

ALTERNATIVAS DE FONTES HÍDRICAS E A UTILIZAÇÃO DE CISTERNAS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DE MINAS GERAIS

Alberto Simon Schwartzman¹ & Luiz Rafael Palmier²

RESUMO --- A região semi-árida mineira está incluída nas políticas públicas nacionais que tratam da região semi-árida brasileira, embora apresente características diferenciadas do semi-árido nordestino. São observadas diversas possibilidades de aproveitamento dos recursos hídricos existentes nos mananciais naturais, incluídos os estoques de água existentes nos reservatórios construídos e planejados nas bacias hidrográficas da região semi-árida mineira. Experiências recentes de implantação de sistemas convencionais de abastecimento de água nas bacias dos rios Pardo e Jequitinhonha e de sistemas alternativos de captação de água de chuva em diversos municípios da região semi-árida mineira apontam para a necessidade de estudos mais específicos para cada localidade. Neste trabalho são realizadas simulações que demonstram as possibilidades de um melhor dimensionamento das cisternas e o controle por parte dos usuários de suas demandas diárias de água, de forma a tornar essa técnica de suprimento de água uma alternativa segura. As políticas públicas a serem adotadas nessa região poderão ser estendidas às demais regiões do estado de Minas Gerais e deverão ser coadunadas com as políticas de recursos hídricos, de saneamento básico e de irrigação.

ABSTRACT --- The semi-arid region of the State of Minas Gerais, located in the southeast of Brazil, is involved by the national policies for semi-arid regions, showing, however, different aspects from northeastern semi-arid region of the country. There are many possibilities to take advantage of natural water resources and of stored water in the several reservoirs that were built and were planned in the river basins at the semi-arid region of the State of Minas Gerais. Recent experiences of conventional water supplies systems in the Pardo and Jequitinhonha basins, as well as rainwater catchments systems that have been constructed in many municipal districts point to the importance of more specific studies for each sub-region. In this paper some simulations show that a better scheme of the cisterns and the better control of its use could make out of these, a useful and secure alternative of water supply. The public policies, which are demanded in that region, could be extended to another regions of the State, and must be linked to water resources, sanitation and irrigation policies.

Palavras-chave: gestão, recursos hídricos, semi-árido mineiro.

1) Doutorando do Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Contorno 842- 8º andar; CEP 30110-060 - Belo Horizonte, MG; e-mail: schwartzman@zipmail.com.br

2) Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da EEUFMG, Av. do Contorno, 842 - 8º andar, 30110-060 - Belo Horizonte, MG, Tel.: (31) 3238-1003, e-mail: palmier@ehr.ufmg.br

1 - INTRODUÇÃO

A região semi-árida mineira incluída nas políticas públicas nacionais que tratam da região semi-árida brasileira engloba sub-regiões heterogêneas em termos dos seus processos de ocupação e formação socioeconômica. Essa heterogeneidade tem contribuído para a reprodução de acentuadas desigualdades sociais, que fazem com que diversos municípios da região tenham os piores indicadores de desenvolvimento social do país.

Essa região mineira apresenta, em diversas áreas, problemas de disponibilidade de recursos naturais, notadamente de recursos hídricos, cujos usos têm apresentado conflitos, especialmente entre a irrigação e o abastecimento público. A gestão dos recursos naturais tem se mostrado historicamente vulnerável, devido ao emprego de tecnologias ou formas de utilização ambientalmente predatórias na agricultura e na mineração desde o início de sua ocupação, agravando, desta forma, os problemas de escassez hídrica.

As políticas públicas orientadas pela execução de projetos isolados não têm conseguido evitar o quadro de exclusão dessas populações de um processo de desenvolvimento crescente, face à pulverização de recursos e à superposição de ações.

As ações a serem propostas para a gestão de recursos hídricos na região semi-árida brasileira devem ser seguras e permanentes, de modo que a falta de suprimento de água não constitua motivo para a continuidade da pobreza, fome e miséria. É importante, entretanto, que as ações sejam baseadas em estudos e levantamentos que demonstrem as alternativas adequadas para cada região.

Assim, considerando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, o órgão gestor de recursos hídricos, juntamente com os comitês de bacias hidrográficas, deverá implementar políticas públicas que visem à ampliação da oferta e à melhoria da qualidade das águas, assim como promover ações destinadas a prevenir ou minimizar efeitos de secas e inundações.

A recente iniciativa da implantação de cisternas para captação de águas de chuvas é traduzida especialmente pelo Programa P1MC, ação de organizações não governamentais apoiada pelo governo federal, cuja idéia seria implantar 1 milhão de cisternas em 5 anos. Essa ação tem sido proposta como solução para suprimento de água para populações dispersas no meio rural semi-árido brasileiro. O programa foi iniciado no ano de 2000, estando construídas, aproximadamente 200.000 cisternas, das quais 6.500 se encontram no semi-árido mineiro. O Tribunal de Contas da União (Brasil, 2006), em recente avaliação, propôs um conjunto de recomendações aos gestores, com o propósito de melhorar o desempenho da ação. Além das medidas propostas para o aperfeiçoamento das rotinas de gerenciamento, verifica-se ainda a necessidade de se adequar a técnica às especificidades de cada sub-região e analisar a sustentabilidade da ação proposta.

Este trabalho apresenta as possibilidades do aproveitamento dos recursos hídricos existentes nas bacias hidrográficas das regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais, com a implantação de sistemas convencionais de abastecimento de água a partir de fontes seguras, e apresenta uma simulação das possibilidades de otimização das técnicas de captação de água de chuva.

2 – CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA MINEIRA

No Brasil, a maior incidência de secas ocorre na região nordeste do país, abrangendo ainda as regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais. Para o desenvolvimento das políticas públicas nas ações de combate à seca e mitigação de seus efeitos, houve a necessidade de se delimitar as áreas que deveriam receber incentivos especiais, e que fossem já identificadas à priori como áreas susceptíveis a sofrerem situações de calamidade.

