

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA
SUPRIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO
HUMANO NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DE
MINAS GERAIS

Alberto Simon Schvartzman

Belo Horizonte

2007

**AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA
SUPRIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO
NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DE MINAS GERAIS**

Alberto Simon Schwartzman

Alberto Simon Schwartzman

**AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA
SUPRIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO
NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Hidráulica e Recursos Hídricos

Linha de Pesquisa: Sistemas de Recursos Hídricos

Orientador: Luiz Rafael Palmier

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2007

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora, fornecida pelo Colegiado do Programa

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e, em especial:

ao Professor Luiz Rafael Palmier, pela orientação e pelas contribuições em todas as etapas de desenvolvimento dos estudos, e ainda pela paciência nas constantes revisões;

ao Professor Mauro C. Naghettini, amigo e exemplo de dedicação ao estudo e à pesquisa;

aos Professores Nilo de Oliveira Nascimento e Márcio Benedito Baptista, pelos valiosos ensinamentos teóricos e práticos;

aos colegas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas, em particular à Célia Maria Brandão Fróes e à Luiza de Marillac Moreira Camargos;

aos colegas e funcionários do programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG, em especial à Norma Angélica Hernández, Wilson dos Santos Fernandes e Lucas Samuel Santos Brasil;

à UFMG, pela possibilidade de realização deste trabalho;

à SEPLAG, SEMAD, IGAM, FEAM, COPASA, RURALMINAS e CPRM, pelos dados cedidos para elaboração deste trabalho;

à banca examinadora, pela avaliação deste trabalho;

à minha família, pela compreensão, paciência e pela crença no meu sucesso.

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o gerenciamento dos recursos hídricos na região semi-árida mineira, verificando a viabilidade da adoção de técnicas convencionais de suprimento de água e da técnica alternativa de captação de água de chuva, destinadas ao consumo humano. Foi escolhida a bacia do rio Jequitinhonha como uma bacia demonstrativa da região semi-árida mineira para aplicação da metodologia desenvolvida. Na metodologia foram estabelecidos os critérios técnico, econômico, social e de administração, operação e manutenção, para avaliação dos sistemas de suprimento de água. Para avaliação da técnica de captação de água de chuva que atinge os telhados das residências e é acumulada em cisternas, foi desenvolvido um modelo que foi aplicado utilizando-se dados diários de chuva de duas estações pluviométricas localizadas na bacia do rio Jequitinhonha. Os resultados obtidos nas avaliações conduzem à seleção de alternativas visando o atendimento às populações da região semi-árida mineira, em especial às comunidades dispersas e famílias isoladas, com um suprimento seguro de água para consumo doméstico, devidamente gerenciado pelas entidades responsáveis pelas políticas públicas de recursos hídricos e de saneamento básico. Verificou-se que, além dos estudos de viabilidade, existem condicionantes a serem observadas que antecedem à implementação da alternativa mais adequada, como a existência de programas, projetos e disponibilidade de recursos financeiros para subsidiar os gestores públicos nas tomadas de decisão. Nas discussões apresentadas, a partir dos estudos efetuados na bacia demonstrativa do rio Jequitinhonha, ressaltam-se as questões relativas à efetividade da gestão de recursos hídricos em Minas Gerais, à superposição das políticas públicas relativas ao gerenciamento das águas e à atuação das organizações não governamentais na construção das cisternas. Ressalta-se ainda a necessidade de estudos e pesquisas mais aprofundadas nas formas sustentáveis de administração, operação e manutenção dos sistemas de abastecimento e na otimização dos custos de implantação. Ao final do trabalho concluiu-se que a escassez hídrica na região semi-árida mineira está, de alguma forma, relacionada ao não aproveitamento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos existentes e verificou-se a necessidade da integração das políticas públicas, de forma a permitir a elaboração de um plano estratégico para a região. É recomendada a complementação de dispositivos nas legislações de recursos hídricos e de saneamento básico que incorporem as técnicas alternativas de captação de água de chuva, contendo ainda incentivos econômicos e financeiros para as suas respectivas implementações.

ABSTRACT

The present research had as its main objective the assessment of the water resources management in the semiarid region of the State of Minas Gerais, verifying the feasibility of the adoption of conventional water supply and roof water harvesting techniques in order to satisfy the needs of human consumption. The Jequitinhonha river basin was selected for the development of the study. In the methodology technical, economical, social and administration, operation and maintenance criteria were settled to evaluate the domestic water systems. To assess the domestic roof water harvesting alternative technique, in which cisterns are used to collect the rainwater that reaches the house's roofs, a model was developed and was applied utilizing daily rainfall data from two monitoring stations in the Jequitinhonha river basin. The results lead to alternative choices that could satisfy the water human consumption of people in the semiarid region of the State of Minas Gerais, especially the dispersed communities and isolated families, with a regular attention from water resources and sanitation policies. Moreover the feasibility studies show that there are some conditions that have to be observed before the implementation of the best alternative, such as available programs, projects and financial resources, to assist the public decisions. Some discussions showed after the evaluations and studies, which were performed at the selected river basin, stand out about the effectiveness of water resources management in the State of Minas Gerais, the overlapping of the policies related to water resources and the non governmental organizations' cisterns building actions. The research stands out the necessity of more studies about sustainable administration, operation and maintenance of domestic water supply systems and about the optimization on implementation costs. Finally it is concluded that the water scarcity in the semiarid region of the State of Minas Gerais could be related to the non-utilization of existing superficial and groundwater resources. It is also concluded that there is a need of a better integration among the public policies as to permit the elaboration of a strategic plan for that region. It is recommended the complementation of legislation on water resources and basic sanitation with the incorporation of water harvesting techniques, with economic and financial incentives for their implementation.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	8
2.1 - OBJETIVO GERAL	8
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3 - REVISÃO DA LITERATURA	9
3.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE SECA, ESCASSEZ HÍDRICA E REGIÕES DE CLIMA SEMI-ÁRIDO	9
3.1.1 - <i>Caracterização das regiões de clima semi-árido</i>	15
3.1.2 - <i>Caracterização da região semi-árida brasileira</i>	19
3.1.3 - <i>Caracterização da região semi-árida mineira</i>	28
3.2 - HISTÓRICO E ATUAÇÃO DOS ÓRGÃOS PÚBLICOS NO COMBATE À SECA NO BRASIL	39
3.2.1 - <i>Breve histórico da primeira fase de combate às secas</i>	40
3.2.2 - <i>A fase dos programas de combate à seca no semi-árido</i>	48
3.2.3 - <i>As recentes políticas públicas adotadas</i>	50
3.3 - TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA	56
3.3.1 - <i>Sistemas convencionais de captação, armazenamento e distribuição de água</i>	56
3.3.2 - <i>Sistemas alternativos de captação, armazenamento e suprimento de água</i>	61
3.4 - A GESTÃO DAS ÁGUAS NO BRASIL E EM MINAS GERAIS	74
3.4.1 - <i>A política nacional de recursos hídricos</i>	75
3.4.2 - <i>O arcabouço legal e institucional em Minas Gerais</i>	83
3.4.3 - <i>A aplicação dos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos em Minas Gerais</i>	93
3.5 - AS INTERFACES DA GESTÃO DA ÁGUA NO CONTEXTO DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA MINEIRA	101
4 - METODOLOGIA	114
4.1 - ABORDAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	114
4.2 - METODOLOGIA DESENVOLVIDA	114
4.2.1 - <i>Viabilidade técnica</i>	115
4.2.2 - <i>Viabilidade econômica</i>	116
4.2.3 - <i>Viabilidade social</i>	117
4.2.4 - <i>Viabilidade da administração, operação e manutenção</i>	117
4.3 - SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	118

5 - RESULTADOS	120
5.1 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	120
5.2 - DESCRIÇÃO E DADOS GERAIS DA BACIA	122
5.3 - DISPONIBILIDADES HÍDRICAS	129
5.3.1 - <i>Águas superficiais</i>	129
5.3.2 - <i>Águas subterrâneas</i>	135
5.4 - QUALIDADE DAS ÁGUAS	138
5.5 - OUTORGAS DE DIREITO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS	141
5.6 - REDES PLUVIOMÉTRICAS NA BACIA	144
5.7 - AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS CONVENCIONAIS E CISTERNAS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA IMPLANTADOS NA BACIA DO RIO JEQUITINHONHA	146
5.7.1 - <i>Viabilidade técnica</i>	147
5.7.1.1 - <i>Fontes seguras de abastecimento</i>	147
5.7.1.2 - <i>As concepções dos sistemas de abastecimento de água</i>	164
5.7.2 - <i>Viabilidade econômico-financeira</i>	173
5.7.2.1 - <i>Custo de implantação dos sistemas</i>	174
5.7.2.2 - <i>Estabelecimento de tarifas</i>	177
5.7.3 - <i>Viabilidade social</i>	181
5.7.3.1 - <i>Programa de educação ambiental</i>	183
5.7.3.2 - <i>Aceitabilidade local</i>	185
5.7.4 - <i>Administração, operação e manutenção dos sistemas</i>	186
5.8 - SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	188
6 - DISCUSSÃO	192
6.1 - EFETIVIDADE DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM MINAS GERAIS	193
6.2 - A SUPERPOSIÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS	195
6.3 - A ATUAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES NÃO GOVERNAMENTAIS	197
6.4 - A NECESSIDADE DE ESTUDOS E PESQUISAS	198
6.5 - OS INVESTIMENTOS E AS FONTES DE FINANCIAMENTO	200
7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	203
7.1 - CONCLUSÕES	203
7.2 - RECOMENDAÇÕES	204
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	206

LISTA DE FIGURAS

3.1	Nova delimitação do semi-árido brasileiro	25
3.2	Área de abrangência do Plano de Desenvolvimento Estratégico do Semi-árido	26
3.3	Áreas estratégicas do PDSA	27
3.4	Total de precipitação anual (mm), em Minas Gerais, 2003	29
3.5	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, 2000 (Municípios do estado de Minas Gerais)	33
3.6	Fluxo de elaboração do PMDI e PPAG	35
3.7	Unidades hidrográficas de referência e divisão fisiográfica da bacia do rio São Francisco	36
3.8	Bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha	37
3.9	Bacia hidrográfica do rio Pardo	38
3.10	Municípios beneficiados com o Sistema Águas Vermelhas	58
3.11	Localização e pólos regionais do Projeto Vida no Vale	61
3.12	Captação de água em telhado e armazenamento em cisterna, em Itinga-MG	63
3.13	Esquema de barragem subterrânea com captação em poço amazonas	67
3.14	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	75
3.15	Estrutura de Programas do PNRH	79
3.16	Municípios do estado de Minas Gerais, contemplados no Atlas Nordeste: Abastecimento Urbano de Água	81
3.17	Percentual de municípios do estado de Minas Gerais abastecidos por rede de água	82
3.18	Percentual de municípios do estado de Minas Gerais com rede de esgoto	82
3.19	Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – MG	90
3.20	Comitês de bacia hidrográfica no estado de Minas Gerais	92
5.1	Bacia do rio Jequitinhonha (JQ1, JQ2 e JQ3)	124
5.2	Mapa contendo a delimitação das Regiões Hidrológicas da bacia do rio Jequitinhonha, segundo metodologia HIDROTEC	132
5.3	Mapa contendo vazões específicas médias, na bacia do rio Jequitinhonha, segundo metodologia HIDROTEC	133
5.4	Mapa contendo vazões específicas mínimas de 7 dias e 10 anos de retorno, na bacia do rio Jequitinhonha, segundo metodologia HIDROTEC	134

5.5	Localização dos postos de monitoramento de qualidade das águas do Projeto Águas de Minas	140
5.6	Localização das outorgas concedidas pelo IGAM, na bacia do rio Jequitinhonha	142
5.7	Localização da rede Pluviométrica da ANA, na bacia do rio Jequitinhonha	146
5.8	Poço profundo no sistema de Maristela, distrito de Curral de Dentro - MG	150
5.9	Reservatório Calhauzinho, na bacia do rio Calhauzinho - MG	152
5.10	Volumes reservados (L), no período jan/86 a dez/2002, consumo de 52L/dia	156
5.11	Volumes reservados (L), no período jan/86 a dez/2002, consumo de 80L/dia	157
5.12	Volumes reservados (L), no período jan/86 a dez/2002, consumo de 80L/dia, área de telhado igual a 60m ²	158
5.13	Volumes acumulados (L), observados no dia 15 de abril no período de 1986 a 2002	160
5.14	Localização das estações Facão e Santa Maria do Salto	161
5.15	Precipitações médias mensais nas estações Facão e Santa Maria do Salto	161
5.16	Volumes reservados (L), no período de jan/67 a dez/86, consumo de 80L/dia	162
5.17	Volumes reservados (L), no período de jan/67 a dez/86, consumo de 80L/dia, área de telhado igual a 60m ²	163
5.18	Estação de tratamento de água, Carbonita- MG, 2006	166
5.19	Reservatório de água tratada, localidade de Baixa Quente, Minas Novas - MG, 2006	167
5.20	Construção de reservatório de água tratada em ferrocimento, em São Gonçalo do Rio Preto - MG, 2006	168
5.21	Construção de floculadores de ETA em ferrocimento, em São Gonçalo do Rio Preto - MG, 2006	168
5.22	ETA e reservatório em Acauã, Leme do Prado - MG, 2006	182

LISTA DE TABELAS

3.1	Índice de pluviosidade de Lang	16
3.2	Índice de aridez de Martonne	16
3.3	Quociente pluviométrico de Emberger	17
3.4	Índice de Dantin - Revenga	17
3.5	Índice de aridez de Thornthwaite	18
3.6	Total de terras por tipo de clima (valores em km ²)	19
3.7	Municípios mineiros afetados pela seca no período 1996 a 2003	29
3.8	Distribuição das famílias beneficiadas com cisternas, por estado	71
3.9	ASAs estaduais	72
3.10	Entidades participantes da coordenação executiva da ASA	72
5.1	Municípios, área e população (ano 2000) na bacia do rio Jequitinhonha, MG	124
5.2	Municípios criados após 1995 na bacia do rio Jequitinhonha, MG	126
5.3	Taxa de crescimento, densidade demográfica e grau de urbanização dos municípios da bacia do rio Jequitinhonha, MG	127
5.4	Indicadores de desenvolvimento humano dos municípios da bacia do rio Jequitinhonha, MG	128
5.5	Relação dos parâmetros analisados nas campanhas bimestrais	138
5.6	Relação dos níveis de qualidade das águas e faixas de IQA	139
5.7	Usos das águas outorgados pelo IGAM na bacia do rio Jequitinhonha, MG	143
5.8	Usos das águas outorgados pela ANA na bacia do rio Jequitinhonha, MG	144
5.9	Captações existentes e planejadas em mananciais superficiais e subterrâneos para abastecimento das sedes municipais na bacia do rio Jequitinhonha, MG	148
5.10	Barragens existentes e projetadas na bacia do rio Jequitinhonha	151
5.11	Porcentagem de falhas da cisterna para consumo de 80 L /dia e área de telhado igual a 40m ²	157
5.12	Porcentagem de falhas da cisterna para consumo de 80 L /dia e área de telhado igual a 60 m ²	158
5.13	Volumes de água armazenados no dia 15 de abril de cada ano	160
5.14	Porcentagem de falhas da cisterna para consumo de 80L/dia e área de telhado igual a 40m ²	162

5.15	Sistemas de abastecimento de água do Projeto Águas Vermelhas	164
5.16	Distribuição das cisternas nos municípios da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais (Dados até março/2007)	170
5.17	Consumo diário de água, área de telhado e volume da cisterna	172
5.18	Comparação de custos de construção para uma ETA de 12 L / s	174
5.19	Custo de investimento em sistemas de abastecimento de água por habitante, em alguns projetos do Programa PROÁGUA/Semi-árido, em Minas Gerais.	175

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADENE	Agência de Desenvolvimento do Nordeste
ANA	Agência Nacional de Águas
APIMC	Associação Programa Um Milhão de Cisternas
APED	Áreas Piloto para Estudos de Desertificação
ASA	Articulação no Semi-Árido Brasileiro
BDMG	Banco de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais
BNB	Banco do Nordeste
CAATINGA	Centro de Assessoria aos Trabalhadores e Instituições Não Governamentais Alternativas
CEDEC - MG	Coordenação Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CERH - MG	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - CE
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONVIVER	Programa Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Semi-Árido
COPAM - MG	Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CPTSA	Centro de Pesquisa Tecnológica do Semi-árido
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CVSF	Comissão do Vale do São Francisco
DAE /MG	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de Minas Gerais
D.N.	Deliberação Normativa

DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra a Seca
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
DRH - MG	Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais
EAB	Elevatória de água bruta
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de tratamento de água
ETP	Evapotranspiração Potencial
FAE	Fundo de Financiamento para Água e Esgoto
FCC	Fundo Cristão para Crianças
FNE	Fundo de Desenvolvimento do Nordeste
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEBRABAN	Federação Brasileira de Bancos
FHIDRO	Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais
FINOR	Fundo de Investimento do Nordeste
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FUNDECI	Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GEIDA	Grupo Executivo de Irrigação e Desenvolvimento Agrário
GERAES	Gestão Estratégica dos Recursos e Ações do Estado
GIRH	Gestão Integrada dos Recursos Hídricos
GTDN	Grupo de Trabalho para Desenvolvimento do Nordeste
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDENE	Instituto de Desenvolvimento do Norte e Nordeste de Minas Gerais
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IEF	Instituto Estadual de Florestas
IFOCS	Inspetoria Federal de Obras Contra a Seca
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IGP-M / FGV	Índice Geral de Preços de Mercado / Fundação Getúlio Vargas
INCC / FGV	Índice Nacional da Construção Civil da Fundação Getúlio Vargas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOCS	Inspetoria de Obras Contra a Seca
IPC / FIPE	Índice de Preços ao Consumidor / Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
IPCA / IBGE	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IQA	Índice de Qualidade de Água
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome
MI	Ministério da Integração Nacional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MOC	Movimento de Organização Comunitária
MP	Medida Provisória
MS	Ministério da Saúde
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
OSCIP	Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
PAOM	Plano de Administração, Operação e Manutenção
PAN BRASIL	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação
PAPP	Programa de Apoio ao Pequeno Produtor
PCE / MS	Programa de Controle da Esquistossomose do Ministério da Saúde

PCPR	Programa de Combate à Pobreza Rural
PDI – JEPAR	Plano de Desenvolvimento Integrado das Bacias dos Rios Pardo e Jequitinhonha
PDRI	Projeto de Desenvolvimento Rural Integrado
PDSA	Plano de Desenvolvimento Estratégico Sustentável do Semi-Árido
PERH / MG	Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais
PIB	Produto Interno Bruto
PIN	Programa de Integração Nacional
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PLANVALE	Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales do Jequitinhonha e Pardo
PMDI	Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado
PMSS2	II Projeto de Modernização do Setor de Saneamento
PMTCRH	Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PNDR	Política Nacional de Desenvolvimento Regional
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
POLONORDESTE	Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste
PPA	Plano Plurianual do Governo Federal
PPAG	Plano Plurianual de Ação Governamental - MG
PPC	Paridade do Poder de Compra
PPI	Programa Plurianual de Irrigação
PROÁGUA / SEMI-ÁRIDO	Subprograma de Desenvolvimento de Recursos Hídricos para o Semi-Árido Brasileiro

PROÁLCOOL	Programa Nacional do Alcool
PROCLIMA	Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste
PRODES	Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas
PROHIDRO	Programa de Fortalecimento da Infra-estrutura do Nordeste
PROINE	Programa de Irrigação do Nordeste
PROMESO	Programa de Sustentabilidade de Espaços Sub-Regionais
PRONI	Programa Nacional de irrigação
RAFA	Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente
RDH	Relatório de Desenvolvimento Humano
RURALMINAS	Fundação Rural Mineira
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SDR	Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional
SECTMA	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - PE
SEDEC	Secretaria Nacional de Defesa Civil
SEDRU	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana
SEDVAN	Secretaria de Estado para o Desenvolvimento dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e Norte de Minas
SEGRH - MG	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SEPLAG	Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais
SIGEOR	Sistema de Gerenciamento Orientado para Resultados
SIH	Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica
SIMGE	Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISEMA	Sistema Estadual de Meio Ambiente
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
SUVALE	Superintendência do Vale do São Francisco
TCU	Tribunal de Contas da União
UEGP / MG	Unidade Estadual de Gerenciamento do Programa PROÁGUA / Semi-árido - MG
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UPGRH	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

1 - INTRODUÇÃO

A região semi-árida brasileira tem sido caracterizada, desde o início de sua história, pelos problemas relacionados à seca. As secas periódicas retardaram muito o início da ocupação portuguesa e o desenvolvimento dessa região. Uma revisão da história do nordeste brasileiro (CAMPOS, 1995) mostra que, mesmo antes da ocupação dos sertões pelos colonizadores, as secas já expulsavam os indígenas para o litoral. Observava-se, desde o início da colonização, que a região semi-árida nordestina em condições naturais, sem obras de infra-estrutura, apresentava grande vulnerabilidade devido aos episódios das secas. Com a colonização dos sertões e a instalação de uma rede de açudagem, houve um crescimento da densidade demográfica além da aparente sustentabilidade do ecossistema e da infra-estrutura. Essa fragilidade, porém, tornou-se explícita de forma dramática com a grande seca de 1877-1879, que resultou na mortalidade de quase metade da população dos sertões. Essa seca, a maior do século XIX, a qual causou a morte de aproximadamente 5% da população brasileira, acabou transformando o Nordeste - então chamado de Norte - em uma região problema (VILLA, 2000).

A partir de então houve um acréscimo significativo da infra-estrutura hidráulica e ainda do conhecimento do regime climático e hidrológico e das disponibilidades hídricas do semi-árido brasileiro. Mesmo assim, essa região semi-árida ainda apresenta muitas vulnerabilidades, caracterizadas pela variabilidade do clima e agravada pela geologia típica local, composta por solo raso e por embasamento rochoso cristalino, que impede a infiltração, restringe a descarga subterrânea e limita a vegetação. Os solos rasos, esparsos, com pouca ou nenhuma vegetação (caatinga e cerrado), ou com o uso inadequado, agravam os picos de cheias por causa de sua incapacidade de reter a água da chuva, fazendo com que a mesma escoe rapidamente para os rios. Essa junção de elementos edafoclimáticos adversos produz uma improdutividade quase generalizada. Adicionalmente, a evaporação potencial é muito intensa durante todo ano, particularmente durante a estação úmida. As componentes de evaporação após as chuvas são maiores do que aquelas provenientes do escoamento superficial e infiltração subterrânea (CRUZ *et al.*, 1999).

Com a existência desse cenário de adversidade climática e hidrológica, em adição aos solos de baixa fertilidade, persiste elevado o contingente de população dispersa na região semi-árida brasileira que se estende pelos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí e regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais.

