ser considerado em um plano de monitoramento é o fator escala, o qual identifica as dimensões da área a ser controlada e seus objetivos. Enquanto um monitoramento em larga escala permite um controle geral da situação, principalmente qualitativa, dos recursos hídricos, o monitoramento em escala de detalhe permite a individualização de eventos poluentes e funciona como base para a modelagem do comportamento de aquíferos e suas respostas frente a um determinado regime de exploração. Acrescenta-se aqui que, no caso brasileiro, os programas de monitoramento em larga escala podem ser viabilizados mais facilmente pelos órgãos públicos de controle ambiental, dado à maior abrangência de suas áreas de atuação. Já no caso dos programas de monitoramento em escala de detalhe, existe uma melhor possibilidade de realização por empresas de saneamento, mineração ou indústrias, considerando que estes tipos de empresa possuem interesses mais específicos.

Zoby & Oliveira (2005) estimam a existência de mais de 400.000 poços para a exploração de águas subterrâneas no Brasil. Ao contrário das águas superficiais, onde existe uma razoável rede para a aquisição de dados quantitativos e qualitativos, as águas subterrâneas ainda carecem de uma rede de monitoramento eficiente que possa atuar como instrumento de subsídio à sua gestão. Considerando a dominialidade das águas subterrâneas pelos estados e o elevado número de poços no país, é sensato afirmar que a execução do monitoramento das águas subterrâneas deve ser feito no âmbito dos estados, ou de seus componentes. Neste âmbito, os autores citam a existência de algumas redes de monitoramento nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Norte e Pernambuco, cujos aspectos gerais são descritos a seguir.

No caso do estado de São Paulo, o monitoramento vem sendo realizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, tendo se iniciado no ano de 1990. O monitoramento é qualitativo, abrange todo o estado e possui uma frequência de amostragem trimestral em 162 pontos selecionados para a coleta.

Ao todo são analisados 40 parâmetros utilizados para a caracterização da hidrogeoquímica natural das águas subterrâneas, bem como indicadores de efeitos antrópicos, visando fornecer ao Sistema de Meio Ambiente, subsídios para a avaliação da qualidade de águas subterrâneas e para as ações de controle da poluição (CETESB, 2004). A seleção de parâmetros considerou a necessidade de estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade para as águas subterrâneas, a experiência da CETESB em caso de áreas contaminadas e os parâmetros constantes nas listagens da Portaria no 1469/00 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade. Assim, a partir da campanha de amostragem de setembro de 2002, iniciou-se a determinação também de cobre, níquel, selênio, zinco, cobalto, vanádio, cianeto e boro. Para a Região Metropolitana de São Paulo, estão sendo determinados também: cianeto, 1,2 dicloroetano, tetracloroetileno, cloreto de vinila,

clorofórmio e benzeno, tendo em vista o histórico de industrialização regional. A partir destes trabalhos, foi possível identificar algumas regiões do aquífero Bauru com ocorrência de teores elevados de nitrato e cromo, além de algumas áreas com teores de fluoreto, bário, ferro, manganês e chumbo com valores anômalos, demandando então investigações de suas origens.

A rede de monitoramento sistemático das águas subterrâneas no estado de Minas Gerais se iniciou no ano de 2005 em três bacias hidrográficas (acredita-se aqui que seus limites sejam coincidentes com o dos aquíferos). O objetivo é o monitoramento qualitativo e do rebaixamento de níveis d'água em algumas regiões.

No estado do Rio Grande do Norte, foi implantada pela Secretaria de Recursos Hídricos local uma rede de monitoramento na cidade de Baraúna, com periodicidade semestral (Castro *et al.*, 2004). A partir dos dados obtidos, o órgão gestor vem procurando compreender o comportamento sazonal dos níveis das águas do aquífero local, diante dos regimes pluviométrico anual e de exploração do aquífero, a fim de definir medidas para atenuação dos impactos decorrentes da superexploração do aquífero.