A Portaria nº 89, do Ministério da Integração Nacional, editada em 16 de março de 2005, estabeleceu a nova delimitação do Semi-Árido Brasileiro e atualizou a relação dos municípios pertencentes à região Semi-Árida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE, aumentando, desta forma, o número de municípios da região de 1.031 para 1.133 (figura 1). Com a atualização da relação dos municípios, a área classificada oficialmente como o Semi-Árido Brasileiro aumentou de 892.309 km² para 969.589 km², um acréscimo de 8,66%. Com os novos critérios estabelecidos, Minas Gerais passou a ter 85 municípios incluídos na região semi-árida.



Figura.1 – Nova delimitação do semi-árido; Fonte: Brasil (2005)

A região mineira atendida pelos projetos da Agência de Desenvolvimento do Nordeste (ADENE), onde se inclui a região semi-árida, é composta por 165 municípios situados nas regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais, localizados nas bacias dos rios São Francisco, Pardo, Jequitinhonha e Mucuri, com área de 200.078 km² (34,11% da área do estado) e população de 2.595.750 habitantes, correspondente a 14,50% da população censitária do ano de 2000.

Verifica-se, entretanto, que a área atingida pelos impactos decorrentes da distribuição irregular de chuvas e a da ocorrência de secas tem englobado diversos municípios não relacionados dentre os 85 da delimitação oficial da região semi-árida mineira. Adicionalmente, há municípios além daqueles atendidos pela ADENE que necessitam de apoio governamental em épocas de estiagens prolongadas.

No estado de Minas Gerais, a estiagem prolongada tornou-se um problema recorrente e vem se agravando significativamente nos últimos anos. Em 2003, de acordo com a Coordenação Estadual de Defesa Civil, 88% dos municípios mineiros situados nas regiões norte, nordeste e, ainda, em parte da região central do estado, conforme mostrado na figura 2, tiveram baixa precipitação e sofreram os efeitos da seca, sendo compelidos a decretar situação de emergência ou estado de calamidade pública (Minas Gerais, 2004).

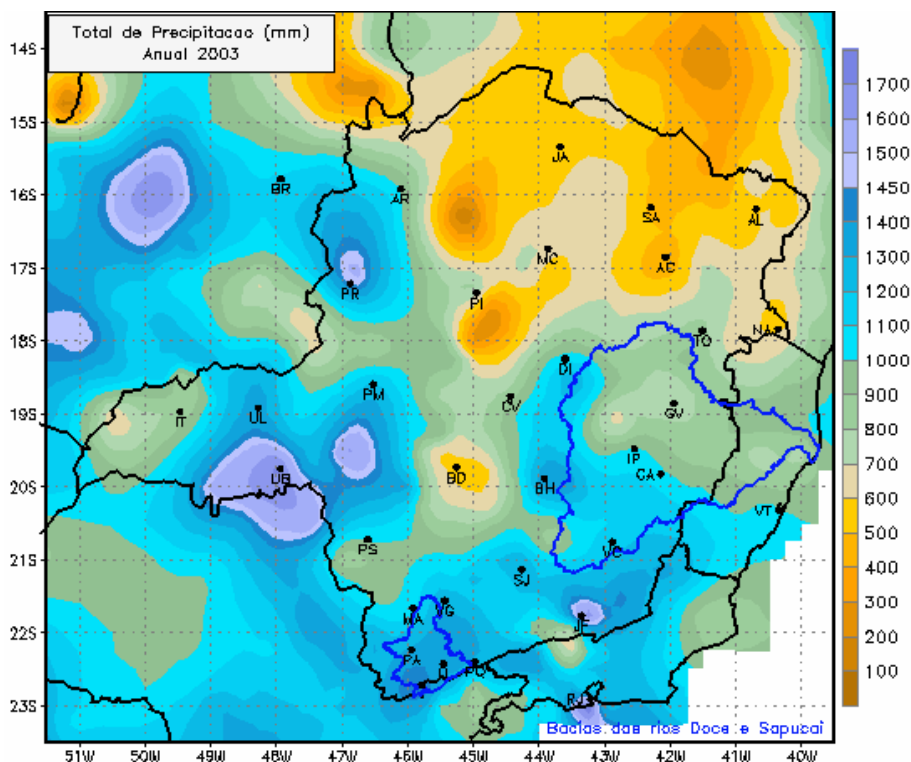


Figura 2 – Total de precipitação anual (mm), 2003
Fonte: IGAM (2007)

No quadro 1 mostra-se que 156 municípios decretaram situação de emergência ou estado de calamidade devido às perdas na agricultura e impactos decorrentes da estiagem, por períodos iguais

ou superiores a 4 anos, no período dos seis anos pesquisados. Após a decretação dessas situações de exceção, desde que reconhecidas pelo governo federal, esses municípios se credenciam a receber auxílios financeiros e ações previstas em programas de âmbito federal, para mitigação ou minimização dos impactos ocorridos.

Quadro 1 – Municípios mineiros afetados pela seca no período 1996 a 2003

Regiões	Nº de Municípios	Municípios afetados no período 1996 a 2003	Distribuição de municípios, segundo o nº de anos com decretos de emergência ou de calamidade pública.					
			6	5	4	3	2	1
Jequitinhonha	68	58	6	14	32	2		4
Norte de Minas	89	83	8	25	46	1	1	
Mucuri	27	26		6	16	3	1	
Outros		17		1	2		1	13
Total		184	14	46	96	6	3	17

Fonte: Minas Gerais (2004)

Além dos problemas devidos aos episódios de secas, de acordo com Santiago (1999), Moreno (2001) e Otoni (2002), o empobrecimento das regiões norte e nordeste do estado estão relacionados aos processos de ocupação e colonização. A colonização de Minas Gerais começou, efetivamente, no final do século XVII, com os paulistas e baianos, que penetraram os sertões pelos rios e matas a procura de índios para escravizar e, mais tarde, por meio de outras expedições em busca das riquezas minerais. Ao final do século XVIII, com a decadência do garimpo de ouro e da extração de diamantes, iniciou-se um processo de regressão e de empobrecimento da região, com a produção minerária predatória dos rios e de depósitos do tipo aluvião.