No meio rural ou em pequenos núcleos da região semi-árida brasileira habitam, atualmente, cerca de 31% dos seus quase 48 milhões de habitantes, com amplo predomínio dos estratos inferiores de renda. Cabe ressaltar que esse contingente rural situa-se bem acima da média nacional, hoje com taxa de urbanização de 81%, e, principalmente, dos números da região Sudeste, na qual a população rural não chega a 10% (BANCO MUNDIAL, 2003).

Segundo Garrido (1999), há três razões principais para a preocupação com o tema da seca no Brasil. A primeira delas está relacionada ao tamanho da região semi-árida, que alcança quase um milhão de quilômetros quadrados, superior ao território de muitos países do mundo, associado à presença de uma expressiva população. A segunda razão relaciona-se com o quadro de pobreza reinante na região, que é agravado pelo seu crescimento populacional sem a necessária criação de infra-estrutura que contribua para um patamar aceitável de nível de vida de seus habitantes. E a terceira razão é o fato de que, apesar da gravidade desse quadro, o Brasil, somente a partir de tempos recentes, tem adotado políticas públicas que poderão alterar a situação existente. Existe a expectativa de que, por meio da implantação das atuais políticas públicas, possa se conviver com o fenômeno natural da seca minimizando-se os impactos decorrentes, especialmente junto às populações mais pobres.

A escassez hídrica na região semi-árida brasileira é influenciada, além dos fatores geológicos e climáticos, pelas intervenções antrópicas, pelo crescimento populacional e pelo uso inadequado dos recursos hídricos. O crescimento populacional causa escassez simplesmente pelo fato de que a água disponível tem que ser dividida por um número crescente de pessoas. Além disso, as fontes de água são contaminadas pelas atividades humanas e, eventualmente, se tornam impróprias para o consumo. O uso indevido e não racional dos recursos hídricos, em geral, afeta toda a economia de uma região, impedindo o seu desenvolvimento.

Diversas são as medidas emergenciais e assistencialistas tomadas pelos governos, em seus três níveis, para atendimento à falta de água em épocas de seca, na região semi-árida brasileira. A distribuição de água com o uso de caminhões-pipa e a perfuração de poços profundos são, frequentemente, medidas insuficientes e provisórias que demandam recursos financeiros nem sempre disponíveis a cada ano.

Extensas regiões do semi-árido brasileiro estão impedidas de se desenvolver, apesar da existência e ainda da construção de grandes açudes e reservatórios, que acumulam grandes volumes de água. Com o conhecimento que se tem de técnicas convencionais para captação

de águas superficiais e subterrâneas, de técnicas alternativas de captação de água de chuva, perenização de cursos de água, recarga de aquíferos e, ainda, de técnicas para conservação de água no solo, várias soluções podem ser apresentadas para mitigação da escassez hídrica.

A experiência brasileira estabelecida em décadas passadas nas regiões de escassez hídrica indica que não basta o desenvolvimento de planos para construção de açudes ou perfuração de poços profundos, ou mesmo construir grandes barragens, algumas dessas em locais inadequados e sem os devidos estudos técnicos. Há perda de recursos financeiros e frustra-se todo um esforço de convivência no semi-árido.

No combate à escassez hídrica, as técnicas alternativas de captação de água são utilizadas em diferentes partes do mundo e, em particular, nas áreas assoladas por secas. Essas experiências são relatadas em programas de convivência em climas áridos e semi-áridos e mesmo em locais situados em regiões com maior oferta hídrica, mas que possuem demandas de água superiores às fontes de recursos hídricos disponíveis, ou onde o custo de disponibilização da água excede a capacidade de pagamento dos diversos usuários.

No Brasil, o uso dessas técnicas alternativas é relativamente restrito. Apesar dos esforços realizados nos últimos anos para promovê-las e disseminá-las, o desempenho geral das ações é muito menor do que o esperado, pois muitas vezes as tecnologias e projetos não são adequados ao ambiente ou aos hábitos culturais dos beneficiários.

De uma maneira geral, os projetos de captação de água de chuva, uma das principais técnicas alternativas utilizadas para o suprimento de água para consumo humano, são notoriamente frágeis no que diz respeito ao monitoramento e avaliação da eficiência. Na maior parte dos projetos verifica-se a inadequada coleta de dados mesmo nos níveis mais elementares. Esse fato, notadamente, dificulta a troca de informações sobre as experiências positivas e as causas de experiências negativas (PALMIER, 2001).

Esses estudos e trocas de experiências tornam-se importantes no momento em que o governo federal apóia a iniciativa da construção de 1.000.000 (um milhão) de cisternas para armazenamento de água de chuva que atinge os telhados das residências localizadas no semi-árido brasileiro.

Será essa a alternativa mais adequada para o semi-árido mineiro? A água armazenada estará própria para o consumo? Deverão ser conjugadas outras técnicas de captação e

armazenamento de água? Essas são perguntas que devem ser respondidas dentro do novo contexto da gestão de recursos hídricos no país.

A região semi-árida mineira, incluída nas políticas públicas nacionais que tratam da região semi-árida brasileira, engloba sub-regiões heterogêneas em termos de seus processos de ocupação e formação socioeconômica. Essas disparidades têm contribuído para a ocorrência de acentuadas desigualdades sociais e territoriais associadas à concentração fundiária e de renda, que faz com que diversos municípios da região norte e nordeste tenham os piores indicadores de desenvolvimento social do estado de Minas Gerais.

Em várias porções do semi-árido mineiro, a existência de uma maioria de pessoas naturais da região tem contribuído para que sejam bem recebidas as ações de desenvolvimento social de bases comunitárias, realizadas por meio dos programas e projetos de desenvolvimento social. Esses programas, implementados pelas políticas públicas que visam à construção e ao fortalecimento de relações socioeconômicas de revitalização e conservação ambiental, são associados ao desenvolvimento da agricultura familiar. Essas ações, entretanto, não têm sido suficientes para elevação do nível de desenvolvimento e bem estar das comunidades.

As regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais apresentam, em diversas áreas rurais, problemas de disponibilização de recursos hídricos, sendo que os diversos usos da água têm apresentado limitações, especialmente para a irrigação e para o consumo doméstico. A gestão dos recursos naturais tem se mostrado historicamente vulnerável, com a predominância de tecnologias ou formas de utilização ambientalmente predatórias na agricultura e nas atividades minerárias, contribuindo, progressivamente, para a degradação dos recursos hídricos.

Os programas de perenização de rios desenvolvidos pelo governo estadual na década de 1990, em Minas Gerais, com a construção de açudes e reservatórios, cujos resultados ainda não foram devidamente avaliados, apontam para novas possibilidades de utilização dos recursos hídricos do semi-árido, inclusive em sub-regiões tradicionalmente impactadas pelas secas. Nos vales de rios afluentes ao rio São Francisco e ao rio Jequitinhonha existem áreas de grande potencial de irrigação, com custos relativamente baixos, nas quais se pode ampliar e diversificar a produção agrícola.

As políticas públicas orientadas pela administração por pequenos projetos não têm conseguido evitar o quadro de exclusão face à pulverização de recursos e à superposição de ações, revelando um insuficiente processo de priorização de problemas regionais e de articulação. Por outro lado, políticas coordenadas que busquem alternativas técnicas adequadas devem apoiar-se na mobilização e participação da sociedade, podendo, desta forma, manter e garantir a sustentabilidade das ações implementadas.

A partir de 1997, com a edição da Lei nº 9.433, um novo arcabouço legal foi estabelecido para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, criando novos organismos na administração dos bens públicos brasileiros, que são os Conselhos, os Comitês e as Agências de Bacia, e instrumentos diversos que são as “ferramentas” a serem utilizadas no gerenciamento dos recursos hídricos.

Os órgãos gestores de recursos hídricos, juntamente com os comitês de bacias hidrográficas, consideram a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e objetivam implementar políticas públicas que visem à melhoria da quantidade e qualidade das águas, assim como promover as ações destinadas a prevenir ou minimizar efeitos de secas e inundações.

A exemplo da Política Nacional de Recursos Hídricos, a nova política de recursos hídricos adotada no estado de Minas Gerais a partir de 1999 (Lei nº 13.199/99 e Decreto nº 41.578/01) tem como instrumentos de gestão: (i) o Plano Estadual de Recursos Hídricos; (ii) os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas; (iii) o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos; (iv) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os seus usos preponderantes; (v) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; (vi) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; (vii) a compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos; (viii) o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo; e (ix) as penalidades.

Observa-se que, em algumas regiões do estado de Minas Gerais onde há suficiente disponibilidade de água, a implementação dos instrumentos de regulação e econômicos de gerenciamento, notadamente a outorga e a cobrança pelo uso da água, poderá ser capaz de dirimir os conflitos existentes, assim como promover o uso racional dos recursos hídricos. Em outras regiões, especialmente na região semi-árida mineira, onde há uma relativa escassez de recursos hídricos, além da implementação dos instrumentos de gerenciamento, deverão ser adotadas soluções adequadas, considerando-se a proposição de obras, dentre essas, sistemas

convencionais de suprimento de água, estruturas para captação de água de chuva e outras técnicas para enfrentar os problemas relacionados à escassez.

Os governos e os órgãos gestores de recursos hídricos estão empenhados em desenvolver políticas eficazes para mitigação da escassez hídrica, a qual afeta especialmente as diferentes regiões semi-áridas brasileiras, de modo que a falta de suprimento de água não constitua motivo para a continuidade da pobreza, fome e miséria. É importante, entretanto, que suas ações sejam baseadas em estudos e experiências que demonstrem as alternativas adequadas para cada região.

A primeira hipótese explorada neste estudo considera que, uma vez conhecidas as diversas técnicas convencionais e alternativas de captação de água, há como se buscarem soluções para os problemas do suprimento prioritário das águas para consumo humano, desde que essas técnicas sejam corretamente aplicadas e monitoradas quanto às suas respectivas eficiências. Essa hipótese é complementada pela premissa de que a escolha da correta alternativa de suprimento de água a ser adotada na região estudada deverá ainda ser apoiada por ações calcadas na participação popular, de forma a garantir a sua sustentabilidade.

A segunda hipótese considera que as políticas públicas e, especialmente, os instrumentos da política de recursos hídricos devem ser adaptados e complementados quando se trata da gestão das águas em áreas rurais da região semi-árida mineira.

Nesta tese são apresentados no Capítulo 2 os objetivos de se fazer o estudo do gerenciamento dos recursos hídricos na região semi-árida mineira. Na revisão bibliográfica, apresentada no Capítulo 3, são realizadas considerações sobre as secas e seus impactos nas regiões de clima semi-árido brasileiro e mineiro, verificando-se que os problemas relacionados à escassez hídrica se referem também a outros fatores, além do atraso na ocorrência de chuvas e da vulnerabilidade das populações mais pobres ao conviverem com as adversidades climáticas. Em anos mais recentes, após o advento da Política Nacional de Recursos Hídricos, buscou-se adequar as políticas públicas que norteiam os estudos e programas às diversidades da região semi-árida, dos diversos biomas nos espaços sub-regionais e das bacias hidrográficas nos estados brasileiros. Em outra etapa da revisão bibliográfica, a partir do pressuposto de que o uso prioritário da água é o abastecimento humano, apresentam-se as alternativas da utilização de sistemas simplificados convencionais e sistemas alternativos de suprimento de água. Identifica-se a existência de importante interface entre a política de recursos hídricos e a

política de saneamento básico, especialmente no abastecimento de água para as populações em regiões que apresentam desigualdades sociais no estado de Minas Gerais. Identifica-se também a inexistência de regulação específica nas legislações de recursos hídricos e de saneamento básico para as captações de água de chuva como sistema alternativo de suprimento de água. No Capítulo 4 é apresentada a metodologia para o desenvolvimento do trabalho, a qual propõe avaliar os sistemas convencionais de abastecimento de água e alternativo de captação de água de chuva, destinados ao atendimento do consumo humano, a partir de critérios que possibilitem a escolha de alternativas mais adequadas. No Capítulo 5 são apresentados os resultados da pesquisa com a aplicação da metodologia em uma bacia demonstrativa da região semi-árida mineira. No Capítulo 6 são apresentadas as discussões sobre a efetividade da gestão dos recursos hídricos, sobre as políticas públicas adotadas, sobre a atuação das organizações não governamentais e sobre a necessidade de estudos, investimentos e financiamentos. No Capítulo 7 são elaboradas conclusões e recomendações relativas ao gerenciamento dos recursos hídricos para promover um adequado suprimento para consumo humano em regiões semi-áridas, além de sugestões de futuros temas para pesquisa.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

O objetivo da presente pesquisa é avaliar o gerenciamento dos recursos hídricos na região semi-árida mineira, verificando a viabilidade da adoção de técnicas convencionais de suprimento de água e/ou de técnicas alternativas de captação de água de chuva destinadas ao consumo humano.

2.2 - Objetivos Específicos

- Avaliar as políticas de gestão de recursos hídricos adotadas na região semi-árida mineira, verificando as dificuldades e restrições para obtenção dos resultados pretendidos;
- Avaliar a utilização das cisternas para captação de água de chuva como alternativa para suprimento de água para consumo humano em regiões dispersas; e
- Contribuir com as avaliações efetuadas na elaboração de um Plano Estratégico para suprimento de água para consumo humano na região semi-árida mineira.

3 - REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - Considerações sobre seca, escassez hídrica e regiões de clima semi-árido

A seca é, talvez, o mais complexo e menos entendido fenômeno da natureza, afetando um número maior de pessoas do que qualquer outro. Nas últimas décadas verifica-se a ocorrência de secas e a inabilidade da maioria dos governos de mitigar seus efeitos, no curto prazo, e de reduzir, no longo prazo, a vulnerabilidade das sociedades no convívio com esse fenômeno natural. A seca é naturalmente parte do clima e sua recorrência, como outros eventos climáticos extremos, é inevitável. A seca se difere de outros fenômenos (cheias, ciclones e terremotos) de várias maneiras. Uma vez que seus efeitos vão se acumulando por um considerável período de tempo, podendo perdurar por anos depois do término do evento, torna-se difícil delimitar o seu início e o seu final. Também, pela falta de uma definição precisa e universal da seca, torna-se difícil determinar o seu grau de severidade. O fenômeno está relacionado com o seu local de ocorrência e seus específicos impactos. Isso explica as várias definições, algumas delas inadequadas em termos científicos. Observa-se que seus impactos são menos óbvios e se estendem por grandes áreas geográficas, diferentemente de outros fenômenos naturais. Raramente a seca resulta em prejuízos estruturais, como no caso de terremotos e enchentes. Por essas razões, a quantificação dos impactos e a previsibilidade dos desastres são tarefas mais difíceis para esse fenômeno do que para os demais (WILHITE, 1993).

Vários são os critérios para se definir as secas. Muitos dos critérios usualmente utilizados visam analisar a frequência, a severidade e a duração dos eventos para um determinado período histórico. Muitas disciplinas das ciências exatas e humanas possuem suas próprias perspectivas no entendimento do fenômeno das secas e cada uma delas incorpora diferentes fatores físicos, biológicos e/ou socioeconômicos para suas próprias definições. Uma definição para a seca na área da agricultura compara dados de precipitação e evapotranspiração para determinar a depleção da água no solo e assim relacionar as consequências da seca nos vários estágios de desenvolvimento das plantas. Os efeitos dessas condições meteorológicas no crescimento das plantas podem ser reavaliados continuamente pelos especialistas da área para assim determinar procedimentos para mitigação dos impactos.

A seca ocorre, de uma maneira geral, quando as demandas excedem às disponibilidades resultantes de chuvas escassas em determinada região. Esse conceito de seca é suportado pela forte ligação existente entre o clima e as atividades humanas. Assim, a incidência de uma seca pode aumentar em função da mudança do clima e das ações da sociedade. Por exemplo, as práticas incorretas de agricultura, o pisoteio de animais e a supressão de vegetação contribuem para erosão dos solos, aumentando os impactos das futuras secas.

As secas diferem uma das outras em três características essenciais: intensidade, duração e cobertura espacial. A intensidade refere-se à precipitação e/ou à severidade associada à falta de chuvas. Isso é medido por meio de índices comparativamente às médias normais e relacionado a períodos na determinação do impacto. Uma das principais dificuldades desses índices é determinar o limite abaixo do qual se pode considerar que há deficiência na precipitação.

Um dos índices mais utilizados e mundialmente reconhecidos para quantificação da seca é o Índice de Severidade de Seca de Palmer. Palmer (1965) considera que o total de precipitação requerida para manter uma área em um determinado período sob condições de economia estável é dependente da média dos elementos meteorológicos, das condições meteorológicas dos meses precedentes e do mês atual para a área em questão. O método para a estimativa da precipitação requerida baseia-se nas médias históricas de evapotranspiração, recarga de água no solo, escoamento superficial e perda de umidade do solo. A diferença entre a precipitação ocorrida e a requerida representa uma medida razoavelmente direta da diferença hídrica entre o mês em questão e a normal climatológica. Quando essa diferença é apropriadamente ponderada, o valor resultante pode ser comparado para diferentes locais e épocas (WILHITE, 1993).

Outra característica que distingue as secas é a sua duração. As secas usualmente requerem um mínimo de 2 a 3 meses para se estabilizar, mas podem continuar por vários anos consecutivos. A magnitude do impacto da seca está diretamente relacionada à duração do evento. Cita-se como exemplo a seca ocorrida no nordeste brasileiro no período 1979 - 1983, com duração de 5 anos. Nessa série de anos, os dois primeiros, 1979 e 1980, foram anos secos no sentido clássico (significativa deficiência de chuvas durante os meses do período chuvoso). Em 1981, os totais de chuvas foram ligeiramente acima das médias normais esperadas, mas sua distribuição temporal resultou em seca agrícola, ou seja, as precipitações ocorreram após o período ideal para a germinação das plantas. Em 1982, as precipitações foram baixas, mas

ocorreram em épocas propícias e os resultados foram menos adversos para a agricultura. Esses 4 anos secos foram seguidos, em 1983, pela mais severa seca ocorrida nos antecedentes 25 anos (MAGALHÃES *et al.*, 1998).

As secas diferem-se também em termos de características espaciais. As áreas afetadas por uma seca severa evoluem gradualmente, e as regiões de máxima intensidade variam de estação para estação. Em países com grandes extensões territoriais, como o Brasil, a China, a Índia, os Estados Unidos da América ou a Austrália, as secas raramente atingem todo o país. Durante a grande seca de 1930 nos Estados Unidos da América, por exemplo, a área afetada pela seca atingiu um percentual próximo de 65% da área do país. Na Índia, as secas do século XX afetaram áreas próximas de 50% do país; uma exceção ocorreu no período 1918 - 1919 quando uma grande seca afetou aproximadamente 73% da área do país (WILHITE, 1993).

A severidade da seca não depende somente da duração, intensidade e extensão geográfica, mas também das ações antrópicas sobre a vegetação e as fontes de recursos hídricos. A significância de uma seca não pode ser dissociada do contexto social e seu impacto depende diretamente da vulnerabilidade social em determinado momento.

Essa vulnerabilidade pode ser verificada nas consequências, como o deslocamento que as pessoas são forçadas a fazer, mudando-se para outras cidades ou outras fronteiras. A seca pode ser considerada como a causa da emigração, mas deve ser examinada como uma função de diversos fatores, como a exploração, a falta de alternativas locais e as altas nos preços dos alimentos. O acesso à educação, ao emprego, ao crédito, aos mercados, a um ambiente saudável, à propriedade da terra e às oportunidades de trabalho é indispensável para o desenvolvimento. Aqueles que estão à margem social necessitam estar aptos a diversificar suas atividades de maneira a reduzir suas vulnerabilidades (DOWNING, 1992).

Como em outras regiões habitadas do planeta, há duas faces distintas relacionadas ao problema da seca na região semi-árida do Brasil. A primeira refere-se ao problema climático que causa escassez de água, devido ao atraso das chuvas essenciais à agricultura de subsistência. A outra face relativa à seca não está diretamente relacionada com o clima, mas sim com as questões sociais e econômicas. Verifica-se que a população rural do interior da região semi-árida é particularmente vulnerável ao clima, mesmo quando as chuvas se atrasam somente por poucas semanas no período chuvoso. Em 1975, por exemplo, quando as chuvas atrasaram em várias localidades do interior do nordeste brasileiro, as plantações foram

arruinadas, suprimentos tiveram que ser fornecidos e empobrecidos trabalhadores rurais iniciaram as migrações para os centros urbanos em busca de trabalho (HALL, 1978). Com a chegada das chuvas a situação novamente volta ao normal. A distinção entre uma situação de seca e uma situação normal é, desta forma, muito tênue.

O problema climático da região semi-árida não é a escassez de chuvas em termos absolutos, mas a sua irregular distribuição ao longo do ano. Mesmo durante um ano “normal”, 80 a 90% das chuvas são concentradas nos meses chuvosos. A duração da estação chuvosa é relativamente constante, mas o seu início, que deveria coincidir com o calendário agrícola, pode variar até 85 dias. No cultivo agrícola, o plantio se inicia nos meses em que há a expectativa da ocorrência de chuvas que vão possibilitar a germinação e o crescimento das plantas. A redução da quantidade de chuva pode trazer efeitos desastrosos se o início da estação chuvosa se atrasa, causando a falência das culturas.

Hall (1978) cita como exemplo a seca ocorrida no ano de 1970, devida à severa irregularidade das chuvas entre os meses de dezembro de 1969 e maio de 1970. Na esperada estação chuvosa, a ocorrência de quatro meses secos alternados com dois meses chuvosos frustraram o calendário agrícola de subsistência. Em algumas partes do sertão as chuvas foram insuficientes enquanto que em outras partes as primeiras chuvas não foram seguidas rapidamente pelas segundas e terceiras chuvas de maneira que as culturas pudessem se desenvolver. As colheitas foram perdidas e os parques estoques de alimentos foram exauridos, quando então os habitantes começaram a sofrer os efeitos da seca. Outros estudos indicam que médios e grandes proprietários foram menos adversamente afetados pela seca do que a grande massa de pequenos agricultores e trabalhadores rurais. É sabido, portanto, que a economia rural do sertão possui grupos definidos de produtores rurais em situação de dependência e vulnerabilidade que os leva a situações drásticas quando as secas ocorrem. Tal exemplo e estudos descrevem situações que se sucedem até os dias atuais, demonstrando a recorrência dos episódios de seca e das suas consequências.

As recorrentes secas no nordeste brasileiro e no norte do estado de Minas Gerais são popularmente apontadas como causa da pobreza e miséria regionais. Entretanto, estudos recentes têm modificado esse dogma. Existem indicativos de que os impactos sociais e econômicos da variabilidade climática são devidos, em grande parte, ao conservador sistema de produção que domina as estruturas política, social e econômica das regiões. Além disso, alguns empreendedores das regiões semi-áridas brasileiras têm obtido vantagens com o clima

seco do sertão (elevadas temperaturas, insolação praticamente o ano inteiro, baixa umidade relativa do ar e ausência de chuvas durante muitos meses do ano) para produzir frutas tropicais em culturas irrigadas de alto valor no mercado internacional (NOBRE & CAVALCANTI, 2000).