Na Região Metropolitana do Recife foi instalada uma rede telemétrica de monitoramento que analisa a condutividade elétrica das águas (Costa & Costa Filho, 2004), com objetivo de detectar eventuais avanços da intrusão salina nos aquíferos costeiros. Lima *et al.* (2006) descrevem também a existência de uma rede de monitoramento gerenciada pelo Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM – em 27 áreas utilizadas para a produção de água mineral na região metropolitana de Recife. Destacam-se neste monitoramento as medições dos volumes explorados, dos níveis estáticos e dos teores de nitrato, além do monitoramento de alguns parâmetros microbiológicos.

Zoby & Oliveira (2005) citam as principais fontes de risco para os recursos hídricos subterrâneos: deficiência técnica construtiva dos poços; crescimento desordenado do número de poços (superexploração); impermeabilização das áreas de recarga dos aquíferos e; contaminação de aquíferos. Muitas delas são solucionáveis com uma boa campanha de monitoramento.

A construção de obras de captação sem critérios técnicos pode resultar em contaminações dos aquíferos. As normas brasileiras da ABNT NBR-12.212/1992 e NBR 12.244/1990 (ambas atualmente em revisão) e a Resolução nº 15 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH estabelecem critérios para projetos e construções de poços tubulares profundos, assim como estabelece procedimentos em relação à desativação e ao abandono de poços.

Já o fenômeno da super-exploração de aquíferos, resultante da proliferação indiscriminada de poços, além de exaurir os aquíferos, possibilita a intrusão de cunha salina, conforme já verificado nos aquíferos costeiros do estado do Rio de Janeiro. Para estes casos, o monitoramento de poços fornece informações vitais para a determinação de vazões de exploração seguras para o aquífero.

Outro problema detectado pelos autores é a impermeabilização do solo provocada pela ocupação urbana com a conseqüente diminuição da infiltração de água e aumento do escoamento superficial, não permitindo desta forma renovação eficiente dos aquíferos. Neste sentido, os Planos Diretores de Ordenamento Territorial podem desempenhar um importante papel ao definir critérios de ocupação de áreas que garantam uma infiltração mínima, necessária para a recarga dos aquíferos.

Por fim, Zoby & Oliveira (2005) citam os riscos de contaminação dos aquíferos provenientes de sistemas de esgotamento sanitários inadequados e da disposição incorreta de resíduos sólidos, além contaminações industriais, de postos de combustíveis, de defensivos e subprodutos de atividades agrícolas e de mineração. Nestes casos, o monitoramento é essencial para a gestão eficiente dos aquíferos.

6 – O Plano de Monitoramento da CAESB

Conforme já mostrado nos itens anteriores, a CAESB já realiza o monitoramento das vazões produzidas em seus poços tubulares profundos, desde o momento de suas respectivas instalações. Porém ainda não se sabe da resposta dos aquíferos frente ao regime de exploração vigente. Rebaixamentos significativos dos níveis estáticos, independentes da oscilação sazonal, podem indicar processos de super-exploração dos aquíferos, ao passo que mudanças nos níveis dinâmicos dos poços podem indicar mudanças nas características hidráulicas dos poços que impliquem na realização de trabalhos de manutenção dos poços.

A análise qualitativa dos poços também vem sendo realizada periodicamente, em cumprimento das legislações relativas aos padrões físico-químicos e biológicos de potabilidade destas águas. Porém, é necessário que os dados gerados passem por uma interpretação no tocante sua evolução temporal, para que se possa perceber eventuais desvios em relação ao background de cada área, revelando eventuais processos incipientes de contaminação ou antecipando a necessidade de manutenção nos poços. Destaca-se ainda que cada uma das atividades relativas aos poços tubulares profundos da Companhia, a saber: projeto, operação, manutenção, análises laboratoriais, além do licenciamento ambiental são realizadas cada uma delas por áreas distintas da Companhia, caso freqüente em companhias de saneamento, o que demandou a criação de um setor de águas subterrâneas para a síntese das informações produzidas, com a formação de um banco de dados para o monitoramento e gestão das águas subterrâneas.

Neste sentido, o passo inicial é a reunião de todas as informações em um banco de dados georeferenciado, compatível com o sistema já existente na Companhia, com uma estrutura de alimentação e atualização de dados que atue de maneira simples, de forma a facilitar sua viabilização.