A abolição da escravatura e a proclamação da República culminaram na desestruturação final da economia, que não suportou a adoção de outras relações de trabalho que não a escrava, somada à falta de incentivos fornecidos pelo governo imperial, resultando na desagregação da sociedade local, com a involução dos núcleos urbanos, o isolamento dos povoados e o declínio da comunicação com o mundo exterior. Diante disto, foi criada uma estrutura agrícola que possibilitou a manutenção dessas regiões, ou seja, a agricultura de subsistência em pequenas propriedades rurais. A ocupação dessas terras deu-se, em sua maioria, por descendentes dos antigos escravos e comerciantes que se fixaram em terrenos agricultáveis à beira dos córregos e rios, formando grupos que tenderam a um isolamento crescente (PLANVALE, 1995).

Durante a primeira metade do século XX, foi sedimentada a estrutura fundiária atual, baseada nas lavouras de subsistência e caracterizada por um total isolamento econômico e cultural. Tal isolamento se encontra materializado na fraqueza dos intercâmbios comerciais e pelas precárias

condições de vida da esmagadora maioria da população. Algumas localidades das regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais compõem um dos crônicos “bolsões de pobreza” do país.

Os estudos realizados para elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales dos rios Jequitinhonha e Pardo (PLANVALE) indicaram que as causas dos inúmeros problemas que afetam as populações, tornando essas regiões das mais depauperadas do país, não estão somente relacionadas às disponibilidades hídricas. Observa-se que a predominância de uma agricultura de subsistência, de pecuária extensiva e de mineração meramente extrativista inviabilizou a geração de uma poupança interna suficiente para impulsionar os investimentos, resultando em uma área sem tradição industrial, pouco urbanizada, com mercado interno restrito, abrigando uma população, predominantemente, de baixo poder aquisitivo.

Valores do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em Minas Gerais (figura 3) mostram a defasagem existente nos municípios localizados nas bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha, Mucuri e São Francisco, ou seja, nas regiões norte e nordeste do estado (com exceção do município de Montes Claros), quanto à expectativa de vida e quanto aos demais componentes associados à renda e à educação de seus habitantes.

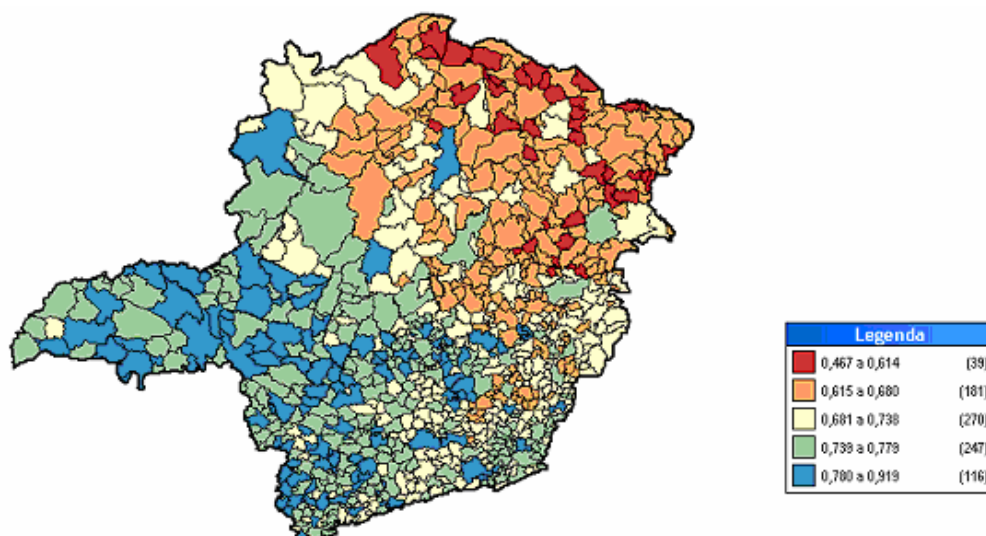


Figura 3 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, 2000
(Municípios do estado de Minas Gerais)

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, PNUD (2003)

Grande parte das sedes municipais possui sistemas de abastecimento de água operados pela companhia estadual de saneamento ou pelas próprias prefeituras. Porém, aliada aos diversos problemas que afetam as regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais, determinando, desta forma, os baixos índices de desenvolvimento humano, ocorre também a falta de atendimento com sistemas adequados de abastecimento de água às populações no meio rural ou localizadas em pequenos núcleos dispersos. Essa situação é particularmente importante na região, visto que, por

exemplo, em determinados municípios dos vales dos rios Pardo, Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus a população rural se situa acima da média nacional, chegando ao percentual de 50% da população total. Diversos programas têm sido propostos para o atendimento dessas populações, sem a devida análise de sua abrangência ou eficácia.

3 – RESERVATÓRIOS E AÇUDES EXISTENTES NO SEMI-ÁRIDO MINEIRO

A região semi-árida mineira possui importantes rios perenes, como os rios São Francisco, Pardo, Jequitinhonha e Araçuaí, diferentemente de alguns estados nordestinos, como, por exemplo, o Ceará, onde os rios são intermitentes e chegam a “cortar” nas estações secas.

No caso de bacias de rios cujas vazões mínimas são relativamente baixas, optou-se pela construção de reservatórios e açudes com o objetivo de ampliar a oferta de água, mantendo-se a ênfase proporcionada pelas políticas públicas para mitigar os efeitos das secas na região semi-árida brasileira. Tais estoques de água são mantidos sem que haja a necessária gestão das demandas de água, de tal forma que as populações, especialmente aquelas localizadas no meio rural, possam se beneficiar com sistemas seguros de abastecimento de água.

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) construiu diversos reservatórios de pequeno porte, suficientes para a manutenção de seus sistemas de abastecimento de água, em alguns municípios das regiões norte e nordeste do estado, com atendimento prioritário às sedes municipais ou distritos com maior contingente populacional.