As regiões áridas e semi-áridas têm um regime de chuvas irregulares que levam a secas recorrentes geralmente seguidas de destrutivas enchentes. Regiões sub-úmidas são menos afetadas pelas secas, enquanto que as regiões úmidas são, praticamente, livres delas. No nordeste brasileiro, a região da caatinga é caracterizada por um regime de chuvas com 7 a 9 meses secos por ano. Por outro lado, a zona da mata tem somente 4 a 5 meses secos por ano. Essa variação sazonal não retrata exatamente a variabilidade do clima. As secas do sertão podem ocorrer em um ano em que, aproximadamente, metade da precipitação anual ocorre somente em um único mês e metade das chuvas mensais pode ocorrer em poucos dias (PONCE, 1995).

A escassez hídrica

O grande fenômeno natural responsável pela renovação das águas é o ciclo hidrológico, acionado pela energia solar e pela força da gravidade, pelos quais as águas são evaporadas e precipitadas sobre mares e continentes, num ciclo sem fim, gerando circulação da água e sua purificação. Anualmente, cerca de 110.000 km³ de água precipita-se sobre os continentes, dos quais cerca de 70.000 km³ evaporam, retornando à atmosfera, e 40.000 km³ se repartem entre escoamento superficial e subterrâneo, numa proporção de cerca de 70% e 30 % respectivamente. Dessa forma, esses 40.000 km³ constituem, em média, o limite máximo renovável num ano, no mundo. A parcela que vai para os aquíferos subterrâneos irá alimentar os cursos de água superficiais na estiagem (MARGULIS, 1990).

Considerando a distribuição dos recursos hídricos, observa-se que existe uma variabilidade dentro do ano e ao longo do tempo que, conforme as condições climáticas, favorece a ocorrência de situações extremas de enchentes e secas, que podem ser agravadas ou mitigadas artificialmente pela ação antrópica. A distribuição de recursos hídricos também é desigual considerando a sua disponibilidade em diversas regiões. A disponibilidade média anual global de água é da ordem de 7.700 m³/hab.ano, porém há regiões do planeta em que parte da população conta com menos de 1.000 m³/hab.ano - nível tido como indicador de escassez de água (BANCO MUNDIAL, 1998). Enquanto o Oriente Médio tem metade de sua população nesse estado emergencial, as regiões tropicais chegam a ter uma disponibilidade per capita 20

vezes maior. No mundo, vinte e dois países possuem recursos hídricos renováveis de menos de 1.000 m³/hab.ano e outros dezoito países têm menos de 2.000 m³/hab.ano, taxas que tendem a diminuir, conforme o crescimento da população (BANCO MUNDIAL, 1998).

Há várias maneiras de se verificar a escassez hídrica, com base em índices, como por exemplo, o índice de escassez hídrica (water scarcity index, WSI), relação entre a demanda anual de água e a disponibilidade de recursos hídricos renováveis. Quatro níveis são identificados (WMO/UNESCO, 1997):

- $WSI < 10\%$ - baixa escassez hídrica: somente um pequeno gerenciamento de recursos hídricos se torna necessário;
- $10\% < WSI < 20\%$ - moderada escassez hídrica: o suprimento de água se torna um problema significativo e há necessidade de planejamento e investimento no gerenciamento de recursos hídricos;
- $20\% < WSI < 40\%$ - média para alta escassez hídrica: o gerenciamento de recursos hídricos se torna necessário para assegurar o uso sustentável da água; e
- $WSI > 40\%$ - alta escassez hídrica: problemas severos devem ser esperados, requerendo o gerenciamento intensivo de recursos hídricos e altos investimentos.

Palmier (2003) observa em estudo sobre a escassez hídrica que ocorre em países da América Latina e Caribe que o uso de índices pode não identificar os problemas em níveis locais e regionais que ocorrem em áreas continentais. A escassez hídrica pode ocorrer mesmo em regiões com abundante quantidade de água superficial, devido, por exemplo, à falta de condições dos solos de acumularem significativas reservas subterrâneas. Nesse caso, na região semi-árida brasileira, as populações têm convivido com as diversas situações de escassez hídrica.

A escassez hídrica se relaciona também à grande disparidade da oferta de água entre as populações rurais e urbanas de diversos países. Um dos maiores desafios da gestão de recursos hídricos é a instituição de práticas mais racionais, baseada na consideração das seguintes fases: a) o gerenciamento das fontes hídricas para se obter mais água; b) o gerenciamento da demanda para se obter um melhor uso da água; c) uma melhor alocação dos recursos hídricos disponíveis; e d) um gerenciamento adequado do meio ambiente para proteção dos mananciais e da qualidade das águas (PETRY, 2001).

A degradação do meio ambiente e o uso inadequado dos solos têm contribuído para a exacerbação dos problemas de escassez hídrica. Em áreas rurais, notadamente nas regiões semi-áridas, torna-se necessária uma abordagem integrada da gestão ambiental para mitigação dos efeitos da escassez hídrica.

3.1.1 - Caracterização das regiões de clima semi-árido

Em anos recentes é crescente o interesse sobre os acontecimentos nas regiões semi-áridas em todo o mundo. Esse interesse é devido, sobretudo, às secas e à penúria que afetaram grandes áreas nas décadas de 1980 e 1990, e atingiram milhões de pessoas nas regiões semi-áridas da África. O que pode ser feito para se prevenir dessas calamidades? Apesar das secas serem em grande parte devido a eventos naturais, que ocorreram no passado e certamente ocorrerão no futuro, algumas respostas podem ser dadas com o conhecimento que se possui atualmente de técnicas de reflorestamento, conservação dos solos e gerenciamento dos recursos hídricos (FAO, 1987).

O desenvolvimento da agricultura naturalmente se dá nas regiões com os melhores solos. Seja na escala de um proprietário ou na escala de um país, a tendência é incrementar e maximizar a produção nas áreas de melhor potencial. Mas com o crescimento das populações e das demandas de produtos agroindustriais, é necessário ampliar as áreas de cultivo em regiões onde o clima não é tão favorável. As regiões de clima semi-árido passaram então a ser objeto de estudo para o desenvolvimento da produção agrícola e animal.

Observa-se uma mudança recente em diversos países que passaram a adotar políticas para incrementar a agricultura em áreas com baixa pluviosidade. Um exemplo é o Zimbábue, onde, em tempos em que era uma colônia, o desenvolvimento da agricultura era dirigido a grandes fazendas nas melhores terras, com bons índices de chuvas anuais. Após a independência, houve a necessidade de se desenvolver as pequenas propriedades e a agricultura de subsistência, geralmente em áreas de solos pobres e com baixa incidência de chuvas médias anuais (FAO, 1987).

Em todo o mundo, diversos índices têm sido utilizados para caracterizar a aridez dos climas das regiões em função das precipitações médias, das temperaturas médias, insolação, evapotranspiração potencial, umidade relativa do ar, número de meses secos no ano etc. Citam-se alguns índices daqueles compilados pela American Meteorological Society (AMS, 2000), com valores limites e classificações indicadas nas Tabelas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5:

(i) Índice de Pluviosidade de Lang, R , (proposto em 1925, segundo AMS, 2000), obtido com a seguinte expressão:

$$R = P/T \quad (3.1)$$

na qual:

P = precipitação anual (mm); e

T = temperatura média anual (°C)

Tabela 3.1 - Índice de pluviosidade de Lang

R	CLIMA
> 160	úmido
160 - 100	temperado úmido
100 - 60	temperado quente
60 - 40	semi-árido
0 - 40	estépico

(ii) Índice de aridez de Martonne, Ia , (proposto em 1926, segundo AMS, 2000), obtido com a seguinte expressão:

$$Ia = P / (T + 10) \quad (3.2)$$

na qual:

P = precipitação média anual (mm); e

T = temperatura média anual (°C)

Tabela 3.2 - Índice de aridez de Martonne

Ia	CLIMA
> 60	hiper úmido
60 - 30	úmido
30 - 20	sub úmido
20 - 15	semi árido (mediterrâneo)
15 - 5	árido (estépico)
5 - 0	hiper árido (desértico)

(iii) Quociente pluviométrico de Emberger, Q , (proposto em 1930, segundo AMS, 2000), obtido com a seguinte expressão:

$$Q = (100 \times P) / (Mi^2 - mi^2) \quad (3.3)$$

na qual:

P = precipitação média anual (mm);

Mi = temperatura máxima do mês mais quente (°C); e

mi = temperatura mínima do mês mais frio (°C)

Tabela 3.3 - Quociente pluviométrico de Emberger

Q	CLIMA
> 90	úmido
90 - 50	sub úmido
50 - 30	semi árido
30 - 0	árido

(iv) Índice de Dantin-Revenga, DR, (proposto em 1940, segundo AMS, 2000), obtido com a seguinte expressão:

$$DR = 100 \times T/P \quad (3.4)$$

na qual:

P = precipitação média anual (mm); e

T = temperatura média anual (°C)

Tabela 3.4 - Índice de Dantin-Revenga

DR	CLIMA
0 - 2	úmido
2 - 3	semi árido
3 - 6	árido
> 6	extremamente árido (desértico)

(v) Índice de aridez de Thornthwaite (1941) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, obtido com a seguinte expressão:

$$Ia = P/PE \quad (3.5)$$

na qual:

P = precipitação média anual (mm); e

PE = evapotranspiração potencial média anual (mm)

A recente definição de aridez deriva de uma metodologia desenvolvida por Thornthwaite (1941), a qual foi utilizada para a elaboração do *Map of the World Distribution of Arid Regions*, elaborado pela UNESCO, em 1979, como resultado do Programa Hidrológico Internacional, iniciado em 1952.

A fórmula de Thornthwaite, como é conhecido o índice de aridez, foi posteriormente ajustada por Penman (1953), a fim de que se elaborasse a classificação que é hoje aceita e que tem servido de parâmetro para estudos em todo o mundo (SOUZA *et al.*, 2004).

A razão entre essas duas variáveis foi utilizada para o estabelecimento das áreas de risco e a elaboração, em 1977, do Plano de Ação de Combate à Desertificação das Nações Unidas e do *World Atlas of Desertification*, publicado pelo PNUMA.

Conforme essa definição, o grau de aridez de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva (P) e da perda máxima possível de água através da evaporação e transpiração, ou a Evapotranspiração Potencial (ETP).

De acordo com o índice de aridez, são estabelecidas 5 categorias de clima, conforme indicado na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Índice de aridez de Thornthwaite

Ia	CLIMA
<0,03	Hiper-Árido
0,03 - 0,20	Árido
0,21 - 0,50	Semi-Árido
0,51 - 0,65	Sub-úmido seco
> 0,65	Sub-úmido e úmido

As regiões hiper-áridas, áridas e semi-áridas representam cerca de 30% da superfície terrestre e encontram-se nos diversos continentes. Significativas extensões de regiões áridas e semi-áridas estão localizadas no Norte da África, na Península Arábica, na Austrália, na Ásia Central e, em menor grau, no Sudeste da África, parte da Costa do Pacífico na América do Sul, parte do México, alguns estados nos Estados Unidos da América do Norte e no Nordeste Brasileiro (PETRY, 1999).

As terras áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas compreendem cerca de 51.720.000 km² (MATALLO, 1998). Desse total excluem-se as áreas hiper-áridas (os desertos), que somam 9.780.000 km². Na Tabela 3.6 é mostrado o total de terras do planeta e suas respectivas áreas por tipo de clima, utilizando-se o Índice de aridez de Thornthwaite.

Tabela 3.6 - Total de terras por tipo de clima (valores em km²)

Clima	África	Ásia	Austrália	Europa	América do Norte	América do Sul	Antártida	Total
Hiper Árido	6.720.000	2.770.000	0	0	30.000	260.000	0	9.780.000
Árido	5.040.000	6.260.000	3.030.000	110.000	820.000	450.000	0	15.710.000
Semi-Árido	5.140.000	6.930.000	3.090.000	1.050.000	4.190.000	2.650.000	0	23.050.000
Sub-Úmido seco	2.690.000	3.530.000	510.000	1.840.000	2.320.000	2.070.000	0	12.960.000
Área total	30.335.000	43.508.000	8.923.000	10.498.000	25.349.000	17.611.000	13.340.000	149.564.000

Fonte: Atlas Mundial Times, 1995.

Além das secas, as zonas áridas e semi-áridas do mundo são caracterizadas pela presença da desertificação, fenômeno natural cujas relações causais estão referidas ao clima e ao uso inadequado dos recursos naturais. Significa dizer que a semi-aridez, a desertificação e as secas constituem ocorrências naturais associadas, cujos efeitos são potencializados pela ação do homem. A degradação ambiental nos espaços sujeitos à aridez e à semi-aridez alcança o seu limite com a desertificação (MMA, 2004).

A sociedade estabelecida nas áreas semi-áridas no Brasil produziu escasso estoque de riquezas materiais. Até mesmo a cultura material teve reduzida expressão quando comparada à produzida nas áreas econômicas de maior dinamismo localizadas na Região Litoral-Mata do Nordeste. Assim foi porque a economia dos espaços semi-áridos esteve, durante muito tempo, alicerçada em atividades de baixa produtividade, como as do complexo gado-algodão-lavouras alimentares. O problema tornou-se maior por conta das discontinuidades econômicas comandadas pelas secas. Na região semi-árida, a geração de menores estoques excedentes esteve, historicamente, vinculada à lógica do capital mercantil. A dominação persistente dessa forma de capital se constituiu em um dos fatores responsáveis pela manutenção do maior atraso econômico, dificultando o acesso à terra e, em consequência, à água (MI, 2006).

3.1.2 - Caracterização da região semi-árida brasileira

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 dos 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. Foram então estabelecidos os seguintes conceitos:

- **O Polígono das Secas**, que corresponde a uma área reconhecida pela legislação como sujeita a repetidas crises de prolongamento das estiagens e, portanto, a especiais providências do setor público. O Polígono das Secas é constituído por diferentes zonas geográficas com diferentes índices de aridez, entretanto nessa área delimitada ocorrem frequentemente secas anômalas que trazem grandes consequências sociais. O Polígono foi delimitado em 1936, através da Lei 175, revisado pelo Decreto-Lei nº 9.857, de 13 de setembro de 1946, e pela Lei 1.348, de 1951. A Lei nº 4.763, de 30 de agosto de 1965, estabeleceu que todo município criado com o desdobramento da área de um município, incluído total ou parcialmente no Polígono das Secas, fosse considerado como pertencente a este para todos os efeitos legais e administrativos. O Decreto-Lei nº 63.778, de 11 de dezembro de 1968, delegou à Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) a competência de declarar, observada a legislação específica, quais seriam os municípios considerados como pertencentes ao Polígono das Secas. Com a Resolução SUDENE nº 11.135, de 19 de dezembro de 1997, foi atualizada a relação dos municípios pertencentes ao Polígono das Secas, incluindo aqueles que foram criados por desmembramento até janeiro de 1997.

A Agência de Desenvolvimento do Nordeste (ADENE), criada pela Medida Provisória nº 2.146-1, de 04 de maio de 2001, alterada pela Medida Provisória (MP) nº 2.156-5, de 24 de agosto de 2001, e instalada pelo Decreto nº 4.126, de 13 de fevereiro de 2002, substituiu a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. A área de atuação dessa Agência refletiu a abrangência do Plano de Desenvolvimento do Nordeste (criado pela MP 2.156-5), que incluiu os municípios dos estados do Maranhão, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo e os municípios do estado de Minas Gerais de que tratam as Leis nºs 1.348/51, 6.218/75 e 9.690/98, bem como os municípios de: Águas Formosas, Ataléia, Bertópolis, Campanário, Carlos Chagas, Catuji, Crisólita, Franciscópolis, Frei Gaspar, Fronteira dos Vales, Itaipé, Itambacuri, Ladainha, Maxacalis, Nanuque, Novo Oriente de Minas, Ouro Verde de Minas, Pavão, Pescador, Poté, Santa Helena de Minas, Serra dos Aimorés, Setubinha, Teófilo Otoni e Umburatiba, pertencentes ao Vale do Mucuri, além de Santa Fé de Minas e São Romão. A ADENE, autarquia vinculada ao Ministério da Integração Nacional, teve como objetivo implementar políticas e viabilizar

instrumentos de desenvolvimento do Nordeste, utilizando recursos financeiros do Fundo de Desenvolvimento do Nordeste (FDNE).

Em 03 de janeiro de 2007, foi editada a Lei Complementar nº 125 - que instituiu a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), alterando a Lei nº 7827/89 e a Medida Provisória nº 2.156/2001. A nova autarquia recém-criada e vinculada ao Ministério da Integração Nacional substituiu a ADENE, que foi extinta pela mesma Lei Complementar nº 125/2007.

A área de atuação da nova SUDENE abrange os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e as regiões e os municípios do estado de Minas Gerais de que tratam as Leis nºs 1.348/51, 6.128/75 e 9.690/98, acrescentando ainda os seguintes municípios: Angelândia, Aricanduva, Arinos, Formoso, Jenipapo de Minas, José Gonçalves de Minas, Leme do Prado, Monte Formoso, Ponto dos Volantes, Riachinho e Veredinha, todos em Minas Gerais; e ainda, os municípios do estado do Espírito Santo relacionados na Lei nº 9.690/98, bem como o município de Governador Lindemberg. A região mineira atendida pelos projetos da nova SUDENE é composta, atualmente, por 176 municípios.

De acordo com o artigo 5º da Lei Complementar, são instrumentos de ação da SUDENE: i) o Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste; ii) o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE); iii) o Fundo de Desenvolvimento do Nordeste (FDNE); e iv) outros instrumentos definidos em lei. O semi-árido constitui-se em uma região natural, inserida na área de atuação da SUDENE, conforme estudos e definições dessa Autarquia.

- A **região semi-árida** vinha sendo conceituada do ponto de vista climático (ADENE, 2003) como aquela região formada pelo conjunto de lugares contíguos, caracterizada pelo balanço hídrico que é resultante de precipitações médias anuais iguais ou inferiores a 800 mm, insolação média de 2800h/ano, temperaturas médias anuais acima de 23° a 27° C, evaporação potencial de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50%. Caracteriza-se essa região por forte insolação, temperaturas relativamente altas e pelo regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período, de poucos meses.

Conforme disposto na Lei nº 7.827, de 1989, o único critério de delimitação do Semi-Árido era a precipitação pluvial média anual igual ou inferior a 800 mm. A última atualização da

relação dos municípios da região ocorreu em 1999, por meio da Portaria nº 1.182, da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste.

A região semi-árida brasileira correspondia, até março de 2005, a 892.309,4 km², sendo 837.831,2 km² de área no Nordeste e outros 54.478,2 km² em Minas Gerais, caracterizando-se por apresentar reservas insuficientes de água em seus mananciais (SUDENE, 2003). A região semi-árida abrangia então 1.031 municípios, 40 dos quais situados em Minas Gerais.

Em março de 2004, foi formado um grupo de trabalho, sob a coordenação do Ministério da Integração Nacional, para apresentar propostas de critérios para redefinir a Região Semi-árida do Brasil e o Polígono das Secas, para orientar políticas públicas de apoio ao desenvolvimento da região (em particular, do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste).

Esse grupo de trabalho, formado por representantes da Agência de Desenvolvimento do Nordeste (ADENE); da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF); do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS); do Banco do Nordeste (BNB); da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); do Instituto do Semi-Árido; da Agência Nacional de Águas (ANA), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), além de técnicos e representantes dos Ministérios do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia, apresentou critérios e propostas resumidos a seguir:

Um primeiro estudo propôs a classificação dos municípios utilizando como critério o Índice de Aridez de Thornthwaite. Com base em dados de precipitação e evapotranspiração potencial foram definidas as áreas “*semi-áridas*” e “*sub-úmidas secas*”. O resultado obtido com essa metodologia - considerando-se semi-áridos os municípios com Índice de Aridez de 0,21 a 0,50 - diminuiu consideravelmente a atual área de abrangência da região semi-árida do Nordeste, delimitada pela isoieta de 800mm: dos atuais 1.031 municípios restariam apenas 396. Ressalta-se, porém, que, segundo os resultados do estudo, apesar da exclusão de 635 municípios, seriam, provavelmente, incluídos nove outros da faixa limítrofe: quatro no Piauí (Itaueira, Nazaré do Piauí, São Francisco do Piauí e Santa Cruz dos Milagres), três no Ceará (Icapuí, Aracati e Beberibe), um no Rio Grande do Norte (Macaíba) e um em Minas Gerais (Varzelândia).

Um segundo critério propôs a utilização dos percentuais de anos com precipitações acima e abaixo da média histórica e a avaliação dos riscos de ocorrências de anos secos, úmidos e sub-úmidos, que seriam utilizados para novas delimitações das respectivas áreas.

O terceiro estudo indicou como critério a utilização de outras análises, além da climática e meteorológica. Propôs, a partir da análise de natureza fito-ecológica, a delimitação da área nuclear das caatingas e das faixas de transição desse domínio com outros domínios geobotânicos, como o dos Cerrados, da Mata Atlântica, domínio Amazônico e enclaves diversos, para definir, entre outras, a região semi-árida.

Os resultados obtidos com essa metodologia apresentaram as seguintes conclusões: i) a região semi-árida brasileira envolveria uma área de 853.383,59 km²; ii) essa área apresenta configuração espacial diferente do Polígono das Secas, oficialmente reconhecida; iii) a delimitação espacial extrapolaria a superfície configurada pela isoietal modal de 800mm; iv) os novos limites da região semi-árida compreenderiam 388 municípios totalmente inseridos e 921 parcialmente inseridos.

O quarto estudo partiu das seguintes considerações: i) o desenvolvimento do Semi-árido ainda permanece fortemente influenciado pelo clima, uma vez que as atividades econômicas são essencialmente rurais; e ii) a despeito dos avanços tecnológicos ocorridos após a época da delimitação vigente (1989), a exemplo do uso de imagens de satélites, do instrumento de geoprocessamento e do tratamento e coleta de dados climatológicos em tempo real, percebe-se que o uso de outros critérios técnicos, a exemplo de solos ou vegetação, não traz condições exequíveis e operacionais que justifiquem a substituição do critério atual. E, dessa forma, propôs: i) a manutenção do critério que conceitua o Semi-árido abrangendo aquelas áreas com precipitação pluviométrica média anual inferior ou igual a 800mm; ii) a permanência do critério de inclusão integral dos municípios no Semi-árido quando cortados pela isoietal de 800mm; iii) a regionalização do Semi-árido de forma que a relação de municípios possa ser dividida em categorias (ou sub-regiões), a fim de refletir a diversidade existente e servir de critério de escala de prioridade para a intervenção pública; e iv) não utilizar mais o Polígono das Secas como instrumento legal de delimitação das áreas do Nordeste sujeitas às secas.