No caso do monitoramento qualitativo, a coleta de dados já vem sendo realizada pela Companhia. No sistema de abastecimento de São Sebastião, pôde-se classificar as águas como bicarbonatadas cálcicas (Joko, 2002) Nos ânions dominam os bicarbonatos, seguidos pelos carbonatos. Apresentam proporções muito baixas de cloreto e sulfatos (menor que 10%). Nos cátions, o cálcio é predominante (70% da concentração) seguido pelo magnésio (14%). As análises dos teores de nitrato, sulfato, fosfato e cloretos não mostraram indícios de contaminação do aquífero. A variação sazonal climática afeta principalmente a concentração das amostras e não as suas proporções relativas. A proporção entre os elementos se mantém, com razoável uniformidade, tanto entre os poços em um mesmo período, como entre os poços em períodos distintos. A concentração é levemente menor na época chuvosa. A Figura 3 revela alguns destes resultados.

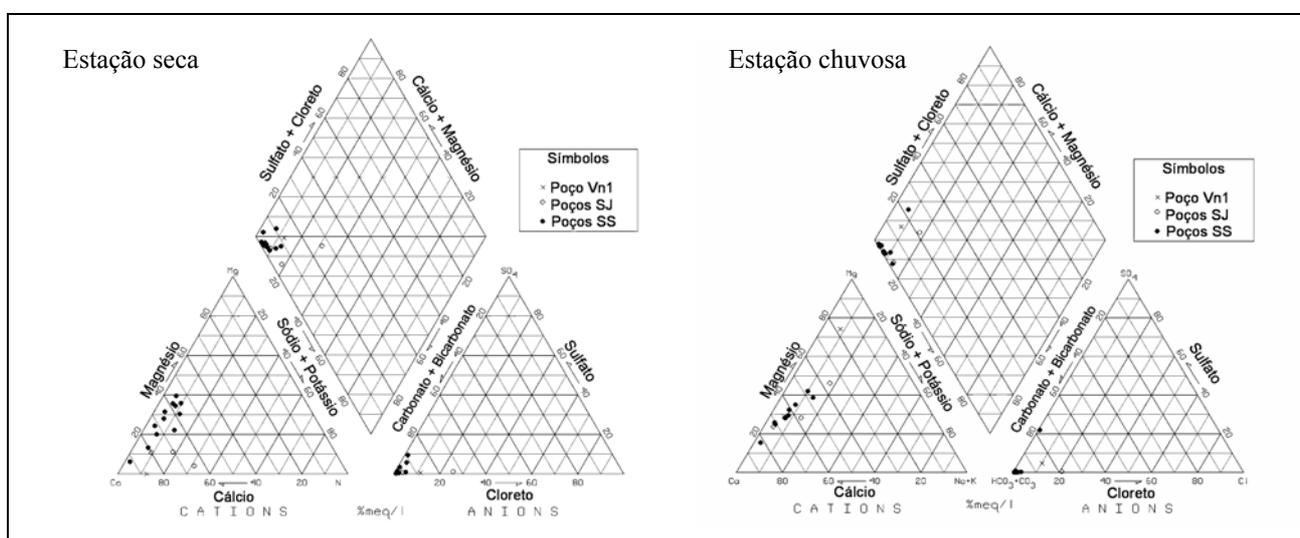


Figura 3 – Classificação das águas subterrâneas de São Sebastião pelos diagramas de Piper. (poços VN e SJ: setor leste de São Sebastião; poços SS: setor oeste)