Algumas barragens de médio e pequeno porte foram ou estão sendo construídas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). A CEMIG foi responsável pela construção de 7 barragens de perenização de cursos de água, destacando-se a Barragem de Machado Mineiro na bacia do rio Pardo, com volume de acumulação de 248 milhões de metros cúbicos de água, em Águas Vermelhas e São João do Paraíso. A CODEVASF é responsável pela construção de 33 barragens em 12 municípios, destacando-se a Barragem do Bico da Pedra, na bacia do rio Verde Grande, com volume de acumulação de 705 milhões de metros cúbicos de água, em Janaúba e Nova Porteirinha. Além de outras ações na região, o DNOCS planeja ainda a construção de diversos reservatórios, como o de Berizal, no rio Pardo, com capacidade para acumular um volume de 330 milhões de metros cúbicos, e o reservatório de Congonhas, nos municípios de Itacambira e Grão Mogol, destinados principalmente ao abastecimento humano e ao desenvolvimento de perímetros de irrigação.

A despeito da existência de volumes de água armazenados, tem-se uma visão setorial e desvinculada de um plano estratégico para a região. Algumas barragens construídas para usos

múltiplos de regularização de vazão, irrigação, dessedentação de animais e, ainda, geração de energia, encontram-se sub-aproveitadas em projetos ainda não integrados.

Adicionalmente, verifica-se ainda a existência de recursos hídricos subterrâneos, que poderiam integrar os projetos de suprimento de água, em diversas bacias hidrográficas. Estudos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas no estado de Minas Gerais realizados por Souza (1995) indicam diversos sistemas aquíferos, na região semi-árida, que apresentam rendimentos médios específicos suficientes para a implantação de sistemas seguros de abastecimento de água para consumo humano.

Finalmente, destaca-se que um melhor aproveitamento dos recursos hídricos existentes nas respectivas bacias hidrográficas permitirá um adequado e seguro atendimento à grande parte dos núcleos populacionais da região semi-árida mineira. Haverá ainda a possibilidade da construção de cisternas para acumulação das águas de chuvas, para atendimento às famílias isoladas que não possam ser atendidas pelos sistemas convencionais de abastecimento.

4 – ALGUMAS SOLUÇÕES DE PEQUENOS PROJETOS RECENTEMENTE ADOTADAS

Diversos estudos realizados nas bacias hidrográficas das regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais indicam as possibilidades de aproveitamento dos recursos hídricos existentes de forma a atender ao menos às necessidades de abastecimento humano, uma vez que sejam priorizados investimentos compatíveis com as demandas e realidades locais.

Um dos principais entraves à universalização dos serviços de abastecimento público de água, além das necessidades de investimentos financeiros, diz respeito à administração, operação e manutenção dos sistemas simplificados para atendimento das comunidades rurais. Na atual estrutura de concessão desses serviços, verificada a recuperação dos investimentos por meio de cobrança de tarifas, muitos sistemas considerados deficitários não são implantados, deixando à margem dos benefícios grande parte das populações situadas próximas a fontes hídricas viáveis e seguras.

Verifica-se, então, que serão necessários investimentos públicos não reembolsáveis na ampliação da oferta de água para atendimento das populações na região semi-árida mineira. Conforme já mencionado, a maioria dos municípios conta com sistemas de abastecimento de água em suas sedes municipais, existindo, porém, um grande contingente populacional nos distritos, povoados e localidades que não são atendidos por sistemas seguros de suprimento de água.

Alguns projetos implantados na região semi-árida mineira merecem especial destaque, por serem demonstrativos das possibilidades de se encaminhar soluções para a falta de suprimento de água para abastecimento humano, especialmente nas áreas rurais. A seguir serão citados alguns exemplos de aproveitamento de mananciais e reservatórios de água existentes, na implantação de

sistemas convencionais de abastecimento de água e também a utilização das cisternas para atendimento a famílias isoladas situadas em comunidades distantes de mananciais seguros.

4.1 – Programa PROÁGUA/Semi-árido em Minas Gerais

No início do Programa PROÁGUA/Semi-árido, em 1998, desenvolvido pelo governo federal e pelos estados que compõem a região semi-árida brasileira, incluindo Minas Gerais, escolheu-se para o desenvolvimento de um projeto-piloto a bacia do rio Pardo neste último estado. Trata-se de uma bacia, e por isso a escolha, onde a falta da oferta de água tratada se traduzia em entrave no desenvolvimento econômico e na baixa qualidade de vida, conforme demonstravam os indicadores comumente utilizados.

O projeto denominado Sistema Águas Vermelhas teve como objetivo inicial ampliar a oferta de água tratada às comunidades de três municípios da região (figura 4), visto que somente parte da população situada nas sedes municipais contava com sistema de abastecimento regular, operado pela companhia estadual de saneamento. O restante da população era abastecido, nas épocas de estiagem, com um precário sistema de caminhões-pipa.