O quinto estudo propôs a utilização de dois critérios: i) totais anuais de precipitação, no período de 1960-1990; e ii) frequência de ocorrência de déficits hídricos no período de 1970 - 1990, usando um modelo de balanço hídrico diário.

Os resultados desse quinto estudo levaram às seguintes conclusões: i) no caso da análise dos totais anuais de precipitação, o resultado reduz a área da Região Semi-árida definida pela isoietas média anual de 800mm; e ii) a análise baseada no balanço hídrico indica que as áreas definidas como semi-áridas são consistentes com a região que apresentou, no período de 1970-1990, déficit hídrico em pelo menos 60% do tempo, de acordo com o modelo de balanço hídrico adotado.

Após as análises das cinco propostas apresentadas pelo Grupo de Trabalho, e considerando a intenção dos Ministérios da Integração Nacional, do Meio Ambiente e o da Ciência e Tecnologia de ampliar de fato o número de critérios de delimitação da Região Semi-árida do Nordeste, foi sugerido acrescentar, de forma alternativa ao critério da isoietas de 800mm, os critérios de Índice de Aridez de Thornthwaite (considerando-se semi-árido o município com índice de até 0,50) e Risco de Seca (desde que superior a 60%). Assim, segundo os estudos, passam integrar a Região Semi-árida os municípios pertencentes à área de atuação da ADENE que atenderem a pelo menos um dos três critérios citados.

Ainda segundo a conclusão final dos estudos, os municípios devem ser considerados como unidades integrais e indivisíveis para fins da política de desenvolvimento econômico da Região Semi-árida, ou seja: por mera conveniência operacional fica inteiramente afastada a hipótese de um município ser parcialmente contemplado na Região Semi-árida, de modo que ou o município está inteiramente dentro ou totalmente fora do Semi-árido.

Nos casos de criação, desmembramento ou remembramento de municípios, a inclusão ou não na Região Semi-árida ficará obrigatoriamente na dependência do resultado da aplicação, pela instituição legalmente encarregada da gestão da política, dos mesmos critérios adotados na delimitação da Região como um todo, não prevalecendo, portanto, o argumento de inclusão automática por se tratar de município anteriormente incluído. Esse princípio se justificaria pela necessidade de manter-se a coerência técnica e evitar eventuais distorções que venham a privilegiar ou prejudicar algum município e, ainda, desvirtuar os critérios de delimitação geral da Região.

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, aumentando o número de municípios da região de 1.031 para 1.133 (Figura 3.1). Com a atualização da relação dos municípios, a área classificada oficialmente como o Semi-Árido

Brasileiro aumenta de 892.309,4 km² para 969.589,4 km². Com os novos critérios estabelecidos, Minas Gerais passou a ter 85 municípios incluídos na região semi-árida, com uma população residente de 1.184.527 habitantes.



Figura 3.1 - Nova delimitação do semi-árido brasileiro.
Fonte: Brasil (2005)

A região semi-árida brasileira possui características distintas, sendo descrita em função de suas características geoambientais (SOUZA FILHO, 2003) como regiões “semi-áridas brasileiras” divididas em Zona Litoral, Semi-árida e de Expansão de Fronteiras. Na zona litoral a pluviometria é superior a 1.000mm e possui solos de formações sedimentares. A zona semi-árida propriamente dita corresponde àquela com índices de chuvas mais baixos e solo cristalino de formações mais antigas. A zona de expansão agrícola caracteriza-se por bacias sedimentares de formação secundária e pluviometria elevada. Desta forma, segundo descrição de Souza Filho (2003), “*as manchas semi-áridas são um enclave não homogêneo (abrangendo quase 1 milhão de km²) de escassa pluviosidade dentro do domínio tropical, apresentando grande diversidade de um ponto para outro*”.

Encontra-se em elaboração o estudo desenvolvido pela Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional (SDR) e pela atual SUDENE, do Ministério da Integração Nacional, denominado Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido (PDSA). Esse estudo estratégico, em sua versão para discussão (MI, 2005), se apresenta como

o primeiro plano específico de desenvolvimento do semi-árido, que deverá ser implementado na região nordeste do País e norte de Minas Gerais (Figura 3.2).

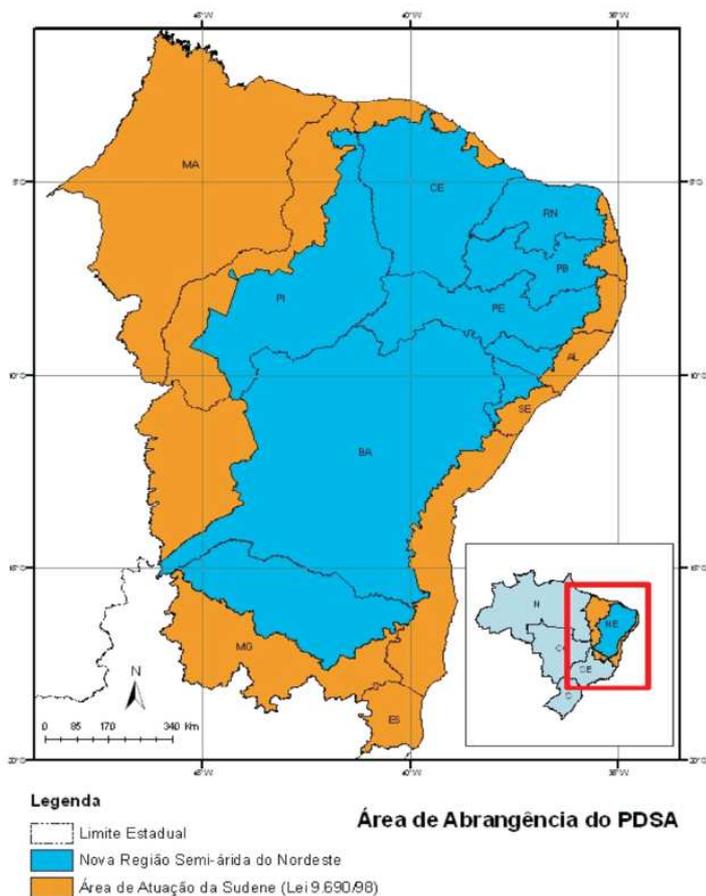


Figura 3.2 – Área de abrangência do Plano de Desenvolvimento Estratégico do Semi-árido
Fonte: MI (2005)

O PDSA apresenta, em três áreas estratégicas - o Sertão Norte, o Sertão Sul e a Ribeira do São Francisco (Figura 3.3) -, compromissos de modo a viabilizar a convivência com as secas e a semi-aridez. São priorizadas as denominadas “apostas” (conceituadas como ações inovadoras ou associadas a empreendimentos de grande porte, territorialmente identificadas com o semi-árido) do governo federal. Os projetos e ações priorizadas são: i) a revitalização da bacia do rio São Francisco; ii) a integração de bacias hidrográficas; iii) o reforço e a ampliação da malha da ferrovia transnordestina; iv) o desenvolvimento da agricultura irrigada; v) o agronegócio e a revitalização de perímetros públicos; vi) o desenvolvimento da energia alternativa: biodiesel, gás natural e outras fontes não-fósseis de energia; vii) o apoio ao desenvolvimento da mineração; e viii) a implantação de uma refinaria da Petrobras no estado de Pernambuco.

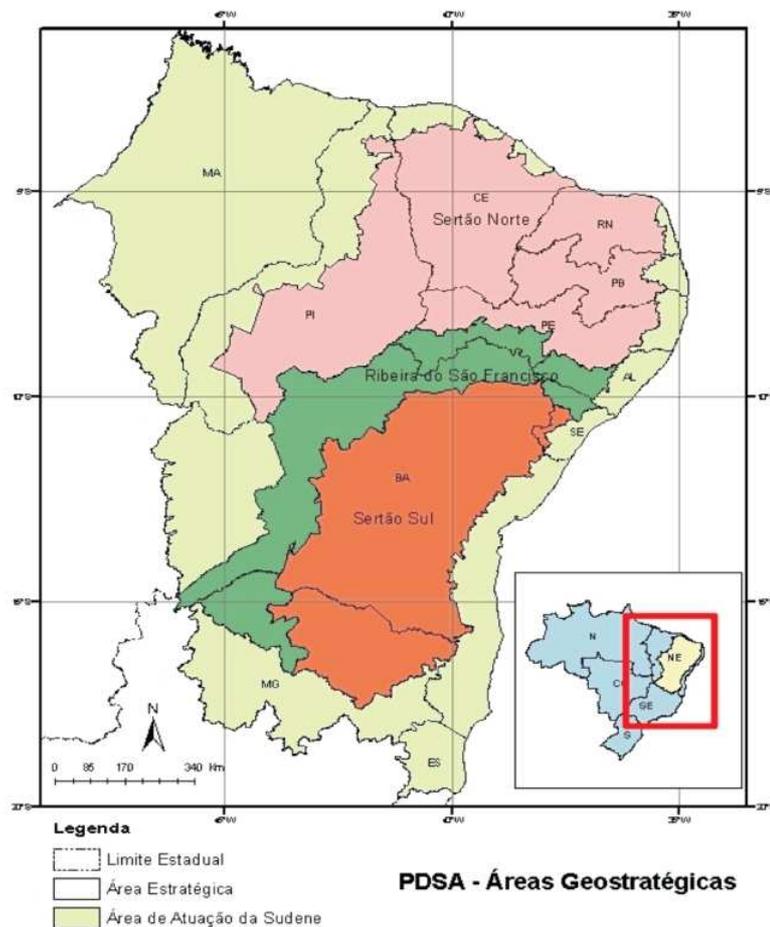


Figura 3.3 - Áreas estratégicas do PDSA
 Fonte: MI (2005)

Nesse estudo estratégico, foram revistas as ações desenvolvidas no passado, tais como: os programas de emergência de seca, os programas especiais de desenvolvimento regional, o Programa de Combate à Pobreza Rural (PCPR), as iniciativas na área do desenvolvimento sustentável (convivência com o semi-árido) e os projetos de irrigação desenvolvidos pelo DNOCS e CODEVASF. São ainda descritas as ações em andamento a cargo do governo federal, como, por exemplo: os programas Programa Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Semi-Árido (CONVIVER), Programa de Sustentabilidade de Espaços Sub-Regionais (PROMESO), Subprograma de Desenvolvimento de Recursos Hídricos para o Semi-Árido Brasileiro (PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO), Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-BRASIL) e as ações desenvolvidas pelos governos estaduais e pelas organizações da sociedade civil.

O PDSA pretende ser elemento orientador da Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR) na escala sub-regional do semi-árido e, no âmbito da questão hídrica, prevê: i) a reorganização da infra-estrutura hídrica, com a interligação dos açudes existentes; ii) a

recuperação das áreas dotadas de infra-estrutura de irrigação, com o conseqüente estímulo ao desenvolvimento da agricultura irrigada; e iii) o aprofundamento da estratégia de convivência do homem com a seca, composta de projetos localizados.

O planejamento para a região semi-árida se apresenta como uma alternativa de estruturação do desenvolvimento da região, lastreada nas ações já implementadas, e calcada nas novas “apostas” a serem implementadas, tendo como principais objetivos específicos: i) reorganizar, fortalecer e criar novas frentes de expansão econômica no contexto da economia do nordeste; ii) promover a utilização dos recursos hídricos segundo os princípios da gestão integrada da oferta e da demanda; iii) apoiar a realização de estudos destinados a aprimorar o conhecimento da situação dos processos de desertificação e de secas observados na região; iv) apoiar a expansão da agricultura familiar; v) fortalecer mecanismos de participação e organização da comunidade, tendo em vista o fortalecimento da cidadania; e vi) contribuir para a erradicação da pobreza na região das áreas afetadas pelas secas.

3.1.3 - Caracterização da região semi-árida mineira

No estado de Minas Gerais, a estiagem prolongada tornou-se um problema recorrente e vem se agravando significativamente, como ocorre na região nordeste do país. O número de municípios atingidos em consequência de chuvas irregulares ultrapassa àquele definido na região semi-árida mineira, alcançando diversos outros municípios localizados nas bacias dos rios São Francisco, Pardo, Jequitinhonha e Mucuri.

Em 2003, de acordo com a Coordenação Estadual de Defesa Civil (CEDEC – MG), 88% dos municípios mineiros situados nas regiões norte e nordeste, e ainda em parte da região central do estado, conforme mostrado na Figura 3.4, tiveram baixa precipitação e sofreram os efeitos da seca, sendo compelidos a decretar situação de emergência ou estado de calamidade pública (Minas Gerais, 2004a).

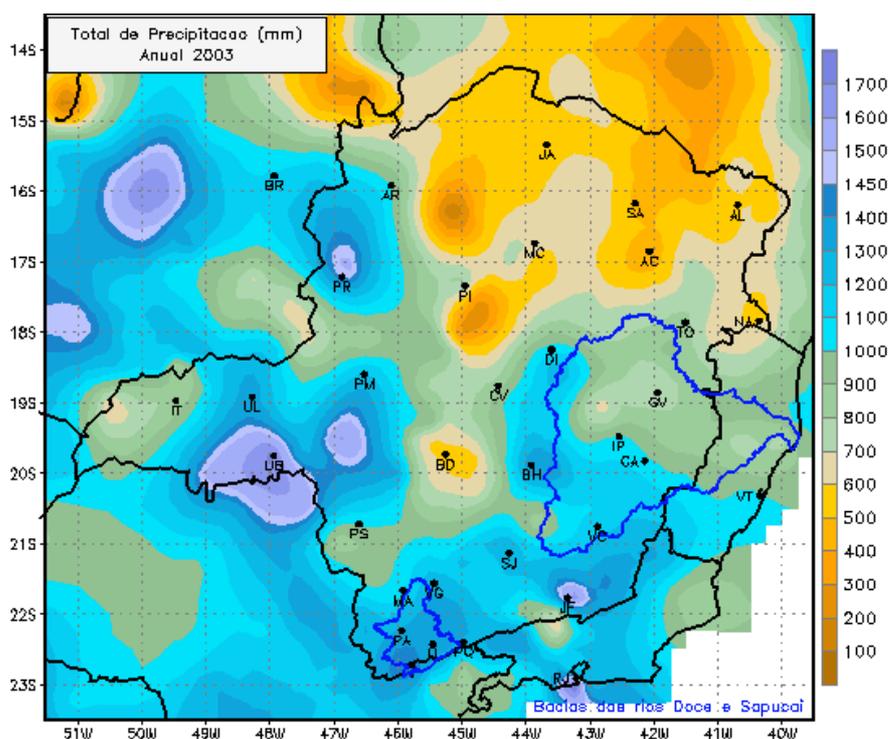


Figura 3.4 – Total de precipitação anual (mm), em Minas Gerais, 2003
 Fonte: IGAM (2005a)

Na Tabela 3.7 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.

Tabela 3.7 - Municípios mineiros afetados pela seca no período 1996 a 2003

Regiões	Número de municípios	Municípios afetados no período de 1996 a 2003	Distribuição de municípios, segundo o número de anos com Decretos de emergência ou de calamidade pública (número de anos)					
			6	5	4	3	2	1
Jequitinhonha	68	58	6	14	32	2	0	4
Norte de Minas	89	81	8	25	46	1	1	0
Mucuri	27	26	0	6	16	3	1	0
Outros	669	17	0	1	2	0	1	13
Total	853	182	14	46	96	6	3	17

Fonte: Minas Gerais (2004a)

É possível verificar que os impactos decorrentes do atraso na ocorrência de chuvas ou as baixas precipitações que ocorrem nas regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais têm atingido as populações, demonstrando a sua fragilidade na convivência com o clima semi-árido. Essa fragilidade e o empobrecimento dessas regiões se relacionam aos processos de ocupação e colonização.

De acordo com Santiago (1999), Moreno (2001) e Otoni (2002), diversas nações indígenas ocupavam as áreas abrangidas pelas bacias dos rios Doce, Mucuri, Jequitinhonha e Pardo. Habitavam aquelas matas vários povos indígenas descendentes dos Aimorés (abatirás, pataxós, gueréns, camacãs, papanaus, machacalis etc) identificados pelos portugueses como índios botocudos - aqueles que usam batoque ou botoque (adereços de madeira, osso ou pedra, que os índios usavam nos beiços e nos lóbulos das orelhas). O termo botocudo foi utilizado, a partir do século XIX, de forma indistinta para os habitantes da Mata Atlântica que podiam ser mortos e escravizados com a anuência da Corte do Brasil Colonial.

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. A euforia pela descoberta do ouro causou grande invasão da região das Minas Gerais, separada da Capitania de São Paulo em 1720. A região de Minas Gerais era rica em ouro, diamantes e pedras preciosas. A mineração passou por diversas fases, começando com a lavagem do ouro no leito dos rios e córregos, onde se estabeleciam os garimpos, que formaram os arraiais, perdurando até os anos finais do século XIX, nas zonas de extração de diamantes. Ao final do século XVIII inicia-se a decadência da mineração, com a produção minerária predatória nos rios e depósitos do tipo aluvião, sendo que a região inicia um processo de regressão e de empobrecimento.

Em Minas Gerais, a ocupação dos vales no século XIX é uma história marcada pela violência, pela miséria e pelo predomínio de uma relação predatória com o meio natural. Os índios acossados nas regiões litorâneas vieram ocupar e habitar as matas dos vales dos rios Doce, Mucuri e Jequitinhonha. Antes da introdução da escravatura africana, o tráfico dos indígenas se fazia, em Minas Gerais, de uma maneira violenta quando os traficantes davam caça aos nativos como a animais (OTONI, 2002).

Os índios, por sua vez, atacavam em represália, mas em desvantagem frente ao poderio dos invasores. Uma arma muito sutil foi usada pelos colonizadores para quebrar a índole guerreira desses povos: a mata foi cortada e domada, abriram-se fazendas, o gado foi trazido e os índios colocados como escravos (MORENO, 2001). A ocupação prosseguiu com a assimilação dos indígenas e estabelecimento de povoamentos de colonos europeus, a quem eram dadas terras e sesmarias. Em meados do século XIX observaram-se o declínio da mineração e o arrefecimento paulatino do movimento comercial, ainda sustentado nas fazendas de algodão e na agricultura de alimentos.

Ao final do século XIX ainda ocorriam saques nas propriedades de fazendeiros que se fixavam na região. Mas essas não eram as únicas ameaças: doenças e endemias, como a malária, eram motivos suficientes para expulsar os colonizadores.

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. Esses fatos resultaram 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 não intensiva, que possibilitou a manutenção dessa área, ou seja, a agricultura de subsistência. 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, materializado na fraqueza dos intercâmbios comerciais e pelas precárias condições de vida da esmagadora maioria da população que compõe um dos crônicos “bolsões de pobreza” do país.

Na década de 1970 foram introduzidas, por iniciativa do governo do estado, culturas comerciais como o reflorestamento e a cafeicultura, não conseguindo, no entanto, modificar significativamente a sua estrutura produtiva no que tange ao nível de emprego e renda. Estudos desenvolvidos pelo Banco Mundial (2001) indicam que extensas regiões rurais do Nordeste e Sudeste Brasileiro se encontram em situação de pobreza. Comparados às famílias pobres nas áreas urbanas, os pobres rurais tendem a dispor de menos acesso a serviços

essenciais (por exemplo, eletricidade, água potável e assistência de saúde), têm mais filhos e piores indicadores de saúde. As famílias mais numerosas parecem perpetuar a pobreza, pois a frequência escolar está negativamente correlacionada ao tamanho da família.

A pobreza e a desigualdade social em algumas regiões não são justificadas e necessitam de ações, notadamente políticas públicas, que permitam a recuperação ambiental, a diminuição da pobreza e o pleno desenvolvimento humano.

O conceito de Desenvolvimento Humano é a base do Relatório de Desenvolvimento Humano (RDH), publicado anualmente pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), e também do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Ele parte do pressuposto de que, para aferir o avanço de uma população, não se deve considerar apenas a dimensão econômica, mas também outras características sociais, culturais e políticas que influenciam a qualidade da vida humana.

Como destaca o Relatório do Desenvolvimento Humano de 2006 (PNUD, 2006), uma questão que influencia o progresso e o potencial humano em direção aos “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio” (compromissos assumidos até o ano de 2015 pelos 191 Estados-Membros das Nações Unidas), se relaciona ao acesso à água potável e à capacidade da sociedade controlar o potencial da água enquanto recurso produtivo. A água para a vida no contexto familiar e a água para sustento por meio da produção são duas das bases para o desenvolvimento humano.

Além de computar o Produto Interno Bruto (PIB) per capita, depois de corrigi-lo pelo poder de compra da moeda de cada país, o IDH também considera dois outros componentes: a longevidade e a educação. Para aferir a longevidade, o indicador utiliza números de expectativa de vida ao nascer. O item educação é avaliado pelo índice de analfabetismo e pela taxa de matrícula em todos os níveis de ensino. A renda é mensurada pelo PIB per capita, em dólar PPC (paridade do poder de compra, que elimina as diferenças de custo de vida entre os países). Essas três dimensões têm a mesma importância no índice, que varia de zero a um.

Apesar de ter sido publicado pela primeira vez em 1990, o índice foi recalculado para os anos anteriores, a partir de 1975. Aos poucos, o IDH tornou-se referência mundial. É um índice-chave dos “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio” das Nações Unidas e no Brasil esse índice tem sido utilizado pelo governo federal e por administrações estaduais e municipais,

como referência para implementação de políticas públicas que visam a eliminação das diferenças sociais.

Valores do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) em Minas Gerais (Figura 3.5) mostram as defasagens existentes nos municípios localizados nas bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha, Mucuri e São Francisco, localizados nas regiões norte e nordeste do estado (com exceção do município de Montes Claros). Esses índices municipais são indicadores quanto à expectativa de vida e quanto aos demais componentes associados à renda e à educação dos habitantes daqueles municípios.

Nesse contexto, ao se propor o exame das regiões carentes de água potável, verifica-se que as regiões com baixo IDH são aquelas com os mais baixos índices de atendimento e, contraditoriamente, são as regiões onde são realizados os menores investimentos, visto não serem atrativas para os interesses econômicos.

Aliados 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 às populações no meio rural ou em pequenos núcleos dispersos com sistemas adequados de abastecimento de água.