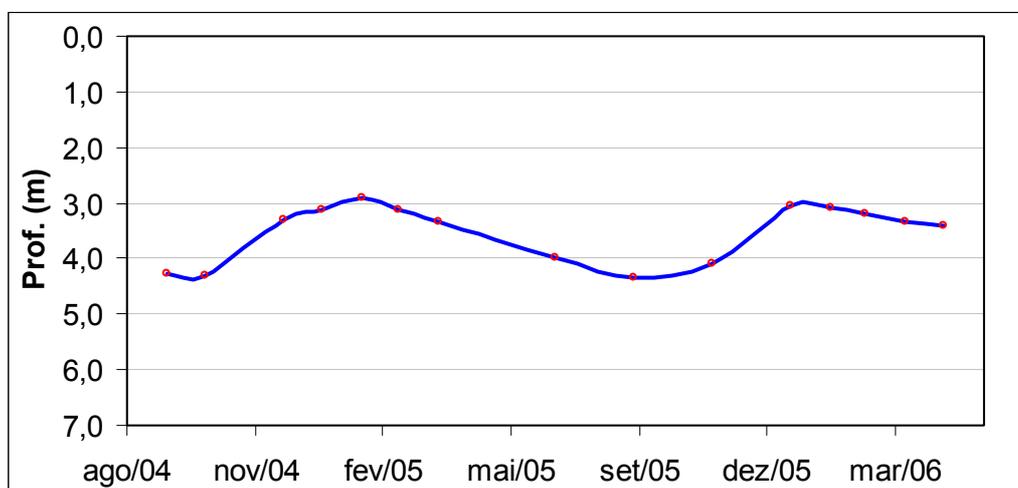
Os parâmetros inicialmente monitorados são: pH, cor, turbidez, sólidos em suspensão, condutividade, dureza, alcalinidade, CO₂ livre, ferro total, alumínio, flúor, cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, nitrogênio total, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, sulfeto, coliformes totais e coliformes termo-tolerantes.

Considerando que a medição das vazões produzidas e as análises físico-químicas e biológicas já são realizadas periodicamente, outro item importante a ser abordado é a medição sistemática dos níveis dos poços. Para a medição dos níveis dos poços, são propostas três diferentes formas de medição, de acordo com o sistema de abastecimento a ser monitorado: medição dos níveis dos poços em operação através de medidores fixos; medição dos níveis dos poços em operação através de medidores móveis e; medição do nível estático de poços fora de operação.

No caso da cidade de São Sebastião, totalmente abastecida por águas subterrâneas, projetou-se a automação de todo o sistema, com a instalação de medidores de nível fixos em cada um dos poços, com leituras de nível transmitidas a uma CLP, instalada junto ao quadro de comando elétrico de cada poço e posterior transmissão por via rádio até o operador do sistema, o qual pode alterar os intervalos de medição, de acordo com a conveniência.

Na implementação do sistema, as medições serão inicialmente executadas de forma contínua, sendo possível a medição do nível dinâmico dos poços em regime de operação, assim como dos níveis iniciais (ou dos níveis estáticos) na fase de repouso dos poços. Eventuais variações nos níveis, quando analisadas de forma integrada no sistema de abastecimento, permitirão a detecção de eventuais interferências entre os poços. A partir daí pode-se definir padrões aceitáveis para estas interferências, que possibilitem maior eficiência operacional do sistema. Importante também é o acompanhamento dos níveis iniciais ao longo dos anos. O estabelecimento de uma série histórica de dados permitirá a verificação do comportamento do aquífero frente ao volume de produção adotado, mostrando de forma mais ampla o comportamento do aquífero explorado e suas variações locais.

Existe ainda um poço desativado na cidade no qual estão sendo realizadas, desde setembro de 2004, medições mensais do nível estático, através de medidor elétrico simples. A Figura 4 mostra os resultados destas medições. Para a série de dados já obtida, pode-se verificar que ocorre uma oscilação sazonal do nível do aquífero, com ciclos de recarga e descarga. Medições isoladas realizadas em 1997 e 1998 indicavam um nível estático em torno de 2 metros de profundidade. Considerando que os valores atuais oscilam entre 3 e 4 metros de profundidade ao longo do ano pode-se inferir pela ocorrência de um rebaixamento do aquífero ao longo destes anos (o sistema iniciou sua operação em 1997). O prosseguimento das medições poderá indicar de maneira mais clara se o aquífero se estabilizará neste intervalo de profundidades ou se prosseguirá a sua tendência de rebaixamento.



No caso dos sistemas de Sobradinho, INCRA-8, Arapoanga, Itapuã e condomínios, pretende-se monitorar os níveis através da instalação de medidores com capacidade interna de armazenamento de dados (*levelloggers*), associada à medição dos níveis estáticos de poços que não estiverem sendo utilizados para abastecimento público.