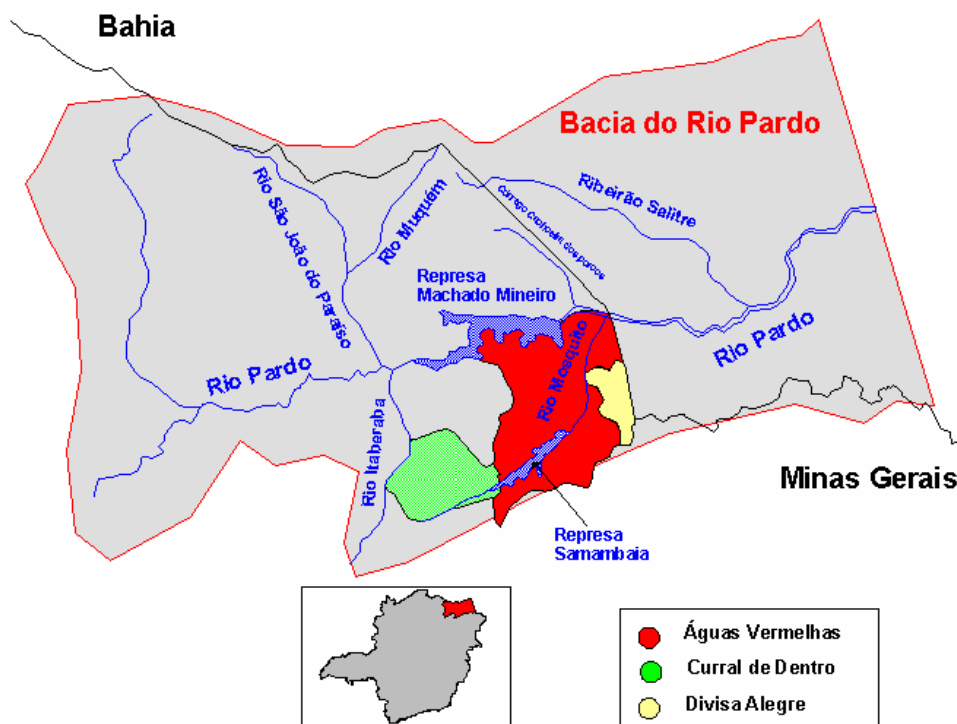


Figura 4 – Municípios beneficiados com o Sistema Águas Vermelhas

Em seqüência ao Sistema Águas Vermelhas, outros projetos foram desenvolvidos pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido na bacia do rio Jequitinhonha. Partindo-se do levantamento das necessidades de suprimento de água para abastecimento público, optou-se pelos projetos de ampliação de sistemas convencionais existentes em algumas sedes municipais que pudessem

abastecer distritos e localidades, e ainda foram implantados pequenos sistemas convencionais isolados.

Os aspectos que se pretende ressaltar neste trabalho, relativos a esses projetos, são os aproveitamentos das fontes seguras dos mananciais e reservatórios de água existentes nas respectivas regiões. Para a implantação dos sistemas de abastecimento das sedes municipais, distritos e povoados contemplados com os projetos, foram utilizados os mananciais superficiais, subterrâneos e os reservatórios das barragens de Machado Mineiro (bacia do rio Pardo) e Calhauzinho (bacia do rio Araçuaí), construídas e operadas pela CEMIG, com objetivo precípua de perenização dos cursos dos rios, no início da década de 1990.

Ainda um importante diferencial dos projetos implantados se refere aos baixos custos incorridos, compatíveis com as realidades locais, devido à utilização da tecnologia do ferrocimento, na construção das unidades de tratamento das águas e reservatórios apoiados.

Os projetos desenvolvidos pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido demonstram as possibilidades do atendimento dessas populações, mediante a ampliação dos sistemas existentes nas sedes municipais e extensão das redes de água aos distritos e localidades próximas. Haverá, entretanto, a necessidade da implementação de sistemas de abastecimento de água isolados, com captações em mananciais superficiais e subterrâneos, e ainda em reservatórios naturais e em pequenas barragens construídas para acumulação de água, para a universalização do atendimento ao consumo humano.

4.2 – Aproveitamento de água de chuva e a construção de cisternas

Como forma de atendimento às famílias isoladas e dispersas, especialmente nas regiões semi-áridas, é crescente a utilização da técnica de captação de água de chuva que atinge os telhados das residências e sua acumulação em cisternas (figura 5). Nos projetos recentemente implantados na região semi-árida, como iniciativa de organizações não governamentais, apoiadas pelo governo federal e por entidades privadas, tem sido utilizada a técnica da instalação de calhas nos telhados das residências, que conduzem as águas de chuvas por tubulações até uma cisterna de placas, com volume de armazenamento em torno de 15.000 a 16.000 litros de água.

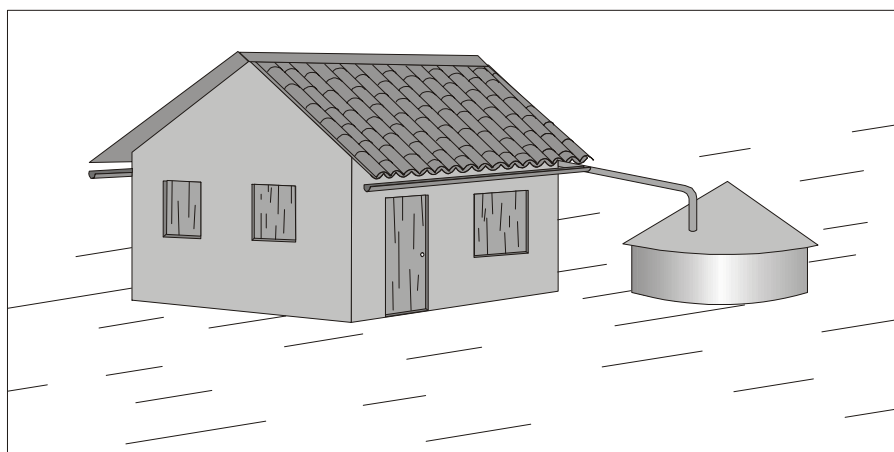


Figura 5 – Captação de água em telhado e armazenamento em cisterna; Fonte: Porto *et al.* (1999)

Os registros sobre cisternas e outras formas diretas de captação e armazenamento de água de chuva remontam a dois mil anos, em regiões como a China e o deserto do Neguev, hoje território de Israel e Jordânia (Gnadlinger, 1997).

As cisternas são usualmente construídas nas áreas dispersas da região semi-árida brasileira, com capacidade de acumulação da ordem de 15.000 a 16.000 litros, e representam a oferta de água para 4 a 5 pessoas, considerando-se uma área média de telhados das residências da ordem de 40 m² e médias anuais de chuvas da ordem de 400 mm. Com esses dados a oferta de água limita o consumo humano a 13 L/hab/dia (dessedentação e cozimento de alimentos), durante um período de seca que pode se estender por até 240 dias. Tomados os cuidados com a limpeza dos telhados, da cisterna, da calha e da tubulação, essa pode ser uma solução no atendimento das necessidades mais essenciais de uma família isolada.

Araújo *et al.* (2005), analisando o custo de disponibilização e distribuição de água por diversas fontes no nordeste semi-árido brasileiro, concluem pela viabilidade da utilização da alternativa de suprimento de água por meio de cisternas de placas como uma importante técnica a ser utilizada para atendimento das demandas dispersas. Tal alternativa torna-se viável como uma das medidas de substituição à forte e inadequada presença do carro-pipa como distribuidor de água, face às limitações desta última opção, principalmente relacionadas às sérias restrições à qualidade das águas distribuídas, geralmente muito inferior à recomendada para o consumo humano.