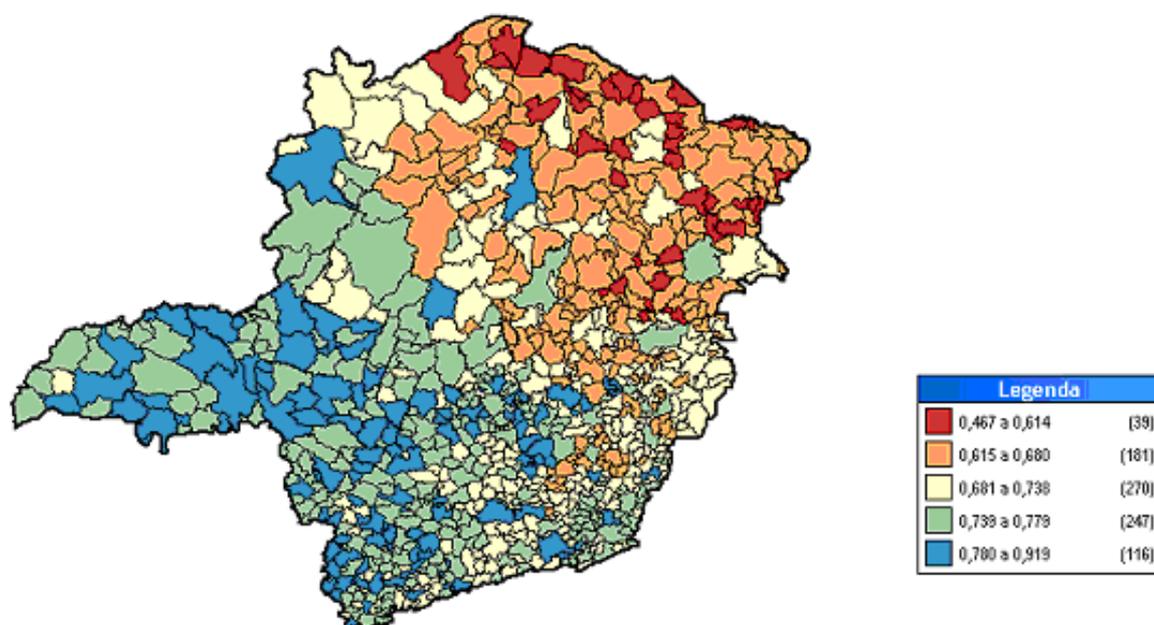


Figura 3.5 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, 2000
(Municípios do estado de Minas Gerais)
Fonte: PNUD (2003)

Apesar de grande parte das sedes municipais possuir sistemas de abastecimento de água operados pela companhia estadual de saneamento ou pelas próprias prefeituras, há falta de atendimento a esse contingente rural, que se situa acima da média nacional, chegando a 50% da população em determinados municípios dos vales dos rios Pardo, Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus. Diversos programas têm sido propostos para o atendimento dessas populações, sem a devida análise de sua abrangência ou eficácia.

As carências de cobertura de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios dos vales do Jequitinhonha, Mucuri, São Mateus e região norte de Minas Gerais haviam sido diagnosticadas no documento intitulado “Minas Gerais do Século XXI” (BDMG, 2002). Esse documento tornou-se em um dos elementos principais para a elaboração do Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI).

O estado de Minas Gerais priorizou, em seu Plano de Ação 2004 - 2007 iniciativas para implementação do PMDI por meio de Projetos Estruturadores. O Projeto Estruturador “Saneamento Básico: Mais Saúde para Todos”, do Programa de Gestão Estratégica de Recursos e Ações do Estado, tem como objetivos: i) ampliar a cobertura dos sistemas públicos de abastecimento público de água e de esgotamento sanitário e de coleta e destinação final do lixo; ii) melhorar a qualidade dos serviços de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de coleta de lixo prestados à população; e iii) melhorar as condições sanitárias de habitações de famílias de baixa renda.

O PMDI (Minas Gerais, 2004b) tem por objetivos: i) antecipar e sinalizar oportunidades e riscos para o desenvolvimento de Minas Gerais, contribuindo para a superação de obstáculos existentes e para a atração de investimentos para o Estado; ii) estimular a convergência e a integração de iniciativas, esforços e recursos de governos e de instituições públicas e privadas em oportunidades e segmentos de maior potencial de geração de benefícios sociais e econômicos; iii) fornecer orientações e indicações para a concepção, seleção e priorização de projetos estruturadores; e iv) subsidiar a elaboração do Plano Plurianual de Ação Governamental - PPAG 2004/2007.

A partir do PMDI foi estruturada uma carteira de 30 Projetos Estruturadores intitulada “GERAES” – Gestão Estratégica dos Recursos e Ações do Estado. Os Projetos Estruturadores se constituem nas principais prioridades do governo e são objeto de intenso gerenciamento que visa garantir a sua execução (Figura 3.6). O Programa “GERAES” em sua atualização em

2007 (Minas Gerais, 2006) incorpora, atualmente, 50 Projetos estruturadores, que são desenvolvidos pelas secretarias de estado e pelas autarquias estaduais, incorporando metas e indicadores de resultados para cada ação prevista.



Figura 3.6 – Fluxo da elaboração do PMDI e PPAG
Fonte: Minas Gerais (2004b)

O PPAG tem uma agenda de prioridades expressa por 10 objetivos gerais, sendo que um deles diz respeito aos espaços inseridos no semi-árido mineiro, no qual o governo do estado de Minas Gerais busca reduzir as desigualdades regionais, especialmente nas regiões norte e dos vales do Jequitinhonha e Mucuri. Os projetos estruturadores considerados significativos para o PDSA são: Programa de Revitalização e Desenvolvimento Sustentável da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco; Projeto 100% de Eletrificação Rural dos Municípios do Norte de Minas Gerais; Projeto Jaíba; Projeto Arranjos Produtivos Locais; e Programa Inclusão Social de Famílias Vulnerabilizadas.

Conforme verificado, as regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais apresentam desigualdades quanto a diversos aspectos de seu desenvolvimento. Entretanto, a região semi-árida mineira possui, como principal diferencial da região semi-árida nordestina, a existência de 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.

A área da bacia hidrográfica do rio São Francisco (Figura 3.7) no estado de Minas Gerais é de, aproximadamente, 234.684 km², representando cerca de 40% da superfície do estado de Minas Gerais e 36,8% da superfície da bacia hidrográfica do rio São Francisco (ANA, 2005).

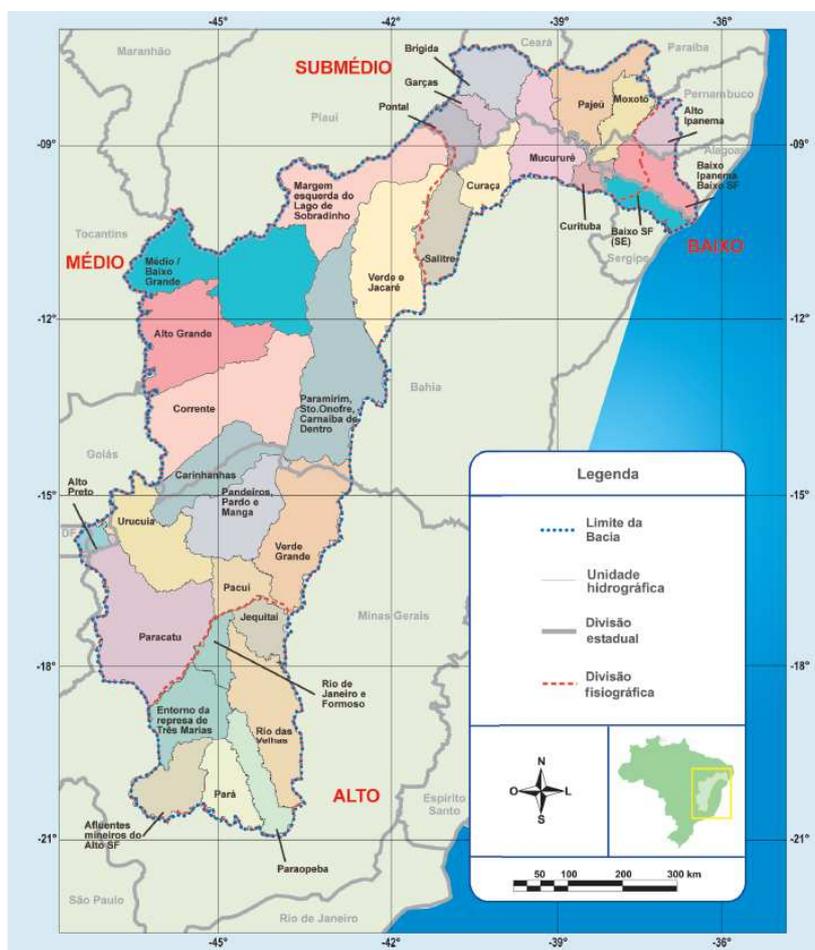


Figura 3.7 - Unidades hidrográficas de referência e divisão fisiográfica da bacia do rio São Francisco
 Fonte: ANA (2004)

A região fisiográfica do médio curso do rio São Francisco apresenta um clima predominantemente tropical semi-árido e subúmido seco, com precipitações na faixa de 600mm a 1400mm anuais, precipitação média anual de 1.052mm, temperatura média de 24°C e evapotranspiração potencial média anual de 1300mm (ANA, 2005).

No seu médio curso, o rio São Francisco tem como afluente da margem direita o rio Verde Grande, onde se encontra o Projeto de Irrigação do Jaíba, um dos maiores empreendimentos agro-industriais do país, com potencial para desenvolvimento da agricultura irrigada em área superior a 100.000 hectares. O alto curso do rio Verde Grande está inserido na região semi-árida mineira (norte do estado). Estudos de avaliação da disponibilidade hídrica dos mananciais subterrâneos, realizados no âmbito do Plano Decenal de Recursos Hídricos da

Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (2004 - 2013), indicam um potencial explorável no domínio fraturado-cárstico da sub-bacia do rio Verde Grande, apresentando-se como importante alternativa frente à escassez das fontes de águas superficiais. Nesse plano a bacia é também identificada como região de relevante conflito pelo uso da água (abastecimento x irrigação) em função da pressão exercida pela expansão da irrigação desordenada, ensejando estudos adicionais específicos para a gestão da oferta e demanda de água.

O rio Jequitinhonha e seu principal afluente, o rio Araçuaí, são importantes mananciais de abastecimento de água e para usos múltiplos em suas respectivas bacias hidrográficas. A bacia do rio Jequitinhonha (Figura 3.8), com 70.315 km², está predominantemente situada no estado de Minas Gerais (65.854 km², 11,2% da área do estado), abrangendo 65 municípios. A bacia está limitada ao norte pela bacia do rio Pardo e a oeste pela bacia do rio São Francisco.

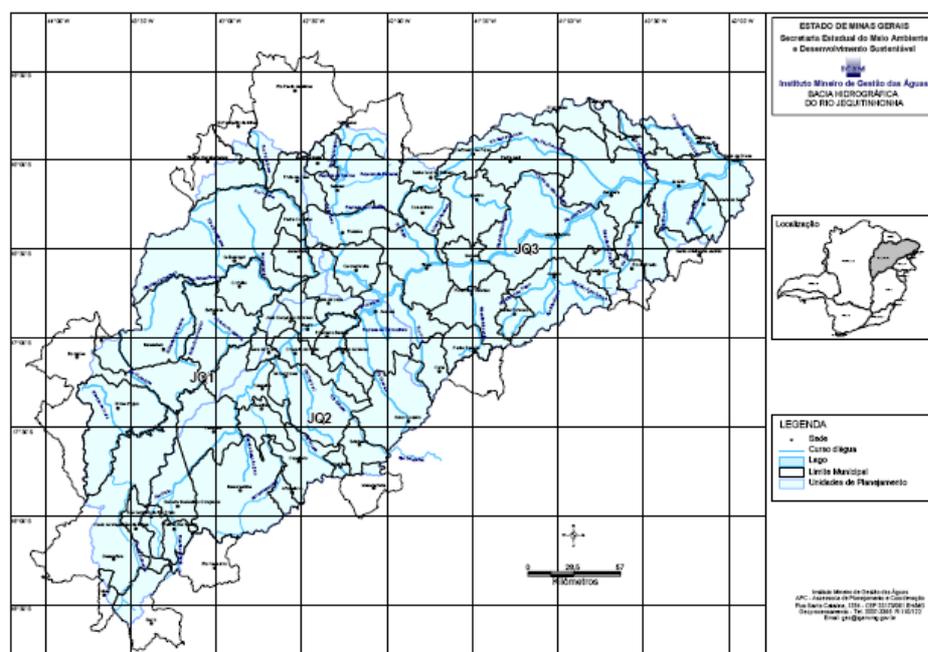


Figura 3.8 - Bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha
Fonte: IGAM (geoprocessamento, 2005)

O rio Jequitinhonha tem suas nascentes na serra do Espinhaço, nos municípios de Serro e Diamantina, e se desenvolve no sentido oeste - leste até desaguar no Oceano Atlântico, no estado da Bahia. Sua extensão é de cerca de 920 km, dos quais 760 km em Minas Gerais e 160 km no estado da Bahia. Seus principais afluentes são os rios Tabatinga, Macaúbas, Itacambiruçu, Vacaria, Salinas, Itinga, São Pedro, Preto, São Francisco e Panela, pela margem esquerda, e Araçuaí, Piauí, São João, São Miguel e Rubim do Sul, pela margem direita (PLANVALE, 1995).

O rio Araçuaí, que percorre uma extensão de 284 km, nasce no município de Rio Vermelho e desemboca na margem direita do rio Jequitinhonha. Seus principais afluentes são os rios Gravatá, Setúbal, Capivari, Fanado, Itamarandiba e Preto e os ribeirões Santo Antônio, Itanguá e das Águas Sujas. O rio Araçuaí é um rio perene, embora alguns de seus afluentes sejam intermitentes, havendo rios que já secaram completamente, como o de Águas Sujas, no município de Berilo. Na bacia do rio Araçuaí são identificados pólos de irrigação, totalizando área agricultável de 2.150 hectares, aproveitando-se os volumes de água armazenados em reservatórios nos perímetros de Calhauzinho, Itira e Itaobim.

O rio Pardo nasce no município de Montezuma em Minas Gerais, desenvolvendo-se no sentido oeste-leste, em direção ao estado da Bahia, indo desaguar no Oceano Atlântico. Sua extensão é de cerca de 650 km, sendo 220 km no estado de Minas Gerais, com uma área de drenagem equivalente a 11.553 km² (Figura 3.9). Seus principais afluentes são os ribeirões Ribeirão, Salitre e Vereda e os rios São João do Paraíso e Catolé Grande, pela margem direita, e os rios Mosquito, Macarani e Maiquinique, pela margem esquerda (PLANVALE, 1995).

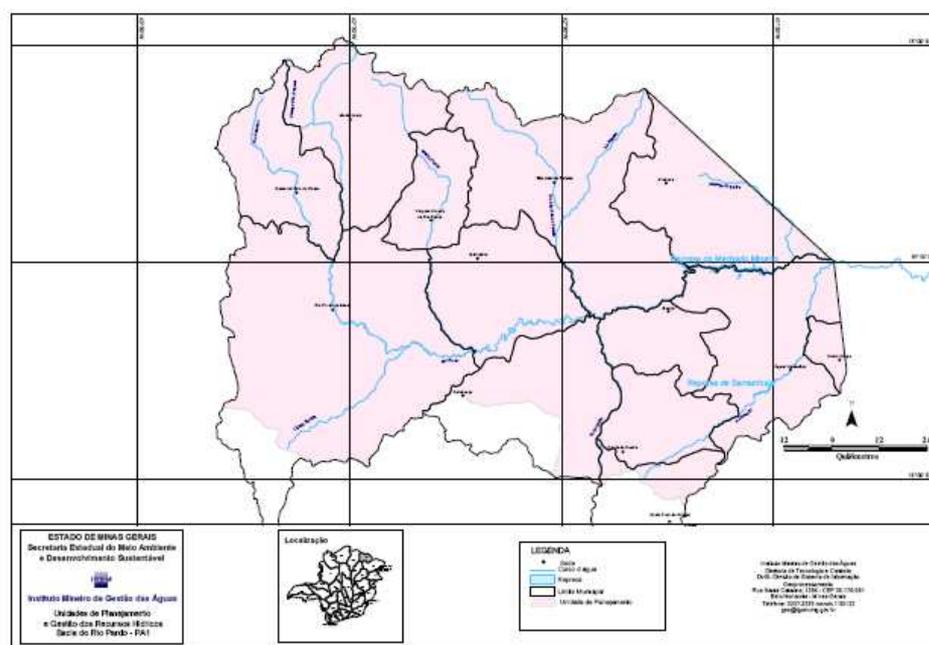


Figura 3.9 - Bacia hidrográfica do rio Pardo
Fonte: IGAM (geoprocessamento, 2005)

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 residentes, 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.

3.2 - Histórico e atuação dos órgãos públicos no combate à seca no Brasil

As soluções tradicionalmente adotadas na região nordeste do país, como a construção de grandes barragens e açudes para acumulação de água, embora tenham contribuído para soluções localizadas, têm se mostrado insuficientes na resolução dos problemas de suprimento de água para abastecimento e para o desenvolvimento da agricultura irrigada e outras atividades econômicas.

No Brasil a construção de barragens iniciou-se a partir das secas ocorridas na região nordeste no período 1877-1880, para garantia do suprimento de água para abastecimento e irrigação. Desde então, o governo brasileiro construiu mais de 400 grandes barragens na região semi-árida nordestina (VIOTTI, 2003).

É importante também ressaltar que milhares de açudes e reservatórios dos mais diversos portes são construídos para armazenar água para abastecimento. Vários estados da região nordeste semi-árida brasileira, não possuindo rios perenes, se valem da água armazenada para garantia do suprimento do abastecimento público e para a dessedentação de animais.

Uma contradição existente é que, pela falta de infra-estrutura e eficiente operação dos reservatórios, grandes volumes de água armazenados são perdidos por evaporação e deixam de beneficiar as populações residentes na região nordeste. Em anos recentes, na região nordeste do país, estão sendo construídos sistemas de adutoras e canais que visam distribuir os volumes de água armazenados para abastecimento das populações e desenvolvimento de projetos de agricultura irrigada. A interligação das bacias hidrográficas e investimentos em infra-estrutura hídrica (notadamente, o projeto de transposição das águas do rio São Francisco) surgem como iniciativas que poderão aumentar a sinergia e a eficiência dos reservatórios já construídos naquela região nordeste do país.

A seca de 1877 colocou a região nordestina na agenda das preocupações nacionais, sobretudo por afetar a economia regional, que era fortemente baseada na oferta de seus produtos agrícolas, vulneráveis às estiagens. Começa, efetivamente, no início do século XX, a primeira fase do combate à seca no semi-árido brasileiro.

3.2.1 - Breve histórico da primeira fase de combate às secas

O Departamento Nacional de Obras Contra as Secas é a mais antiga instituição federal com atuação no Nordeste. Criado sob o nome de Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), por meio do Decreto nº 7.619, de 21 de outubro de 1909, foi o primeiro órgão a estudar o problema do semi-árido. O DNOCS recebeu, ainda em 1919 (Decreto nº 13.687), o nome de Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), antes de assumir sua denominação atual, que lhe foi conferida em 1945 (Decreto-Lei nº 8.846, de 28 de dezembro de 1945), vindo a ser transformado em autarquia federal através da Lei nº 4229, de 01 de junho de 1963.

Desde a sua criação até o ano de 1915, o IOCS deu grande ênfase a estudos cartográficos, tendo feito mapas de vários estados. Procurou ativar a perfuração de poços, a construção de estradas de rodagem e carroçáveis, a construção de açudes públicos e incentivar a construção de açudes particulares, concedendo “prêmios” (subsídios) de até 70% de seus orçamentos.

Com o IOCS se iniciaram a instalação e funcionamento de postos de observação pluvio-fluviométricos e foram adotadas medidas para promover a piscicultura nos açudes e nos rios intermitentes do semi-árido. Foram iniciadas as medições das descargas, em estações fluviométricas, que foram cuidadosamente efetuadas e utilizadas pelo Eng^o Francisco Gonçalves Aguiar (GUERRA, 1981).

A grande seca de 1930 - 1932 deu um impulso para o desenvolvimento de 07 pequenos projetos de agricultura irrigada no nordeste, que não tiveram praticamente nenhum impacto contra a seca. Em 1932, o presidente Getúlio Vargas incrementou os investimentos na região correspondendo a 10% do orçamento total da União. No ano de 1932, iniciaram-se os projetos de Lima Campos, no Ceará; e São Gonçalo, na Paraíba; e, em 1933, Joaquim Távora, no Ceará. Essa primeira geração de projetos de irrigação incluiu ainda os projetos de Condado, na Paraíba; São Francisco, em Pernambuco; Itans, no Rio Grande do Norte; e Santo Antônio de Russas, no Ceará. Os progressos foram muito pequenos sendo que, em 1941, somente 500 hectares de terra eram irrigados. O projeto de São Gonçalo, na Paraíba, foi o mais bem

sucedido desses primeiros projetos, ilustrando as limitações desses velhos sistemas (HALL, 1978).

Com a criação, em 1934, da Comissão de Reflorestamento, incorporada à Inspetoria, como Comissão de Serviços Complementares da IFOCS, houve maior incremento na agricultura irrigada. Junto a muitos açudes foram instalados Postos Agrícolas, que iniciaram a produção de mudas frutíferas e florestais, e de sementes selecionadas. Foram introduzidas e testadas inúmeras variedades de plantas úteis.

Na seca de 1942, com a atuação dos agentes dos Postos Agrícolas, os agricultores e proprietários foram orientados por meio de um trabalho de Extensão Rural, tendo sido implantados perímetros irrigados, totalizando 1.700 hectares, um recorde no interior sertanejo. Segundo Hall (1978), os proprietários, que possuíam grandes quantidades de terras e eram abastecidos de água pelo IFOCS, obtiveram vantagens, expandiram sua força de trabalho e conseguiram produzir em uma área próxima de 1.000 ha.

Em dezembro de 1945 houve a reformulação da IFOCS, que foi transformada no DNOCS, com a inserção, nessa nova estrutura, do Serviço Agro-Industrial e do Serviço de Piscicultura, evolução das antigas comissões técnicas criadas em 1932.

O DNOCS desenvolveu esforços no sentido da reorganização fundiária nas áreas dominadas pelos canais e no sentido de alfabetizar e instruir as populações atendidas pelos projetos; financiou a mecanização das lavouras; difundiu a utilização de insumos (fertilizantes, pesticidas e outros); e criou estruturas de estocagem e de comercialização dos produtos agrícolas.

No período de 1909 até 1945 o DNOCS foi, praticamente, a única agência governamental federal executora de obras de engenharia na região, construindo açudes, estradas, pontes, portos, ferrovias, hospitais e campos de pouso. Em sua atuação no Nordeste, o DNOCS implantou redes de energia elétrica e telegráfica e usinas hidrelétricas, e foi nesse período o único órgão responsável pelo socorro às populações flageladas pelas cíclicas secas que assolavam a região. Chegou a se constituir na maior “empreiteira” da América Latina na época em que o Governo Federal construía, no Nordeste, suas obras por administração direta (DNOCS, 2005).

Com a criação de órgãos especializados, o acervo de obras construídas pelo DNOCS, como rodovias, linhas de transmissão, ferrovias, portos etc, foi transferido a essas novas instituições.

Não havia, ainda, o aproveitamento da energia gerada na calha do rio São Francisco, apesar da IFOCS haver iniciado os estudos básicos para o aproveitamento dos potenciais energéticos, com a criação, no âmbito da Inspetoria, da Comissão do Vale do São Francisco (CVSF).