Os *levelloggers* são medidores pré-programados, geralmente a partir de um computador, de onde se especificam o período e o intervalo entre as coletas de dados. É importante também que estes aparelhos sejam introduzidos no poço através de um cano-guia, instalado no poço paralelamente ao tubo edutor de água, a fim de facilitar o processo de colocação e retirada. Os valores medidos são armazenados no próprio medidor e posteriormente transferidos para um computador. Os dados poderão ser visualizados imediatamente em formato gráfico ou tabular e exportados para planilhas ou bases de dados. Inicialmente a medição será realizada por períodos de um dia em cada poço, repetindo-se a instalação e coleta de dados a cada três meses.

Prevê-se também, ao final de um ano, uma reavaliação das condições de monitoramento relativas a periodicidade das aquisições de dados e uma reavaliação dos parâmetros físico-químicos e biológicos escolhidos para o monitoramento, além de outros elementos que se fizerem necessários. Inicialmente, os dados serão agrupados em tabelas e gráficos. Deste modo, pode-se verificar de forma rápida as tendências de comportamento dos aquíferos. A partir das interpretações dos dados obtidos, pode-se definir por um refinamento da interpretação dos dados sob a forma de superfícies potenciométricas ou superfícies de isotores de algum parâmetro físico-químico ou biológico de interesse. Também não se descarta a elaboração de estudos para modelagem do fluxo subterrâneo, apesar de serem conhecidas as dificuldades de sua aplicação em estudo de escala de detalhe para aquíferos fraturados, caso do Distrito Federal.

De qualquer forma, considera-se como mais importante nesta fase inicial de monitoramento a sistematização de um banco de dados, obtido a partir de amostragens confiáveis, que possa dar início a uma série histórica de dados sobre os aquíferos explorados pela Companhia, em especial no tocante à medição dos níveis dos poços.

7 – Comentários Finais

Costa & Costa Filho (2004), citando o caso da Região Metropolitana de Recife - RMR, estabelecem alguns procedimentos básicos para uma correta e eficiente gestão dos aquíferos:

- existência de uma legislação específica para o controle dos aquíferos;
- cadastramento dos poços da região;
- elaboração do Plano Local de Recursos Hídricos que estabeleça as diretrizes gerais para a gestão dos recursos hídricos;

- existência de estudos hidrogeológicos, que caracterizem as recargas naturais, a piezometria dos aquíferos, a qualidade das águas subterrâneas, as reservas permanentes e reguladoras, as potencialidades e disponibilidades, o balanço das entradas e saídas e, por fim, o zoneamento explorável dos aquíferos;

- processos de licenciamento ambiental e da emissão da outorga que possuam como instrumentos da gestão os estudos hidrogeológicos, o Plano Estadual de Recursos Hídricos e a legislação específica de águas subterrâneas;

- por fim, o estágio mais avançado da gestão veio com o monitoramento telemétrico dos aquíferos, no caso da RMR, a partir da colocação de sensores de condutividade elétrica e de pressão para medição da profundidade dos níveis d'água.

Segundo os autores citados, o processo eficiente de gestão de aquíferos deve-se basear no seguinte tripé: uma legislação específica bem elaborada; uma estrutura administrativa integrada e; a existência de estudos hídricos confiáveis.

No caso dos aquíferos explorados pela CAESB, devem ser aprimorados os estudos hidrogeológicos em escala de detalhe, a fim de que estes forneçam de forma confiável a definição de reservas hídricas subterrâneas exploráveis. Dada esta consideração, é prudente que no momento atual se defina um processo de gestão “segura” dos aquíferos explorados, até que se identifiquem com maior precisão os volumes de suas reservas, baseando-se nos instrumentos fundamentais da gestão enumerados por Costa & Costa Filho (2004).

A gestão “segura” proposta consiste, num primeiro momento em manter-se, na medida do possível, o níveis de produção dos sistemas isolados, buscando-se para isto otimizar os recursos disponíveis, através de campanhas de diminuição das perdas no sistema e de racionalização do uso pelos consumidores. Nos sistemas mistos, uma medida “segura” consiste em priorizar a utilização de águas provenientes de captações superficiais nos períodos chuvosos, de modo a se permitir a renovação dos aquíferos neste período.