O Relatório do Desenvolvimento Humano, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2006) considera que todos os cidadãos devem ter acesso a recursos suficientes para satisfazer as necessidades básicas e levar uma vida digna. Assegurar que cada pessoa tenha acesso a, pelo menos, 20 litros de água potável por dia para satisfazer suas necessidades básicas é um requisito mínimo para se respeitar o direito à água e deve ser uma meta mínima para os governos.

A região semi-árida mineira apresenta em diversos municípios índices pluviométricos anuais que variam de 400 a 800 mm, ou mesmo superiores, havendo, portanto, possibilidades do atendimento ser ampliado para um índice de 20 L/hab/dia, observando-se a melhoria das técnicas de construção e melhor dimensionamento das cisternas.

Torna-se importante, portanto, verificar se tal técnica atende ao propósito de suprir as demandas médias das famílias residentes e pode ser considerada como alternativa para o suprimento de água para o consumo humano. Para a verificação da viabilidade técnica da instalação de cisternas no semi-árido mineiro, é possível realizar simulações, a partir dos dados históricos diários de chuvas de alguns municípios, desde que se tenham dados consistidos de uma série de anos.

Apresenta-se a seguir, como exemplo, as possibilidades de simulações no município de Arauaí, com os dados diários de chuvas obtidos da Estação Pluviométrica Fazenda Facão, código 01742020, operada pela CPRM, localizada em local próximo ao rio Gravatá. Esses dados estão disponibilizados no Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb, da Agência Nacional de Águas. (ANA, 2007). Foram utilizados dados relativos ao período de 01/01/1986 a 31/12/2002, totalizando 6.208 dias simulados.

Foram consideradas as seguintes hipóteses iniciais:

Precipitação diária - P_i = dado diário de chuva, em milímetros;

Capacidade máxima da cisterna - $V_{MAX} = 16.000$ litros;

Volume inicial da cisterna - $V_{INI} = 16.000$ litros;

Área do telhado da residência - $AT = 60 \text{ m}^2$;

Número de pessoas por família - $NPES = 4$ pessoas;

Consumo por pessoa por dia - $COUNT = 20$ litros/ pessoa x dia;

Consumo familiar médio diário - $COMED = NPES \times COUNT = 80$ litros / dia;

Coefficiente de escoamento (razão entre o volume precipitado e o volume efetivamente captado nas calhas, descontadas as perdas de evaporação, absorção da superfície do telhado e ainda infiltrações) - $CE = 0,80$ (adotado).

E, ainda, admitindo-se que o consumo é constante em todos os dias dos anos, nos meses chuvosos e meses secos, tem-se:

$$V_i = VCIS_{i-1} + VENT_i - COMED_i \quad (1)$$

onde:

V_i é uma variável auxiliar que denota o volume de água possível de ser armazenado no dia i , em L;

$VENT_i$ é o volume de água que entra na cisterna no dia i , em L ($= P_i \times CE \times AT$);

$COMED_i$ é o consumo familiar médio diário, em L; e

$VCIS_i$ é o volume de água armazenado na cisterna no dia i , em L.

Sendo:

$$VCIS_i = V_i; \text{ se } 0 < V_i \leq VMAX \quad (2)$$

$$VCIS_i = VMAX; \text{ se } V_i > VMAX; \text{ e} \quad (3)$$

$$VCIS_i = 0; \text{ se } V_i \leq 0 \quad (4)$$

Tem-se como resultado da simulação os dados apresentados na figura 6.

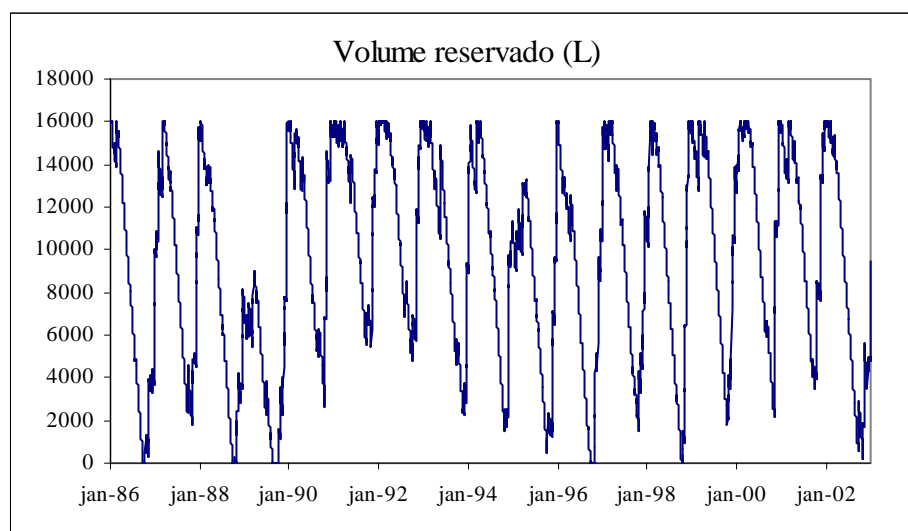


Figura 6 – Volumes reservados no período jan/86 a dez/2002

As falhas podem ser calculadas de acordo com as equações 5 e 6, respectivamente, para as falhas de um dia ou de vários dias consecutivos (n):

$$Falha_j^1 = \begin{cases} 1 & ; \text{ se } V_j \leq 0 \\ 0 & ; \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

Onde:

j = dia simulado;

$Falha_j^1$ = falha de um dia; e

V_j é dado pela Equação 1.

$$Falha_j^n = \begin{cases} 1 & ; \text{ se } \sum_{i=j-n+1}^j Falha_i^1 = n \\ 0 & ; \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

onde:

n = dias consecutivos

$Falha_j^n$ = Falha de n dias consecutivos, verificada no dia j simulado;

Torna-se importante verificar a percentagem de falhas de um dia ou vários dias consecutivos em uma série de dados pesquisados, o que pode ser verificado por meio da equação 7, cujos resultados são apresentados no quadro 2.

$$\text{Porcentagem de falhas} = \frac{1}{m} \sum_{j=n}^m \text{Falha}_j^n \quad (7)$$

onde:

m = dias totais pesquisados.