A CVSF, inspirada no modelo da Tennessee Valley Authority - agência criada em 1933 pelo Presidente Franklin Roosevelt, dos Estados Unidos da América -, havia sido concebida para empreender sua ação sobre os corpos d'água, regularizando vazões de rios intermitentes e recuperando matas ciliares, ao mesmo tempo em que atuaria nos campos da educação e da saúde, desenvolvendo campanhas que pudessem colocar a sociedade a par do novo método de gestão de combate ao fenômeno das estiagens.

A CVSF foi criada para executar o Plano de Valorização Econômica do São Francisco, viabilizado financeiramente por meio da destinação, pela Constituição Federal de 1946, de 1% das receitas tributárias da União por um prazo de 20 anos, ou seja, até 1966. A CVSF se destinava a suplementar e coordenar os órgãos públicos federais ou estaduais que atuavam na região, por meio da elaboração e execução de plano de aproveitamento total das possibilidades econômicas do rio São Francisco e seus afluentes, se constituindo num plano regional, cuja abrangência era a bacia hidrográfica. Em 1967, a CVSF deixou de receber verbas diretamente do Tesouro e foi reestruturada, formando a Superintendência do Vale do São Francisco (SUVALE), que mais tarde, em 1974, deu origem à CODEVASF. As atividades da CODEVASF eram voltadas para o aproveitamento, para fins agrícolas, agropecuários e agro-industriais, dos recursos naturais (água e solo) do Vale do São Francisco (LEAL, 1997).

A CVSF, ao contrário do que se esperava, teve uma atuação acanhada, e até menor do que aquela pretendida, realizando apenas o pequeno projeto e a pequena ação e com decisões baseadas em critérios de cunho nitidamente clientelista (GARRIDO, 1999).

A criação da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), em 1945, trouxe para o Nordeste o espírito de fortalecimento do setor elétrico que já se espraiara havia muito tempo no centro-sul do país. Tal fortalecimento era um dos pilares do desenvolvimento nacional a partir dos anos trinta, pois não somente a alimentação elétrica das cidades, mas também o acionamento do equipamento fabril, requeria a utilização do potencial hidráulico como

elemento de geração dessa energia, condição essencial para o ingresso do país no estágio da industrialização (GARRIDO, 1999).

Foram transferidas aos estados as redes de abastecimento urbano e à SUVALE, hoje CODEVASF, os projetos públicos de irrigação situados no vale do rio São Francisco (a partir de 2002, a CODEVASF passou a atuar na bacia do Rio Parnaíba).

Inicia-se uma segunda fase do combate à seca, caracterizada pelo crescente papel da CHESF, que se estendeu até o final dos anos cinquenta, passando pela seca de 1951-53. Como consequência dessa seca, o Governo Federal, mobilizado com o objetivo de fomentar o desenvolvimento da região Nordeste que, assolada pelas constantes secas e pela escassez de recursos estáveis, carecia de um organismo financeiro capaz de estruturar sua economia, criou o Banco do Nordeste do Brasil (BNB), com o intuito de prover crédito agrícola.

Com a criação da CHESF, alargaram-se as perspectivas da aceleração do desenvolvimento nordestino, ampliadas com a criação do BNB, em 1952, e da SUVALE. As obras de açudagem, no semi-árido nordestino, foram retomadas, em número e porte expressivos, em ritmo acelerado.

Entretanto, os investimentos aplicados no Sudeste foram muito maiores e muito mais diversificados do que aqueles destinados ao Nordeste, aumentando assim o desnível do desenvolvimento entre tais regiões (DNOCS, 2005).

Por volta de 1956, o Governo Federal criou o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), que trazia em seu bojo a idéia de desenvolver o Nordeste com base na industrialização. Esse Grupo de Trabalho sugeriu a adoção das seguintes medidas: (i) intensificação dos investimentos industriais, visando criar no Nordeste um centro autônomo de expansão manufatureira; (ii) transformação da economia agrícola da faixa úmida com vistas a proporcionar uma oferta adequada de alimentos aos centros urbanos; (iii) transformação progressiva das zonas semi-áridas no sentido de elevar sua produtividade e torná-las resistentes ao impacto das secas; e (iv) deslocamento da fronteira agrícola do Nordeste com o objetivo de incorporar à economia da região as terras úmidas do Maranhão.

A seca de 1958 serviu para demonstrar que a solução por meio da açudagem, ainda que combinada com a atuação da Comissão do Vale do São Francisco, não era capaz de resolver o problema. Em 1958, os açudes encontravam-se cheios ou quase cheios, as estradas da região,

obras de engenharia realizadas pelo IFOCS-DNOCS, representavam uma malha rodoviária três vezes maior do que a média do país em termos de rodovia por quilômetro quadrado de território, e a energia elétrica era farta, em razão da então recente duplicação da Usina de Paulo Afonso, em 1956. Entretanto, a seca chegou e aniquilou a agropecuária da região, obrigou os flagelados a partirem em busca de solução para a fome e a sede, dando origem às costumeiras frentes de trabalho, solução paliativa de que lançava mão o governo para amenizar o quadro de indigência. É dessa época a expressão “indústria da seca”, para caracterizar a velha filosofia da acumulação de água, que isoladamente, sabe-se, é incapaz de resolver o problema (GARRIDO, 1999).

Assim, o fenômeno natural das secas ensejou o surgimento desse fenômeno político denominado “indústria da seca”, que é frequentemente invocado para explicar o insucesso de certas ações governamentais. Segundo Coelho (1985), os grandes latifundiários nordestinos, valendo-se de seus aliados políticos, interferem nas decisões tomadas em escala federal, estadual e municipal, beneficiando-se dos investimentos realizados e dos créditos bancários concedidos. Não raro aplicam os financiamentos obtidos em outros setores que não o agrícola, e se aproveitam da divulgação dramática das secas para não pagarem as dívidas contraídas. Os grupos dominantes têm saído fortalecidos, enquanto é protelada a busca de soluções para os problemas sociais e de oferta de trabalho às populações pobres. Os trabalhadores sem terra (assalariados, parceiros, arrendatários, ocupantes) são os mais vulneráveis à seca, porque são os primeiros a serem despedidos ou a sofrerem as consequências de acordos desfeitos. A tragédia da seca encobre interesses escusos daqueles que têm influência política ou são economicamente poderosos, que procuram eternizar o problema e impedir que ações eficazes sejam adotadas.

Em dezembro de 1959 é criada a SUDENE, com o objetivo de assegurar a liderança do Governo Federal no processo de desenvolvimento da região, disciplinando o uso de receitas fiscais para o Nordeste por meio do planejamento regional.

A crítica que se fazia à época é que, com as águas estocadas nos açudes construídos, a Inspeção ou o DNOCS poderia ter implantado canais para irrigação, o que se deixou de fazer entre 1945 e 1964, pela exiguidade de recursos financeiros alocados pelo Governo Federal.

À falta de recursos financeiros para o desenvolvimento da agricultura irrigada devem ser agregados outros fatores como, por exemplo, a incapacidade gerencial dos donos de terras, a

mão de obra campesina não qualificada, a inexistência de estruturas para estocar a produção agrícola, as dificuldades de crédito e a inexistência de agro-indústrias, a fragilidade do mercado etc.

Em 1961, o Governo Jânio Quadros interrompeu a concessão de subsídios à implantação de açudes particulares pelo regime de cooperação, sendo desacelerada também a construção de açudes públicos.

A antiga modalidade empregada pelo DNOCS de construir obras por administração direta foi abolida e, de uma hora para outra, grande parte do efetivo dos servidores especializados pertencentes aos quadros do órgão ficou em ociosidade. Foi aproveitada a oportunidade para ser divulgado que o contingente ficara ocioso não pela repentina mudança do tipo de execução por administração direta, mas atribuída a conluio de políticos clientelistas, com dirigentes do Departamento (DNOCS, 2005).

A idéia central de promover a irrigação consistia, no DNOCS, em desapropriar as terras das bacias de irrigação, onde seriam implantados os “perímetros irrigados”, e dividi-las em pequenos lotes, onde seriam assentados os “colonos” em parte recrutados entre os antigos “moradores” dos estabelecimentos rurais particulares desapropriados. A implantação de tal modelo, idealizada pelo Ministério do Interior e pela SUDENE, foi atribuída ao DNOCS, o que gerou forte antipatia para com esse Departamento da parte dos proprietários expropriados e de seus representantes com assento nas assembleias legislativas. Houve questionamentos devido aos preços reduzidos com os quais se compuseram os custos das desapropriações e, da parte dos “moradores” excluídos do processo de assentamento, que se viram expulsos e desassistidos de apoio para recomposição de suas moradias (DNOCS, 2005).

Ao DNOCS restou, também, a atribuição de orientar as tarefas de instituir estratégias coerentes, com o objetivo de desenvolver a produção agrícola, no âmbito dos perímetros irrigados.

Para tanto, coube ao DNOCS instalar, em cada pequeno lote, o colono e sua família, encarados como uma “empresa familiar”; prover o conjunto das estruturas habitacionais e de serviços públicos; além de montar uma estrutura administrativa no local e exercer o papel de uma espécie de “holding” Foram criadas as gerências de perímetros, para gerir o empreendimento, uma vez que as cooperativas de irrigantes criadas para congregar os colonos eram extremamente frágeis e apenas cumpriam as determinações dos prepostos do DNOCS.

A prática consagrou a concessão de subsídios aos colonos sob as mais diversas formas, tais como: pagamento de energia elétrica consumida, fornecimento de água sem cobrança de tarifa e de insumos agrícolas os mais diversos, despesas de conservação gerais etc, cuja concessão, em escala crescente e indisciplinada, se revestiram de caráter paternalista.

O paternalismo e a inadequação da escolha dos clientes a que se destinavam os perímetros públicos de irrigação, tão criticados no “modelo” adotado a partir dos anos 70, tiveram origem no Grupo Executivo de Irrigação e Desenvolvimento Agrário (GEIDA), criado pelo Ministério do Interior, em 1968. Esse grupo, contando com representantes dos Ministérios da Agricultura, Fazenda, Minas e Energia, Planejamento e Saúde, definiu, no documento intitulado Programa Plurianual de Irrigação (PPI), não só o escopo dos projetos, como também relacionou as áreas objeto de intervenção indicando, inclusive, os perímetros que seriam implantados. A maior parte dos investimentos do PPI foi destinada à região Nordeste. A Portaria nº 001/70, do Ministério do Interior, definiu as responsabilidades no campo da irrigação no Nordeste: (i) GEIDA: formulação de políticas; (ii) SUDENE: supervisão e coordenação (iii) SUVALE, DNOCS e DNOS: execução, operação e manutenção dos projetos.

O GEIDA esperava criar 115.000 postos de trabalho diretamente nos projetos de irrigação no vale do rio São Francisco e sertão nordestino até o ano de 1980, quando os projetos estariam inteiramente implantados. Esses empregos iriam beneficiar aproximadamente 350.000 pessoas, incluindo dependentes. Outros 230.000 empregos indiretos poderiam ser criados beneficiando outras 700.000 pessoas. O número total de pessoas beneficiadas era estimado em torno de 1 milhão até o ano de 1980, de uma população rural estimada em 19 milhões à época. A absorção da mão de obra e estabilização dos empregos eram os maiores objetivos da implantação da irrigação. Os projetos de irrigação na região centro-sul do país, de outra forma, eram importantes fontes de suprimentos de grãos e frutas de maneira a eliminar as variações sazonais de preços dos produtos.

Quando o relatório do GEIDA foi publicado em 1971, o Brasil tinha 520.000 hectares de terras irrigadas, das quais 340.000 se referiam às áreas de plantação de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Os projetos federais no polígono das secas consistiam em menos de 10.000 hectares (HALL, 1978).

O DNOCS era o maior responsável pelo abastecimento de água no interior do sertão nordestino. Segundo o relatório, 195 cidades nordestinas foram beneficiadas com esse melhoramento, em 9 estados do Polígono das Secas. Algumas de porte, como foi o caso de Campina Grande, Paraíba. Para atender ao suprimento da água necessária, foram construídas barragens, perfurados poços e instalados poços-amazonas às margens dos rios.

Encontram-se dezenas de milhares de barragens, de pequeno, médio e grande porte, construídas por todo o Nordeste. Levantamento realizado por ocasião da elaboração do Projeto Áridas em 1992 / 94, publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), indica que a capacidade total de acumulação em reservatórios, havia alcançado a cifra de 85 bilhões de metros cúbicos. Se não forem considerados os reservatórios destinados à geração de energia hidroelétrica - Boa Esperança, Itaparica, Sobradinho, Xingo e Moxotó -, a capacidade total cai para 30 bilhões de metros cúbicos. Desse total, 16,5 bilhões de metros cúbicos correspondem aos 295 açudes públicos construídos pelo DNOCS no Polígono das Secas e 1,4 bilhão de metros cúbicos aos 676 açudes construídos em regime de cooperação com particulares e prefeituras municipais (VIEIRA, 2003).

O estado de Minas Gerais somente é incluído na área de atuação do DNOCS com a revisão da área do Polígono das Secas mediante o Decreto-Lei nº 9.857, de 13 de setembro de 1946, quando a nova poligonal passou a incluir a margem direita do rio São Francisco até as cidades mineiras de Pirapora e Monte Claros. A segunda expansão do Polígono das Secas aconteceu com a Lei nº 1.348, de 10 de fevereiro de 1951, incluindo as cidades mineiras de Salinas, Bocaiúva e Rio Pardo de Minas.

Na área do semi-árido mineiro o DNOCS construiu cinco barragens públicas: Coração de Jesus, Estreito, Bico da Pedra, Angelical e Catuti, que juntas acumulam 84 milhões de metros cúbicos de água. Em convênio com prefeituras construiu as barragens de Arrozal, Pé da Ladeira, Canabrava, Catutinho e Paraíso.

Registra-se como uma das principais intervenções do DNOCS na região semi-árida mineira, além da construção de barragens públicas, a perfuração de 2.355 poços profundos até o final do ano de 1982, e ainda a implantação de 16 sistemas de abastecimento de água beneficiando uma população estimada de aproximadamente 160.000 habitantes (DNOCS, 1983).

Como reforço às soluções tradicionais, as realizações da SUDENE na década de 1960, com a implantação de um grande número de projetos industriais e, sobretudo, agropecuários,

possibilitou uma nova expectativa para o futuro da região. Mas a seca de 1970 viria para negar, mais uma vez, a eficácia das políticas, pois as medidas paliativas tomadas em episódios anteriores tiveram que ser novamente adotadas, mostrando claramente que o planejamento regional resolvera vários problemas, mas não necessariamente o da seca (GARRIDO, 1999).

3.2.2 - A fase dos programas de combate à seca no semi-árido

Em 1970, o Programa de Integração Nacional (PIN) contemplou o financiamento da primeira fase do Plano Nacional de Irrigação. Em 1972 foi lançado o primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) e, em 1979, o segundo.

O Banco do Nordeste criou, em 1971, o Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNDECI), para apoio a projetos de pesquisas econômicas e agrônômicas em busca de alternativas tecnológicas para o Nordeste, notadamente no setor agrícola e no semi-árido.

Em 1974 é implantado o Fundo de Investimento do Nordeste (FINOR), atuando o Banco do Nordeste como agente financeiro dos recursos federais para a região. Com o objetivo de transformar o setor secundário em pólo dinamizador da economia regional e de atrair investimentos e capacidade empresarial para o Nordeste, o FINOR abre espaço no mercado de capitais para as empresas nordestinas.

Em 1976 iniciaram-se os financiamentos no âmbito do Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (POLONORDESTE). Esse programa iniciou uma fase política de desenvolvimento regional, a fase dos programas especiais. Nos anos seguintes, começaram a ser operacionalizados o Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste (Projeto Sertanejo), o Procanor, o Agroindústria, o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL), entre outros.

A idéia inicial do POLONORDESTE era estimular o surgimento de pólos de desenvolvimento no interior do nordeste. Cada área geográfica selecionada se chamava um Projeto de Desenvolvimento Rural Integrado (PDRI), que tinha como componentes ações na construção de estradas, educação, saúde, saneamento, assistência técnica, comercialização etc. O DNOCS tinha seus projetos prioritários concentrados em 5 áreas: os vales dos rios Parnaíba (Piauí), Jaguaribe (Ceará), Piranhas-Açu (Paraíba), Ceará-Mirim (Rio Grande do Norte) e Moxotó-Gorutuba (Pernambuco). A meta, que em 1974 era de implantar 36.000 hectares

irrigados e mantê-los em operação, foi abandonada. Dos 100.000 hectares planejados até 1980, somente 9.000 tinham sido irrigados.

A grande seca de 1983 provocou, novamente, um questionamento sobre a estratégia que vinha sendo adotada no nordeste. Em resposta, o governo federal desenvolveu uma nova estratégia, denominada Projeto Nordeste, que tinha como objetivo o desenvolvimento rural em seis programas. Três deles eram na área produtiva: o Programa de Apoio ao Pequeno Produtor (PAPP), o Programa de Irrigação e o Programa de Apoio a Pequenos Negócios Não Agrícolas; e outros três programas na área social: Educação, Saúde e Saneamento Básico. Os PAPP repetiam a estratégia dos PDRI em seus componentes de ação, pois partiam do princípio de que a família pobre no meio rural necessitava de meios de produção para poder produzir e comercializar o que não fosse imediatamente consumido. Eram projetos financiados pelo governo federal por meio do orçamento da União e pelo Banco Mundial e eram executados pelos órgãos estaduais sob coordenação da SUDENE e de uma unidade técnica em cada estado. A partir de 1985 os projetos passaram a ser de responsabilidade exclusiva dos estados (GARRIDO, 1999).

Em 1986, foi criado o Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE), cujo mérito foi o de promover mudanças institucionais nos estados, para que todos viessem a contar com infraestrutura, equipes técnicas e produtores rurais já familiarizados com práticas de irrigação. Os projetos de irrigação que se iniciaram de forma planejada em 1968 adquiriram grandes proporções a partir da implantação desse Programa.

Na década de 1980, segundo Garrido (1999), inicia-se uma fase do combate à seca, quando as soluções passam a ser menos paliativas e mais produtivas. A irrigação cresceu de forma significativa com o desenvolvimento do Programa Nacional de Irrigação (PRONI), instituído pelo Decreto nº 92.395/86. As áreas irrigadas na região Nordeste do país em 1985 correspondiam a 366.800 ha, enquanto no período 1986 a 1988 foram implantados mais 247.900 ha.

A Constituição Federal de 1988 incorporou diversos dispositivos tendentes à redução das desigualdades regionais, daí resultando a criação do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste, pela Lei nº 7.827/89, administrado pelo Banco do Nordeste. Destinado ao financiamento do setor produtivo regional, com ênfase na região semi-árida, o FNE apóia

empreendimentos de elevado mérito econômico e social, representando novo e eficaz instrumento de desenvolvimento regional.

As secas parciais de 1990, 91, 92, 93 e 94 já foram enfrentadas com um forte conteúdo de política de recursos hídricos, ainda que de forma pouco organizada (GARRIDO, 1999). Nessa época já se encontrava em discussão a nova lei das águas, sendo que vários estados já possuíam legislação específica para o gerenciamento dos recursos hídricos.

A partir da década de 1990, com o entendimento por parte poder público federal de que a convivência das populações com o fenômeno da seca exigia um esforço além da questão do suprimento de água, vários programas foram desenvolvidos para a melhoria das condições de vida e redução das vulnerabilidades sociais. Diversos ministérios (Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Ministério do Desenvolvimento Social e Ministério da Integração Nacional) implementaram programas voltados para a região Nordeste e, em especial, para a região semi-árida brasileira.

3.2.3 - As recentes políticas públicas adotadas

Em 1996 foi instituído, pelo Ministério da Agricultura, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Fruticultura Irrigada no Nordeste. Diversos outros programas, tais como o Programa de Desenvolvimento da Ovinocaprinocultura do Nordeste, o Programa Flores do Nordeste, o Programa NordesteMel, CrediArtesão etc, apoiados pelo BNB, têm o objetivo de viabilizar novas alternativas de crescimento econômico e a melhoria dos indicadores socioeconômicos regionais.

Ainda no ano de 1996, o governo brasileiro deu prioridade a quarenta e duas obras principais na região semi-árida, contidas no “Programa Brasil em Ação”, com o objetivo de promover um conjunto de realizações: (i) a acumulação adicional de cerca de oito bilhões de metros cúbicos de água, representando um acréscimo de quarenta por cento em toda a acumulação feita desde a primeira fase do combate às secas no país; (ii) a construção na região Nordeste, no horizonte final dos programas, de mais de mil e trezentos quilômetros de adutoras, beneficiando uma população de cerca de 4,5 milhões de habitantes na região; (iii) o atendimento a pequenos núcleos habitacionais, atendendo a mais de cento e cinquenta mil pessoas; e (iv) a implementação de infra-estrutura para a agricultura irrigada para atendimento de mais de duzentos e cinquenta mil hectares.

O Ministério da Integração Nacional, por meio de diversos programas, propõe introduzir uma lógica diferenciada de enfrentamento dos problemas vivenciados na região semi-árida, rompendo com o padrão de intervenções cíclicas emergenciais na ocorrência de seca. *“As ações de desenvolvimento regional, nas vertentes da dinamização econômica de arranjos, setores e cadeias produtivas regionais e da convivência com a realidade do semi-árido, devidamente articuladas e associadas às ações de implantação de infra-estrutura hídrica, pretendem contribuir para a sustentabilidade de atividades econômicas e para a inserção produtiva da população”* (MI, 2005).

Encontram-se em implantação e desenvolvimento os seguintes planos e programas, desenvolvidos pelo governo federal, que visam, além do enfrentamento da questão da escassez hídrica e da convivência com o clima semi-árido, o desenvolvimento de ações estruturantes que permitam a redução da pobreza e das desigualdades sociais:

- **Programa PROÁGUA/Semi-árido** - Programa do Governo Federal para a região Nordeste do país e norte do estado de Minas Gerais, se divide em cinco componentes básicos: (i) gestão dos recursos hídricos, cujo objetivo é construir e consolidar um moderno modelo de gestão das águas na região Nordeste, mediante a aplicação de recursos a serem distribuídos pelas unidades estaduais a partir de critérios específicos, definidos segundo os estágios de desenvolvimento institucional de cada estado beneficiário; (ii) obras prioritárias, objetivando a conclusão de obras estruturadoras, paralisadas ou em andamento, bem como a implementação de novas obras vinculadas a soluções locais, econômicas e sociais; (iii) estudos e projetos com a finalidade de identificar soluções que compatibilizem as disponibilidades e demandas de água nas bacias hidrográficas contempladas; (iv) administração e avaliação do PROÁGUA, que visa assegurar o cumprimento dos requisitos do programa com o efetivo alcance dos objetivos propostos, além da construção de uma base referencial para a preparação da segunda etapa do empreendimento; e (v) gestão da bacia do rio São Francisco, que prevê o desenvolvimento de um sistema de gestão para essa bacia hidrográfica.