Paralelamente a isto, prossegue o monitoramento dos níveis dos poços operados pela Companhia. A análise de uma série histórica de dados de monitoramento possibilitará a definição mais segura das vazões exploráveis em cada sistema de abastecimento, fornecendo dados confiáveis para a negociação destas vazões junto aos órgãos reguladores. Uma vez equalizados os conhecimentos da dinâmica das águas superficiais e das águas subterrâneas, abre-se caminho para a realização de uma gestão integrada dos recursos hídricos.

8 – Referências Bibliográficas

- CADAMURO, A.L.M. 2002. Proposta, Avaliação e Aplicabilidade de Técnicas de Recarga Artificial em Aquíferos Fraturados Para Condomínios Residenciais do Distrito Federal, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências - IG, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, DF, 126 p.
- CAMPOS J. E. G. & FREITAS-SILVA, F. H. 1998. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, vol. IV, 1998. Brasília, IEMA/SEMATEC/UnB, 85 p.
- CASTRO, V.L.L.; OLIVEIRA, W.D.; LIZÁRRAGA, G.; CARLOS, M.F.; DINIZ FILHO, J.B. & MELO, J.G. 2004. Ações e procedimentos de gestão adotados no aquífero Jandaíra – região de Baraúna/RN. XIII Cong. Bras. de Águas Subterrâneas, Cuiabá, 2004. 15p., ABAS, CD-ROM.
- COIMBRA, A.R.S.R. 1987. Balanço hídrico preliminar do Distrito Federal. In: Inventário Hidrogeológico do Distrito Federal. (GDF/CAESB) Brasília DF. P. 50-78.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). 2004. Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo – 2001 – 2003. CETESB, 106 p. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/agua_geral.asp. Acesso em: 24 de outubro 2005.
- COSTA, W.D. & COSTA FILHO, W.D. 2004. A gestão dos aquíferos costeiros de Pernambuco. XIII Cong. Bras. de Águas Subterrâneas, Cuiabá, 2004. 13p., ABAS, CD-ROM.
- DI MOLFETTA. 2005. Monitoramento de águas subterrâneas. Seminário: Monitoramento das águas superficiais e proteção das águas subterrâneas. Brasília, 2005. 18 p. Cooperação Técnica Brasil-Itália em Saneamento Ambiental.
- JOKO, C.T. (2002). Hidrogeologia de São Sebastião – DF. Implicações para a Gestão do Sistema de Abastecimento de Água. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências - IG, Universidade de Brasília - UnB. Brasília, DF, 159 p.
- LIMA, A.A., VIEIRA FILHO, J.A., DANTAS, J.R.A. & TAVARES, M.A.H. 2006. Monitoramento dos aquíferos Barreiras e Beberibe em parte da região metropolitana de Recife.. I Simp. Latino-Americano de Monitoramento de Águas Subterrâneas, Belo Horizonte, 20p., ABAS-MG. CD-ROM.
- REBOUÇAS, A.C. 2002. A Política Nacional de Recursos Hídricos e as águas subterrâneas. Revista Águas Subterrâneas. n. 16, p. 83-95, Maio 2002
- SANTOS, R.M.M. & CADAMURO, A.L.M. 2004. Sistemas de abastecimento da CAESB-DF com captações por poços tubulares profundos. III Simp. de Recursos Hídricos do Centro-Oeste, Goiânia, 17 p., ABRH, 2004. CD-ROM
- SIÁGUA. 2004. Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal, Relatório da Diretoria de Produção e Comercialização (DP) da CAESB. Brasília, CAESB, 120 p.,
- SOUZA, M. T. 2001. Fundamentos para Gestão dos Recursos Hídricos do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências – IG, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, DF, 94 p.

ZOBY, J.L.G & OLIVEIRA, F.R. 2005. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Agência Nacional de Águas, ANA, 80 p. Disponível em: http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentacao.htm. Acesso em: 24 de outubro 2005.