Quadro 2 – Percentagem de falhas da cisterna para consumo de 80 L /dia e área de telhado igual a 60 m².

Nº dias consecutivos de falhas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nº falhas encontradas	126	117	109	102	95	88	82	76	70	65
% falhas na série	2,03%	1,88%	1,76%	1,64%	1,53%	1,42%	1,32%	1,22%	1,13%	1,05%

A possibilidade de ocorrência de falhas indica a necessidade do controle, por parte dos usuários das cisternas, de seus respectivos consumos diários de água, de forma a superar os períodos de chuvas escassas. Ainda utilizando-se dos dados de chuvas da simulação efetuada, é possível também simular o controle do consumo diário.

Esse controle poderia se dar, por exemplo, a partir do dia 15 de abril de cada ano (após o período chuvoso). Conforme demonstra a figura 7, o volume médio armazenado nessa data é equivalente a 13.500 litros de água. Supondo a possibilidade de não ocorrerem chuvas até o início do próximo período de chuvas (o período chuvoso se inicia em outubro), esse fato induziria a redução do consumo médio diário para algo em torno de 17 L/hab/dia, ou 68 litros por dia, para uma família de 4 pessoas, possibilitando um consumo reduzido, até a data de 31 de outubro, após o provável início do período chuvoso.

Nos dados analisados é possível verificar que, no ano de 1989, as cisternas construídas na região estudada teriam armazenado menos de 8.000 litros de água. Isso significa que a partir 15 de abril daquele ano o consumo familiar de água deveria ser reduzido à metade (em torno de 10 L/hab/dia). De forma a evitar essa redução excessiva de consumo e em outras situações de emergência, a prefeitura local deveria ser informada com a devida antecedência, pois, eventualmente, haveria a necessidade de envio de carros-pipa para o atendimento das comunidades. Nesse caso, notadamente, o uso dos carros-pipa poderia ser feito de forma planejada, com possibilidade de atendimento gradativo a partir dos meses iniciais de estiagem, quando as cisternas ainda estariam parcialmente cheias, e de fornecimento de água cuja qualidade é compatível com os

padrões de consumo humano. Essa água poderia provir das estações de tratamento que abastecem as sedes municipais mais próximas.

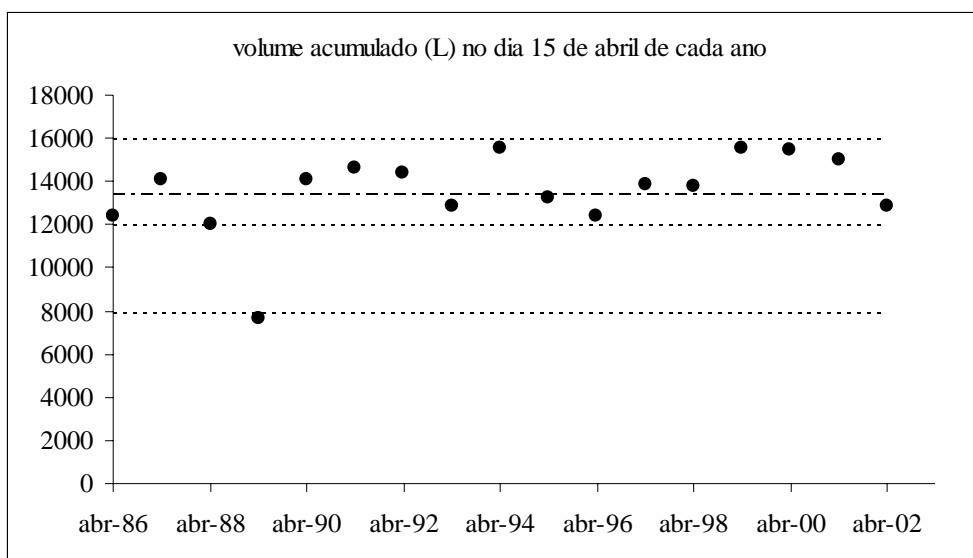


Figura 7 – Volumes acumulados observados no dia 15 de abril no período 1986 a 2002

Observa-se, entretanto, conforme mostrado no quadro 3, que o ano de 1989 foi atípico. Supondo a não ocorrência de chuvas no período de abril a outubro de cada ano (uma situação pouco provável), em 10 dos 17 anos pesquisados os usuários das cisternas poderiam consumir um volume diário de água considerado adequado pela ONU, próximo dos 20 L/hab/dia, para satisfação das necessidades humanas básicas.

Quadro 3 – Volumes de água armazenados no dia 15 de abril de cada ano

Ano	Volume (L)	Ano	Volume (L)
1986	12.392	1995	13.224
1987	14.102	1996	12.393
1988	12.016	1997	13.840
1989	7.654	1998	13.769
1990	14.128	1999	15.120
1991	14.643	2000	15.444
1992	14.369	2001	14.998
1993	12.875	2002	12.833
1994	15.563		

Pelas simulações efetuadas, verifica-se uma variedade de possibilidades a serem consideradas quando da utilização da alternativa a captação de água de chuva. Estudos mais aprofundados são requeridos na utilização das cisternas para suprimento de água para atendimento às famílias isoladas no que se refere aos seguintes aspectos:

- Área útil dos telhados – em função das distribuições diárias de chuvas, há de se verificar as áreas úteis dos telhados. Eventualmente, serão requeridos investimentos na

melhoria e acréscimos nos telhados de forma a permitir um melhor aproveitamento das águas, em função do número de pessoas a serem atendidas em cada residência;

- Volume das cisternas – ainda em função das precipitações e demandas diárias, poderão ser construídas cisternas com volumes de armazenamento superiores a 16.000 litros, de forma a atender a famílias com 5 ou 6 pessoas residentes;
- Controle da demanda de água – como verificado na simulação, é possível repassar aos usuários das cisternas formas de controle de seu consumo diário de forma a permitir um uso racional da água.