As obras aprovadas para a primeira etapa do programa foram escolhidas entre cento e cinquenta e duas propostas apresentadas pelos estados da região. Sete das obras aprovadas para a região nordeste são de adutoras, por terem sido as que apresentavam maiores retornos econômicos e sociais, caracterizando a importância que tem o “fazer-se a água andar” na atual fase do combate à seca. A oitava obra aprovada da fase inicial do Programa refere-se ao

Sistema Águas Vermelhas, implantado na região nordeste do estado de Minas Gerais, e que trata da implantação de sistemas de abastecimento de água para as populações de três sedes municipais e dezesseis distritos e localidades situados na região semi-árida mineira.

- **Plano de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN)** - A elaboração do PAN é um compromisso do governo brasileiro assumido com a Convenção de Combate à Desertificação das Nações Unidas. O plano apresenta as diretrizes e as principais ações para o combate e para a prevenção da desertificação nas regiões brasileiras com clima semi-árido e subúmido seco. A articulação, que envolve os poderes públicos e a sociedade civil, é coordenada pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente. O programa foi elaborado de acordo com as recomendações das Nações Unidas, e lançado em agosto de 2004 durante a 1ª Conferência Sul-Americana sobre Combate à Desertificação, em Fortaleza - CE. Esse Programa identifica causas da desertificação e traz medidas para evitar seu avanço em municípios do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, além do norte de Minas Gerais e do Espírito Santo. O programa traz, ainda, diretrizes, instrumentos legais e institucionais para que políticas públicas e investimentos privados possam ser corretamente aplicados no desenvolvimento sustentável e na recuperação de áreas suscetíveis à desertificação.

- **Programa Água Doce** - O objetivo do programa é aumentar a oferta de água de boa qualidade para o consumo humano a partir de águas salobras e salinas. O Programa Água Doce resgata e aperfeiçoa o Programa Água Boa e prevê o aproveitamento dos rejeitos em sistemas produtivos locais, como a piscicultura, atendendo especialmente à população de baixa renda de localidades isoladas. O processo de dessalinização da água, via osmose reversa, teve início em 1996 no âmbito do Programa Água Boa, com a implantação de 64 dessalinizadores, mas sem aproveitamento do concentrado produzido no dessalinizador. O Programa atual tem como meta a recuperação de 1500 dessalinizadores, a implantação de 500 novos dessalinizadores e de 300 unidades de aproveitamento do concentrado, distribuídas em 11 Estados Brasileiros.

- **Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC)** - Trata-se de um Programa iniciado em 2001, em uma parceria do Ministério do Meio Ambiente (MMA), e após 2003, do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), com a Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA), uma rede que congrega, atualmente, mais de 1000 organizações não governamentais, sindicais, comunitárias e eclesiais. A ASA construiu, até maio de 2007,

aproximadamente 190.000 cisternas, sendo que, desse total, o MMA e o MDS participaram com o financiamento de 270 milhões de reais na construção das unidades em 11 estados, a maioria do nordeste brasileiro. O Programa contou com escassos recursos em sua fase de testes, suficientes para apenas cinco mil cisternas. Agora, incluído nos programas sociais do governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, conta com contribuições de diversas instituições privadas, além do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. A meta é atingir, acelerando o ritmo nos próximos anos com a adesão de novos “sócios” públicos e privados, um milhão de cisternas até 2010.

- **Programa Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Semi-árido (CONVIVER)**

- Este programa tem o objetivo de reduzir as vulnerabilidades socioeconômicas dos espaços regionais e sub-regionais com maior incidência de secas. O CONVIVER é desenvolvido por meio de uma ação coordenada, entre o Ministério da Integração Nacional e demais ministérios setoriais, para a convergência de esforços na implementação de programas de desenvolvimento regional em articulação com governos estaduais e municipais das áreas afetadas pela seca, com aproveitamento de projetos de recursos hídricos. Faz parte da estratégia de implementação a criação de instâncias locais para a definição de prioridades e fiscalização e avaliação dos resultados dos programas.

- **Programa de Sustentabilidade de Espaços Sub-regionais (PROMESO)** - É um programa da Secretaria de Programas Regionais do Ministério da Integração Nacional e possui como objetivo aumentar a autonomia e a sustentabilidade de espaços sub-regionais por meio da organização social, do desenvolvimento do seu potencial local e do fortalecimento da sua base produtiva, com vistas à redução das desigualdades inter e intra-regionais. As ações desse Programa são priorizadas em 12 mesorregiões diferenciadas, nas quais se inclui a do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, abrangendo parte dos estados de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo, sendo constituída por 105 municípios, totalizando uma área de 105.978,0 km², com uma população de 1.836.206 habitantes. As principais ações apoiadas nessa mesorregião são: i) o fortalecimento do pólo moveleiro, a partir da implantação de infra-estrutura permanente para uso de empresas e associações, beneficiando aproximadamente 500 produtores; ii) o desenvolvimento da fruticultura, com a instalação da Central de Distribuição das Associações de Fruticultura no extremo Sul da Bahia; e iii) o desenvolvimento da apicultura, criando ambiência cooperativa e instrumentos adequados de gestão do negócio e do produto.

Tais programas ainda se encontram em execução, não sendo possível ainda se avaliarem os seus resultados finais, representando, de toda forma, iniciativas válidas que certamente irão melhorar os indicadores socioeconômicos das regiões beneficiadas.

Independentemente das ações desses programas, nas situações de emergência, o combate à seca no nordeste semi-árido brasileiro ainda tem sido realizado, tradicionalmente, com o abastecimento das populações por meio de carros-pipa, acumulação de água em reservatórios e açudes e perfuração de poços profundos. Em épocas de estiagens severas são acionados os programas emergenciais do governo federal, por intermédio da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), que, em convênios com os estados e municípios, socorre aqueles municípios onde foi decretada situação de emergência ou estado de calamidade pública, reconhecidos pelo governo federal.

Ainda contando com os programas emergenciais, programas assistenciais (Auxílio Emergencial Financeiro - Bolsa Estiagem - no valor de R\$ 300,00, para diminuir prejuízos de pequenos agricultores causados pela seca) e políticas de financiamento especiais (Fundo Constitucional do Nordeste), que visam mitigar e atenuar os impactos da falta de chuvas na região semi-árida brasileira, novas políticas estruturantes têm sido desenvolvidas, objetivando “equacionar” de forma permanente o desenvolvimento daquela região.

A política de acumulação de água em açudes, típica da região do nordeste do Brasil, tem sido feita sob duas formas. A primeira, em grandes reservatórios, com capacidade de regularização plurianual, em bacias hidrográficas de maior porte. Esse tipo de reservatório, com capacidade da ordem de centenas de milhões de metros cúbicos, encontra-se presente em diversos estados da região, porém em pequeno número. A segunda é a acumulação em pequenos e médios reservatórios, os chamados *barreiros*, espalhados aos milhares por toda a região. Os altos índices de evaporação trazem sérios problemas à política de acumulação de água, principalmente à pequena açudagem, que não resiste aos efeitos da seca prolongada (CIRILO *et al.*, 2003).

Nas regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais, em que pese o fato de algumas barragens de médio e pequeno porte terem sido construídas pela CODEVASF (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 metros cúbicos de água, em Janaúba e Nova Porteirinha) e pela CEMIG (07 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 metros cúbicos de água, em Águas Vermelhas e São João do Paraíso, tem-se ainda 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.

Em contraponto à tendência de generalizar as decisões da política federal para as regiões norte e nordeste brasileiras, o diagnóstico realizado pelo Banco de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais (BDMG, 2002), em seu Volume II - Reinterpretando o Espaço Mineiro, propõe que seja revisto o conceito de região, adotando uma tipologia de caráter microrregional para a definição de novos espaços, caracterizados para solucionar/minimizar problemas que ocorrem no interior de seus respectivos territórios.

Uma premissa explorada no presente estudo é a de que a região semi-árida mineira se difere em alguns aspectos do restante da região semi-árida brasileira, devendo, portanto, ser estudada de maneira diferenciada. As intervenções e obras preconizadas para a solução dos problemas causados pelas secas no nordeste brasileiro, eventualmente, não são as mesmas requeridas na região semi-árida mineira. As condições climáticas e consequentes secas não constituem por si só as razões da pobreza e dos baixos índices de desenvolvimento humano nas regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais.

Em função das características diferenciadas da região semi-árida mineira, com a existência de importantes mananciais superficiais e reservas subterrâneas exploráveis, torna-se necessária a elaboração de um Plano Estratégico que oriente as ações a serem desenvolvidas nos espaços semi-áridos das regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais.

Pelo fato da maior parte da região semi-árida do nordeste brasileiro ser constituída por formações cristalinas, a perfuração de poços como solução para o suprimento das diferentes necessidades está sujeita às seguintes limitações:

- Baixas vazões, na maioria dos casos até 2 m³/h;
- Teor de sais, em parcela significativa dos poços, superior ao recomendado para consumo humano; e
- Alto índice de poços secos, dadas as peculiaridades geológicas.

Apesar das limitações citadas, a perfuração de poços é uma das ações mais desejadas pela população e dirigentes municipais, o que eleva à ordem de milhares de poços perfurados na região (CIRILO *et al.*, 2003).

Na região semi-árida mineira é reproduzida, em sua devida escala, as soluções adotadas no nordeste brasileiro, sendo que a ocorrência de formações diferenciadas de solos tem propiciado a perfuração de poços com vazões mais significativas, ainda que de forma não planejada. Essa solução tem sido adotada como resposta imediata aos problemas recorrentes de falta de suprimento de água para o consumo humano.

Uma solução recentemente empregada nas regiões semi-áridas do país é a cisterna para acumulação de água de chuva, a qual é depois destinada ao consumo humano. Em um contexto mais amplo, os registros sobre cisternas e outras formas diretas de captação e armazenamento de água de chuva remontam há dois mil anos, em regiões como a China e o deserto do Neguev, hoje território de Israel e Jordânia (GNADLINGER, 2000).

No semi-árido brasileiro ainda é preciso muito trabalho de convencimento para que seja aceito o fato de que a região é viável para a agropecuária. Mais conhecimentos sobre o clima, o ciclo da água etc têm que ser adquiridos e tecnologias adequadas têm que ser aprendidas para que haja investimentos necessários (GNADLINGER, 1997).

A partir da constatação de que o combate à seca se tornava uma luta sem fim e recorrente, as ações públicas passam a ser orientadas para a convivência das populações em suas próprias regiões com as adversidades causadas pela escassez de chuvas.

Observadas as especificidades locais poderão ser utilizadas técnicas convencionais e/ou alternativas para suprimento de água, especialmente para o consumo humano.

3.3 - Técnicas de captação e armazenamento de água

Para o suprimento de água potável às populações de sedes municipais e populações rurais localizadas em regiões semi-áridas, objeto deste estudo, apresenta-se a seguir alguns exemplos da utilização dos sistemas convencionais e a descrição dos sistemas alternativos de captação, armazenamento e distribuição de água.

3.3.1 - Sistemas convencionais de captação, armazenamento e distribuição de água

Quanto aos projetos de saneamento rural, os sistemas convencionais de abastecimento são aqueles destinados ao suprimento de água a partir de captações, em manancial subterrâneo, em reservatório (de acumulação ou elevação de nível de água) formado no curso de água, em arranjos mistos envolvendo águas subterrâneas e águas superficiais e, ainda, diretamente no curso de água.

As definições dos sistemas a serem construídos certamente dependem das concepções e parâmetros a serem adotados em estudos preliminares e projetos. Esses estudos, por sua vez, dependem das projeções das populações a serem atendidas no horizonte do projeto (podem ser concebidas etapas ampliando e/ou agregando novas fontes), dos consumos por habitante / dia adotados, da existência de fontes hídricas, e de diversos outros parâmetros relacionados à qualidade das águas, topografia, distribuição geográfica dos consumidores e alcance do atendimento pretendido.

Eventuais falhas nos projetos de saneamento rural freqüentemente ocorrem na fase inicial de concepção - face à inadequação às tipologias locais e regionais -, frustrando os investimentos realizados. As principais falhas desses projetos se referem: i) a escolha inadequada da fonte de suprimento de água; ii) à projeções equivocadas do crescimento das populações e dos consumos por habitante; iii) ao subdimensionamento ou superdimensionamento das unidades construídas; iv) à utilização de tecnologias onerosas ou inadequadas no tratamento da água; v) à não realização de consultas e discussão com as comunidades a serem atendidas pelos projetos; e vi) à falta de comprometimento com a sustentabilidade econômica e financeira do empreendimento.

Sistemas convencionais para suprimento de água na região semi-árida

No estado de Minas Gerais, um investimento significativo na busca de soluções para a melhoria da oferta de água na região semi-árida tem sido aquele realizado pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido.

No início do Programa PROÁGUA/Semi-árido, a bacia do rio Pardo foi escolhida em Minas Gerais, para o desenvolvimento de um projeto-piloto, por se tratar de uma região que apresentava baixos índices de desenvolvimento humano, visto que a falta da oferta de água tratada se traduzia em atraso no desenvolvimento econômico e na baixa qualidade de vida da população residente.

O projeto denominado Sistema Águas Vermelhas tinha como objetivo inicial ampliar a oferta de água tratada às comunidades de três municípios da região (Figura 3.10), pois 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 com precário sistema de caminhões-pipa para o suprimento de água nas épocas de estiagem e não contava com sistema de coleta e tratamento de esgotos em nenhuma das localidades ou distritos. Os resíduos sólidos urbanos eram dispostos em lixões ou ainda deixados em terrenos baldios.

Esse projeto, financiado pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido, com recursos financeiros do Banco Mundial, do Governo Federal e do Governo do estado de Minas Gerais, teve a sua implantação a cargo do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), autarquia vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD / MG). O arranjo institucional que possibilitou a implantação do projeto contou com a participação do comitê da bacia hidrográfica do rio Mosquito e das prefeituras locais.



Figura 3.10 - Municípios beneficiados com o Sistema Águas Vermelhas

Em nível federal o projeto foi coordenado pela Unidade de Gerenciamento do Programa, instalada na ANA, autarquia especial do Ministério do Meio Ambiente, e pela Unidade de

Gerenciamento das Obras, instalada na Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica (SIH), do Ministério da Integração Nacional.

Três municípios foram abrangidos pelo projeto: Águas Vermelhas, Divisa Alegre e Curral de Dentro. No período de 1991 - 2000, a população de Águas Vermelhas teve uma taxa média de crescimento anual de 1,1%, passando de 10.813 habitantes em 1991 para 11.878 em 2000. No mesmo período, o município de Divisa Alegre teve uma taxa média de crescimento anual de 3,2%, passando de 3.632 habitantes em 1991 para 4.815 em 2000. O município de Curral de Dentro, com uma taxa média de crescimento anual de 2,6%, teve a população aumentada de 4.740 habitantes em 1991 para 5.973 em 2000 (PNUD, 2003).

Os três municípios possuíam em 1991 baixos IDH-M: 0,530 em Águas Vermelhas e Divisa Alegre e 0,494 em Curral de Dentro. Em 2000, os IDH-M para esses municípios passam a ser, de 0,628 para Águas Vermelhas, de 0,656 para Divisa Alegre e de 0,597 para Curral de Dentro.

Segundo a classificação do PNUD, os municípios estão entre as regiões consideradas de médio desenvolvimento humano (IDH entre 0,5 e 0,8). Em relação aos outros municípios do estado de Minas Gerais, Águas Vermelhas apresenta uma situação ruim: ocupa a 792ª posição, ou seja, 791 municípios (92,7%) estão em situação melhor e 61 municípios (7,3%) estão em situação pior ou igual em termos do IDH. Divisa Alegre ocupa a 725ª e Curral de Dentro a 839ª posição entre os 853 municípios do estado de Minas Gerais.

Outros indicadores demonstravam a necessidade de se intervir na região. A alta incidência de habitantes com esquistossomose e outras endemias comuns na região indicava a falta de condições básicas de saneamento e a necessidade do desenvolvimento de um programa de educação sanitária e ambiental.

O Sistema Águas Vermelhas, iniciado em 1999, tornou-se diferenciado por não seguir as diretrizes explícitas do Programa, que favorecia projetos de oferta de água bruta, para viabilizar a implantação posterior de sistemas de abastecimento de água tratada, para as sedes municipais e distritos e localidades que envolvessem o maior número de beneficiados.

As concepções dos projetos desenvolvidos nos estados nordestinos (participantes do Programa), em suas avaliações de custo-benefício, previam a implantação de obras de infra-

estrutura hídrica (grandes extensões de adutoras de água bruta) que viabilizassem a futura implantação de sistemas públicos de abastecimento de água tratada.

Os projetos do Sistema Águas Vermelhas, em sua característica singular, tiveram uma visão de saneamento ambiental integrado, abordando intervenções que contemplassem o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a coleta e a destinação de resíduos sólidos, com o controle da esquistossomose que afetava a saúde da população local.

Importantes trabalhos de mobilização social e educação ambiental foram desenvolvidos contando com a parceria do comitê da bacia hidrográfica do rio Mosquito, visando o envolvimento das comunidades, de forma a permitir a “apropriação” pública das benfeitorias implantadas.

Em sequência ao Sistema Águas Vermelhas, outros projetos foram desenvolvidos pelo Programa PROÁGUA/semi-árido na bacia do rio Jequitinhonha. Em 2005, iniciou-se o Sistema Diamantina, que contemplou 10 (dez) distritos do município de Diamantina com sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Em 2006 teve início o Sistema Araçuaí, que ampliou os sistemas de abastecimento de água das sedes municipais de Araçuaí e Carbonita e ainda implantou sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em sedes municipais, distritos e localidades de Araçuaí, Minas Novas, Leme do Prado, Jenipapo de Minas, São Gonçalo do Rio Preto e Veredinha.

Em 2003, quando se iniciou este projeto de pesquisa, estava em discussão no âmbito do governo do estado um projeto de saneamento básico que contemplasse as regiões mais carentes do norte e nordeste de Minas Gerais, no Projeto Estruturador “Saneamento Básico: Mais Saúde Para Todos”, integrante do Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado

Ainda tendo como um dos objetivos prioritários de governo reduzir as desigualdades regionais com prioridade para a melhoria dos indicadores sociais da região Norte e dos vales do Jequitinhonha e Mucuri, a Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão (SEPLAG) e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) deram início aos estudos para desenvolvimento do Projeto que veio a se denominar “Projeto Vida no Vale”.

O Projeto Vida no Vale surgiu como iniciativa do governo do estado no sentido de promover a universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para todos os habitantes urbanos e rurais nos vales dos rios Jequitinhonha, São Mateus e Mucuri (Figura

3.11). O projeto, que contempla 92 municípios cujas sedes encontram-se localizadas nas bacias dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, em conjunto com suas 1.853 localidades (distritos, povoados, vilas e lugarejos), teve seu estudo de viabilidade realizado no ano de 2006.

Essas iniciativas públicas dirigidas às populações carentes, residentes nas bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha, São Mateus e Mucuri, são ações concretas e positivas que visam ampliar o suprimento de água tratada, com a utilização de sistemas convencionais de abastecimento de água.

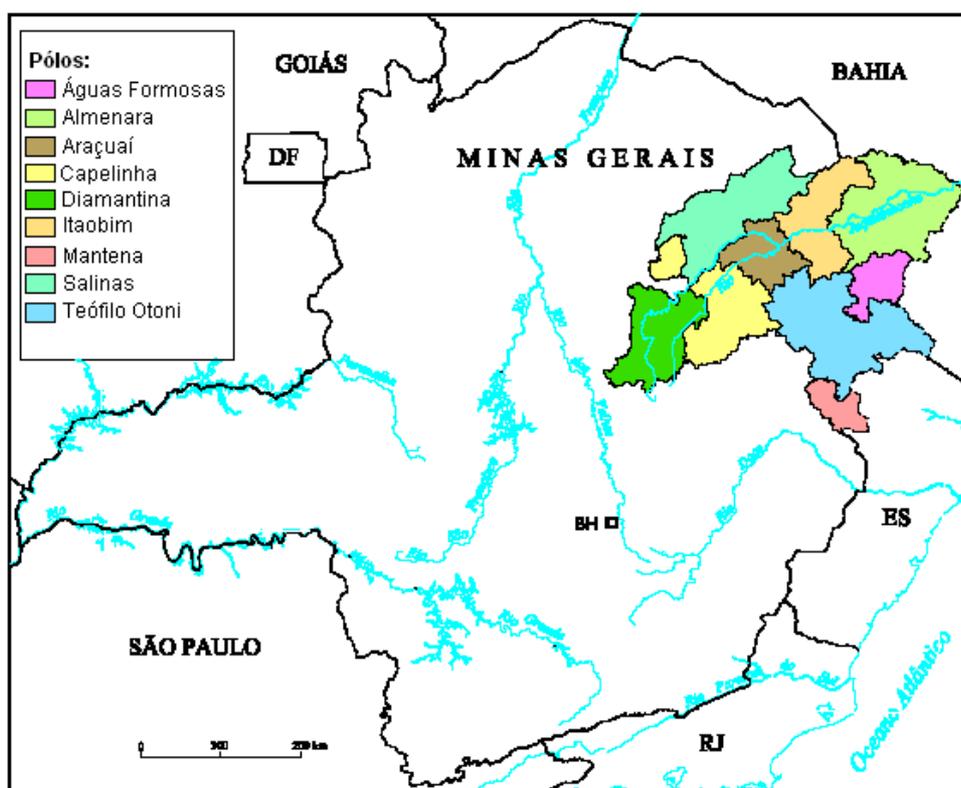


Figura 3.11 - Localização e pólos regionais do Projeto Vida no Vale
Fonte: SEPLAG, 2007

3.3.2 - Sistemas alternativos de captação, armazenamento e suprimento de água

Os sistemas convencionais de abastecimento fornecem água tratada destinada ao consumo humano e, em geral, não se destinam à agricultura de subsistência e à dessedentação de animais. No meio rural há, eventualmente, necessidade da complementação do abastecimento convencional de água com sistemas alternativos como meio de sobrevivência das populações dispersas. Existe também a necessidade de suprimento de água para desenvolvimento de atividades produtivas.

O problema da falta de água nas regiões áridas e semi-áridas, devido à baixa pluviosidade e à irregular distribuição ao longo da estação, faz da agricultura um empreendimento de risco. Desta forma, tem crescido o interesse em décadas recentes em utilizar as técnicas alternativas tradicionais de captação de águas, muitas delas simples, de fácil implementação e de baixo capital de investimento. A captação de água para agricultura em terras secas é uma tecnologia tradicional de captação de água de chuva utilizada em muitas regiões áridas e semi-áridas do mundo (PRINZ & SINGH, 2000).