Deverão ser considerados, também, aspectos relativos aos custos de implantação das cisternas, monitoramento da qualidade das águas armazenadas e utilizadas, e manutenção das unidades construídas. As soluções a serem adotadas, por intermédio de sistemas convencionais de captação, tratamento e distribuição de água ou de sistemas alternativos, como a construção de cisternas para a captação de água de chuva, deverão ser propostas por meio de estudos antecedentes, que verifiquem a sustentabilidade da alternativa escolhida.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais, onde se inclui sua região semi-árida, apresentam diversas possibilidades de aproveitamento dos seus recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Historicamente, tem-se procurado aumentar a oferta hídrica por meio da construção de barragens, cujos reservatórios, muitas vezes, encontram-se sub-aproveitados em projetos ainda não integrados. Se devidamente avaliadas em um Plano de Ação Estratégico, os recursos hídricos disponíveis poderão suprir as demandas necessárias para o desenvolvimento sustentável dessas regiões.

Nesse contexto, as formas alternativas de captação e armazenamento de água de chuva poderão também contribuir para complementação de sistemas de abastecimento em áreas isoladas e as experiências poderão ser estendidas a outras regiões do estado. É necessário, entretanto, observar as limitações e, ao mesmo tempo, as diversas possibilidades de uso das cisternas. As unidades a serem construídas devem ser dimensionadas a partir das características climáticas e sociais de cada micro-região de forma a traduzir a técnica em uma alternativa viável de suprimento de água para consumo humano e, eventualmente, também para suprimento de agricultura familiar de subsistência.

São inegáveis as interfaces existentes entre as políticas de recursos hídricos e de saneamento básico, sendo que cumpre à política de recursos hídricos identificar e quantificar as disponibilidades hídricas e as demandas de água para os diversos usos, cabendo à política de saneamento apropriar-se adequadamente das fontes seguras de água, para disponibilizá-las prioritariamente ao consumo

humano. No estado de Minas Gerais, por exemplo, a lei nº 13.199/99, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e a lei nº 11.720/94, que dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico, possuem instrumentos de gerenciamento, notadamente os respectivos planos estaduais, que poderão orientar a correta aplicação dos recursos financeiros, necessários para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis em cada região ou em cada bacia hidrográfica.

Uma vez que as sedes municipais da região semi-árida de Minas Gerais, em sua grande maioria, já são atendidas, sistemas convencionais de custos relativamente mais baixos – com água provinda de fontes seguras de mananciais subterrâneos e superficiais, inclusive de reservatórios sub-aproveitados – e sistemas de captação de água de chuva podem ser implantados para atendimento das populações de suas áreas rurais. Portanto, embora as análises apresentadas neste trabalho sejam preliminares, acredita-se que o cadastramento das fontes seguras de suprimento de água, inclusive a água de chuva, e das demandas para consumo humano dessa região permitirá inferir que a solução dos problemas de escassez hídrica dessa região semi-árida está associada à gestão eficaz de recursos hídricos.

BIBLIOGRAFIA

- ANA (2007). Agência Nacional de Águas. Sistema de informações hidrológicas: hidroweb. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 21 mai. 2007.
- ARAUJO, J.C., MOLINAS, P.A.; LEÃO JOCA, E.L.; BARBOSA, C.P.; BEMFEITO, C.J.S.; CARMO BELO, P.S. (2005). Custo de disponibilização da água por diversas fontes no Ceará. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza – CE, v. 36, n. 2, abr-jun, pp. 281-308.
- BRASIL. (2005). Ministério da Integração Nacional, Ministério do Meio Ambiente, *Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial - Nova Delimitação do Semi Árido*, Brasília. Disponível em <<http://www.integracao.gov.br>>. Acesso em: 9 abr. 2006.
- BRASIL. (2006). Tribunal de Contas da União. *Avaliação da Ação Construção de Cisternas para Armazenamento de Água / Tribunal de Contas da União*; Relator Ministro Guilherme Palmeira. TCU, Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo, Brasília – DF, 44p.
- GNADLINGER, J. (1997). *Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro* in Anais do I Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro, Petrolina, PE, 1997.
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. (2003): SIMGE, mapas climáticos. Disponível em <<http://www.simge.mg.gov.br/climas/mapas/mensais/2003/mrr1303.gif>>. Acesso em: 24 jan. 2007.

- MINAS GERAIS. (2004). Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana, “*Convivência Responsável com a Seca*”, *Anteprojeto de Plano Estratégico de Ação*, SEDRU, Belo Horizonte, MG, 53p;
- MORENO, C. (2001). *A colonização e o povoamento do baixo Jequitinhonha no século XIX: A guerra contra os índios*, Canoa das Letras, Belo Horizonte, MG, 192p;
- OTONI, T. (2002). *Notícias sobre os selvagens do Mucuri*. Org.: Regina Horta Duarte, Editora UFMG, Belo Horizonte, MG, 184 p.
- PLANVALE. (1995) – *Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Pardo e Jequitinhonha*, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, Governo do Estado de Minas Gerais, Seapa, Ruralminas, Gevale, Igam, Governo do Estado da Bahia, Seagri, Geapar. Minas Gerais, 152p.
- PNUD. (2003). Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Instituto de Pesquisas Econômicas e Administrativas – IPEA, Fundação João Pinheiro – FJP, *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*, Belo Horizonte - MG.
- PNUD. (2006). Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Relatório do Desenvolvimento Humano 2006, *A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água*, UNDP, New York, USA, 240 p.
- PORTO, E.R; SILVA, A.S; ANJOS, J.B.; BRITO, L.T.L; LOPES, P.R.C, (1999). “*Captação e Aproveitamento de Água de Chuva na Produção Agrícola dos Pequenos Produtores do Semi-árido Brasileiro: O Que Tem Sido Feito e como Ampliar Sua Aplicação no Campo*” in Anais do IX International Rainwater Catchment System Conference, Petrolina, PE, jul.1999.
- SANTIAGO, L. (1999). *O vale dos boqueirões: história do vale do Jequitinhonha*, v.1, Edições Bocas das Caatingas, Almenara, MG, 378p.
- SOUZA, S. M .T.(1995). Disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado de Minas Gerais. Hidrosistemas / COPASA. Belo Horizonte, MG, 525p.