A captação de água de chuva é definida como o processo de coletar a água proveniente do escoamento superficial de uma área de captação seja para ser: i) dirigida diretamente à área de cultivo e armazenada no perfil do solo para seu uso imediato pelas culturas; ou ii) armazenada em reservatórios para futuros usos produtivos (uso doméstico, dessedentação de animais, irrigação, aquicultura). A água coletada pode também ser usada para aumentar a recarga de aquíferos (FAO, 2006).

Essas tecnologias, apesar de antigas, têm obtido nova popularidade em tempos recentes. Como a escolha apropriada da técnica depende da quantidade de chuva e sua distribuição, topografia, tipo de solo e fatores socioeconômicos locais, a utilização desses sistemas tende a ser bem específica. Os métodos de captação de água aplicados dependem das condições locais e incluem uma larga variação nas diferentes práticas de captação de águas subterrâneas e superficiais. Tipos de captação de água de chuva são apresentados no estudo de Prinz & Singh (2000) e pela FAO (2006), destacando-se:

1) **Captação de água superficial** - definida como um método de coleta, estocagem e conservação no local da precipitação e do escoamento superficial de água, para o consumo humano e para a prática da agricultura em regiões áridas e semi-áridas. Há diferentes sistemas de captação de água superficial, como indicado a seguir:

a) captação de água em telhados - sistema que capta a água de chuva que atinge os telhados das casas e a conduz por calhas e tubos, a um recipiente de armazenamento (Figura 3.12).

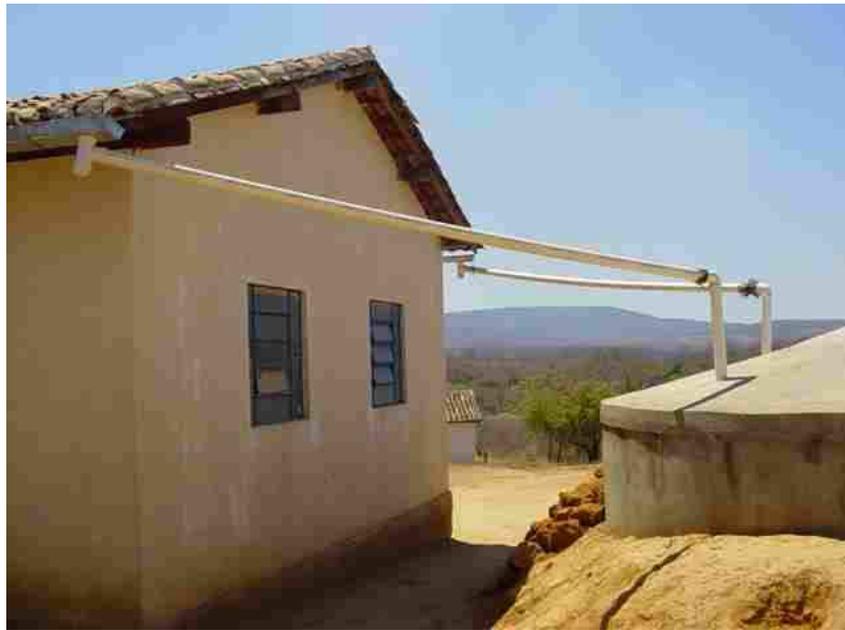


Figura 3.12 - Captação de água em telhado e armazenamento em cisterna, em Itinga-MG
Foto: Hernandez (2004)

A água de chuva também pode ser captada, em terraços ou superfícies compactadas, armazenada e utilizada para propósitos domésticos ou pequenas culturas;

b) captação em microbacias - sistema de captação da água que escoar pela superfície como escoamento laminar ou em sulcos para ser utilizada para plantio de árvores e de pequenas culturas anuais de subsistência. O sistema é caracterizado por uma área de captação relativamente pequena (menor que 1.000m^2) com uma relação de área de captação / área cultivada variando de 1:1 a 10:1. As áreas de captação e cultivo são adjacentes. Como exemplos de sistemas de captação em microbacias, têm-se: leirões em curvas de nível, covas, microbacias tipo Negarim, terraços em meia lua, terraço patamar em curva de nível etc;

c) captação em macrobacias - sistema de coleta de água que escoar pela superfície como escoamento turbulento ou de um canal. O sistema é caracterizado por uma grande área de captação ($1.000\text{m}^2 < x < 200\text{ha}$) na parte externa da área de cultivo e a relação área de captação / área cultivada situa-se entre 10:1 e 100:1. É normalmente implementado para produção de culturas anuais (regiões cuja estação chuvosa é no verão). Como exemplos de sistemas de captação em macrobacias, têm-se: leirões trapezoidais, leirões grandes semicirculares, leirões de pedra, sistemas com condutos nas encostas etc.

2) **Captação de água de cheias** - Um sistema de captação de água de cheias coleta ou desvia o escoamento de canais ou cursos de água sazonais por meio de uma estrutura de barragens,

valetas e sistemas de distribuição. Esses sistemas são caracterizados por uma grande bacia a montante (200 ha - 50 km²) e uma relação área de captação / área cultivada entre 100:1 e 10.000:1. É utilizado para controlar erosão e para irrigação de culturas, incluindo árvores e pasto. No caso de um aquífero não confinado, pode contribuir significativamente para a recarga do lençol freático. Há dois tipos principais de sistemas de captação de água de cheias:

a) captação de água de cheias no leito do curso de água - coleta o escoamento turbulento que ocorre em um canal para promover um espriamento da água na planície de inundação. Para isso são construídas barragens de terra, de pedras ou ambas. As estruturas são especialmente adequadas para árvores frutíferas.; e

b) desvio de água de cheias - desvio de água de cheias de rios sazonais para aplicação direta em áreas adjacentes de cultivo. O desvio é realizado com o uso de estruturas de terra, pedra ou concreto. É adequado para quase todas as culturas.

Na maioria dos esquemas de captação de água de chuva ou de cheias sua alimentação é devido ao escoamento superficial ou fluxo de água estocado no solo. Isso significa que sua aplicação é limitada às estações chuvosas. Para permitir o cultivo fora da estação chuvosa diversos dispositivos de estocagem são utilizados, desde tanques construídos em ferrocimento até largos reservatórios com capacidade de estocar milhões de metros cúbicos de água.

Na Índia e no Sri Lanka, mais de 500.000 tanques estocam água de chuva, algumas vezes suplementados pela água de pequenos córregos e riachos. Os tanques e reservatórios desempenham diversos importantes papéis, como sistema de controle de enchentes e prevenção da erosão do solo durante os períodos de chuvas intensas. Adicionalmente, eles recarregam os aquíferos de áreas próximas. Macrobacias com áreas de 10 a 30 ha abastecem milhares de hectares de agricultura irrigada. Essas macrobacias são utilizadas para irrigação não somente em áreas áridas ou semi-áridas, mas também em áreas semi-úmidas (com precipitações acima de 1300mm/ano) (PRINZ & SINGH, 2000).

Segundo Prinz & Singh (2000), diversos parâmetros são utilizados para identificação de áreas próprias para a captação de água de chuva:

a) Chuvas - o conhecimento das características das chuvas (intensidade e distribuição) para uma dada área é um dos pré-requisitos para se projetar um sistema de captação de água de chuva. A disponibilidade das séries de dados de chuva no espaço e no tempo e sua

distribuição são importantes para o conhecimento do processo precipitação - escoamento superficial e ainda para a determinação da água contida no solo;

b) Uso do solo e cobertura vegetal - a vegetação é outro importante parâmetro que afeta o escoamento superficial. Estudos efetuados no oeste da África e na Síria provam que um incremento na densidade da vegetação resulta em correspondente aumento nas perdas por interceptação, retenção e infiltração, com conseqüente decréscimo do volume do escoamento superficial. A densidade da vegetação também pode caracterizar as áreas propícias para cultivo;

c) Topografia e perfil do terreno - a forma, a declividade do terreno e outros parâmetros determinam o tipo de captação de água e o dimensionamento do barramento coletor das águas. Com uma dada inclinação, o volume de água escoado em um espaço de tempo irá determinar a construção de um micro ou macro-barramento;

d) Tipo e profundidade do solo - a disponibilidade de uma certa área para a construção de um barramento ou para desenvolvimento de uma cultura utilizando-se da água da chuva ou de enxurrada depende fortemente das características do solo, tais como: (i) estrutura da superfície, que influencia o escoamento superficial; (ii) taxas de infiltração e percolação, que determinam o movimento da água no subsolo; e (iii) inclinação e textura do solo, que determinam a quantidade de água que pode ser armazenada no solo;

e) Hidrologia - os processos hidrológicos relevantes para a captação de água são aqueles envolvidos com a produção, fluxo e estocagem do escoamento superficial proveniente das chuvas em determinada área. As precipitações numa determinada área podem ser efetivas (produzindo um escoamento superficial) ou não efetivas (quando há evaporação ou percolação profunda). A quantidade de chuva que produz escoamento é um bom indicador da sustentabilidade de uma área para a captação de água;

f) Condições socioeconômicas de infra-estrutura - as condições socioeconômicas de uma determinada região para a implantação de qualquer dos sistemas de captação de água são muito importantes para o planejamento, projeto e implementação. As chances de sucesso são muito maiores se os usuários e os grupos comunitários estiverem envolvidos desde o início do planejamento. As formas de trabalho da comunidade, a capacidade financeira da média dos habitantes, seu posicionamento quanto a crenças religiosas, os preconceitos quanto à introdução de novos métodos na agricultura, os conhecimentos sobre a agricultura irrigada, a propriedade das terras e o papel da mulher e das minorias na comunidade são temas cruciais;

e

g) Impactos ecológicos e ambientais - áreas secas possuem geralmente um ecossistema frágil e tem uma limitada capacidade de ajuste a mudanças. Se o uso de determinado recurso natural (água ou terra) é subitamente mudado pela captação de água, pode haver mudanças no meio ambiente. Considerações devem ser feitas sobre os efeitos em áreas naturalmente úmidas e as intervenções dos usuários de água. O novo sistema de captação de água a ser implementado pode interceptar o escoamento de água na parte superior de uma bacia, privando um potencial uso para outros localizados a jusante. A captação de água deve ser entendida como um componente de um projeto de gerenciamento regional de águas.

3) Captação de água subterrânea - é o termo empregado para a antiga e não convencional forma de extração de água subterrânea. Sistemas Qanat, barragens subterrâneas e tipos especiais de poços são alguns exemplos das técnicas tradicionais de captação de água subterrânea.

a) sistema Qanat - esse sistema de captação de água, que é largamente utilizado no Irã, no Paquistão e Norte da África, consiste de um túnel horizontal que intercepta o fluxo de água subterrânea, trazendo-a à superfície devido ao efeito gravitacional. O túnel Qanat tem uma inclinação de 1 a 2 % e extensão de até 30 km. Muitos ainda são mantidos para abastecimento de água de vilas e lugarejos e para produção agrícola.

b) barragens subterrâneas - esse tipo de obra se caracteriza por um barramento artificial do fluxo da água subterrânea, construído comumente encaixado no leito de riachos, com o fim de manter elevado o nível freático, aumentar o armazenamento de água e estabelecer condições favoráveis de captação a montante. Tais características evitam que a água no aquífero aluvial continue a escoar até que se esgote com o fim do período das chuvas (CIRILO *et al.*, 2003).

As águas armazenadas nas barragens subterrâneas podem ser captadas em poço tipo amazonas (Figura 3.13) e utilizadas para consumo humano, após tratamento e desinfecção.

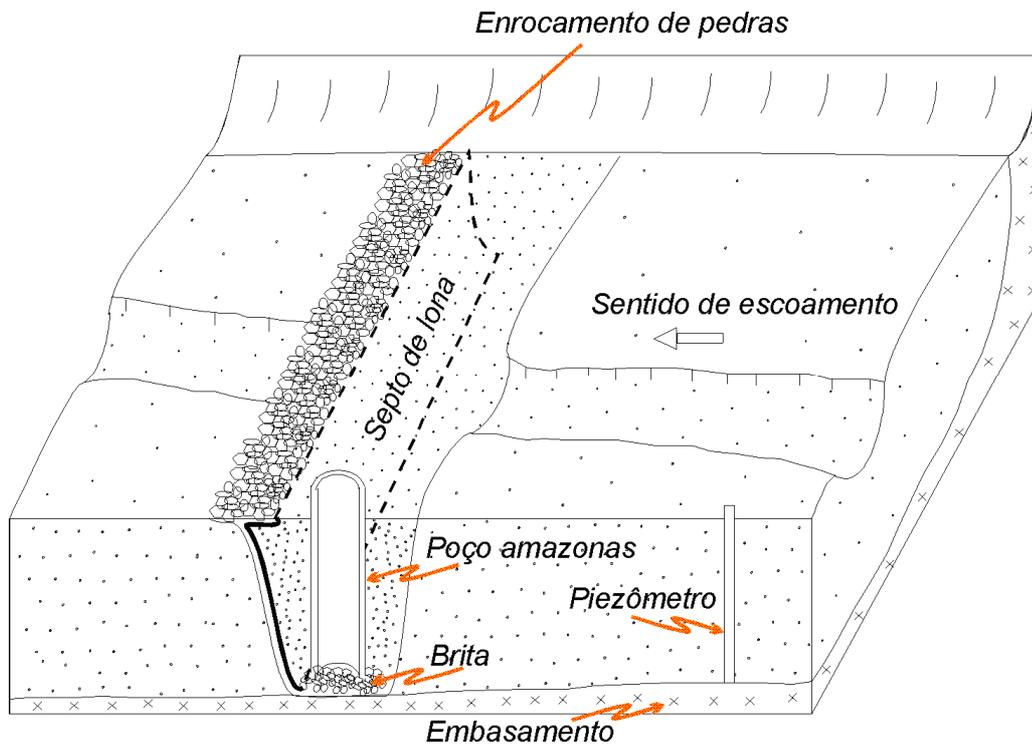


Figura 3.13 - Esquema de barragem subterrânea com captação em poço amazonas
 Fonte: CIRILO & COSTA(1999)

Esses reservatórios possuem as seguintes vantagens:

- a) as perdas por evaporação são reduzidas;
- b) não há redução do volume estocado devido a infiltrações;
- c) a água estocada é menos susceptível à poluição; e portanto,
- d) as doenças de veiculação hídrica podem ser evitadas.

Essa alternativa técnica traz em seu bojo a possibilidade do desenvolvimento de uma gestão local da água para os usos de abastecimento humano, dessedentação de animais e ainda o desenvolvimento de pequenas hortas ou plantio de espécies adaptadas à região. Para implantação dessa alternativa, há de se considerar importantes aspectos relacionados à manutenção e operação da barragem e poço, além de aspectos relativos à gestão da oferta e da qualidade das águas.

A barragem subterrânea é uma obra singela e de relativo baixo custo, já sendo conhecida na bibliografia brasileira desde mais de 50 anos (TIGRE, 1949 *apud* CIRILO *et al.*, 2003). Diversos trabalhos são descritos, como nas regiões agrícolas das Calábrias e da Sicília, com irrigação de pomares e plantações de hortaliças a partir de barragem subterrânea. Também

existem referências ao “dique subterrâneo” no rio Los Sauces, na Argentina, com uma barragem subterrânea que teria capacidade para irrigar 1000 ha (CIRILO *et al.*, 2003).

Apesar da simplicidade desse tipo de intervenção, alguns critérios básicos devem ser observados, sob pena de incorrer nos riscos de não utilização pela população, armazenamento de água insuficiente ou ainda salinização. A escolha do melhor local para a construção de uma barragem subterrânea requer que se efetuem alguns estudos, a partir de aerofotos, mapas plani-altimétricos, levantamentos geológicos e procedimentos de campo, incluindo um levantamento da real necessidade e aceitação por parte da população local, além de sondagens, a fim de se evitar locais inadequados ou ainda locais em que a necessidade não seja absoluta.

Os principais aspectos a serem considerados são: a largura do depósito aluvial, os trechos de estreitamentos, a extensão a montante do local a barrar e o relevo. No campo, devem ser observadas a espessura e a constituição do depósito aluvial, o local mais estreito do depósito para localizar o eixo barrável, a melhor condição de acesso à população, a declividade do leito, a distância para a “cabeceira” do riacho, a existência de soleiras rochosas no leito do rio por já implicarem em barramento natural, a existência de obras de barramento superficial e, ainda, a qualidade da água (a partir das informações das pessoas do local, do tipo e aspecto do solo e da vegetação presente) (CIRILO *et al.*, 2003).

Em meados da década de 1990, experiências bem sucedidas na construção e manejo de pequenas barragens subterrâneas foram implantadas pela organização não-governamental CAATINGA (Centro de Assessoria aos Trabalhadores e Instituições Não Governamentais Alternativas) no município de Ouricuri - PE, dando suporte à agricultura familiar na região. Em 1997, a então Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA), do estado de Pernambuco, interessou-se pelo tipo de barragem e efetuou experiências no município de Caruaru. Face às boas perspectivas do empreendimento, o governo do estado na época passou a admitir como um dos seus programas de Convivência com a Seca a construção de barragens subterrâneas no Agreste e Sertão do Estado (COSTA *et al.*, 2002).

Verifica-se, entretanto, que a construção de barragens subterrâneas, apesar de ser aparentemente simples, nem sempre é acessível ao pequeno produtor rural. Diversos detalhes técnicos devem ser observados na construção, o que tem sido feito com o assessoramento de técnicos de instituições governamentais e entidades que atuam junto às populações do semi-

árido brasileiro. Também a manutenção das estruturas construídas e a correta utilização da água acumulada requerem um aprendizado por parte daquelas comunidades, para que não se perca o esforço e toda a expectativa de resultados gerada pelo empreendimento.

Cirilo *et al.* (2003) realizaram uma avaliação das barragens subterrâneas no estado de Pernambuco, a partir da identificação de 500 barragens construídas, das quais 151 foram inspecionadas, sendo que 50 foram estudadas a partir de levantamentos de campo. Pelos resultados obtidos esses autores consideraram como boa alternativa (ou complemento) aos tradicionais barreiros superficiais, muito expostos à elevada evaporação da região. Embora possam ser utilizadas para armazenar água para consumo humano, essa não foi a destinação prioritária da água acumulada nas barragens e retirada dos poços amazonas.

As vantagens relacionadas à construção de barragens subterrâneas em regiões semi-áridas se referem ao melhor aproveitamento do escoamento das águas de chuva, aumentando a disponibilidade de água para usos domésticos, para a irrigação e criação de animais. Levantamentos realizados em diversos países da América Latina e Caribe (OEA, 1997) indicam que os custos médios da água, dependendo do tamanho e tipo de estrutura, se situam entre US\$ 0,60 a US\$ 1,20 por metro cúbico de água estocada.

Apesar dos custos relativamente baixos (nem sempre acessíveis ao pequeno produtor rural) para a construção de barragens subterrâneas, há uma série de cuidados a serem tomados quanto à escolha do local, tipos de solos, métodos construtivos, qualidade das águas e, essencialmente, o manejo por parte das comunidades. É necessário o apoio por parte de órgãos gestores que acompanhem e orientem quanto às possibilidades de utilização das reservas hídricas colecionadas para um funcionamento contínuo e eficaz daquelas unidades.

Em recente estudo na bacia do médio Jequitinhonha, no estado de Minas Gerais, Viana (2006) avaliou o desempenho de barragens subterrâneas construídas, verificando que a maioria não cumpre os objetivos de suprir de forma segura o volume de água para a mitigação da escassez hídrica. Verifica-se, entretanto, a possibilidade de se utilizar dessa alternativa para armazenar água em quantidade e qualidade suficientes para o desenvolvimento de agricultura em pequena escala. A percepção dos usuários é que aumentou a quantidade de água infiltrada no solo, tornando mais férteis as áreas no entorno do empreendimento.

Diversas formas não convencionais de captação de águas são utilizadas pelas populações nas regiões semi-áridas brasileiras, combinando, desde simples barreiros (depressão rasa com

água parada, frequentemente cavada artificialmente), poços manuais, barragens de recarga e, ainda, o aproveitamento de pequenos cursos de água, cujas águas são aprovionadas em caixas e/ou cisternas. Das técnicas alternativas de suprimento de água para consumo humano, a construção de cisternas que armazenam as águas de chuva que atingem os telhados é, atualmente, a mais utilizada nas regiões semi-áridas no nordeste do país, e nas regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais.

As cisternas, com capacidade de acumulação normalmente entre 7 e 16 m³, representam a oferta de 50 litros diários de água durante 140 a 320 dias, admitindo-se que a cisterna se encontre cheia de água ao final da estação chuvosa e nenhuma recarga ocorra no período de seca. Tomados todos os cuidados com a limpeza do telhado, da cisterna, das calhas e da tubulação, essa pode ser uma solução fundamental para o atendimento das necessidades mais essenciais da população rural difusa. Embora existam aos milhares, espalhadas por todo o nordeste do país e regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais, a quantidade de cisternas ainda é insuficiente, quando comparada à necessidade da população rural difusa (CIRILO *et al.*, 2003).

Cisternas para captação de água de chuva no semi-árido brasileiro

No Brasil, as primeiras experiências consistentes na construção de cisternas de placas, que remontam da década de 1970, se encontram no município de Simão Dias, em Sergipe, e foram realizadas com o apoio do Centro Comunitário de Serviços de Pintadas da Bahia, do Movimento de Organização Comunitária (MOC), do CAATINGA e do Centro de Pesquisa Tecnológica do Semi-árido (CPTSA). Há relatos de experiências anteriores e iniciativas governamentais na construção de cisternas para captação de água de chuva, de maneira esparsa e difusa, nos estados do Maranhão, Pernambuco e Rio Grande do Norte (ASA Brasil, 2003).

O PIMC iniciou-se em 2001, a partir de um convênio assinado entre o Ministério do Meio Ambiente e a ASA, entidade que congrega organizações não governamentais com atuação no semi-árido brasileiro. Numa fase experimental demonstrativa, foram construídas 500 cisternas envolvendo processos de mobilização e sensibilização das comunidades e das diversas instituições governamentais e não governamentais.

O segundo passo foi a celebração, em 2001, de novo convênio com a ANA para a execução de cisternas, para o atendimento de mais 12.744 famílias. A construção dessas cisternas

permitiu também testar os modelos operacionais de atendimento, além de promover a capacitação de técnicos, pedreiros e mestres-de-obras das instituições e das famílias a serem beneficiadas pelo programa, bem como capacitações para os gestores em administração e gestão de recursos financeiros oriundos do Programa P1MC. Esse trabalho foi desenvolvido, principalmente, nos estados de Alagoas, Bahia e Piauí. Em 2003, com o apoio do MDS, foi estabelecida para o programa a meta de capacitar famílias e estabelecer parcerias para construir um milhão de cisternas rurais no período de 5 anos (ASA Brasil, 2003). De acordo com um cronograma elaborado em 2003, proporcionalmente às áreas dos estados inseridos na região semi-árida brasileira, conforme apresentado na Tabela 3.8, previa-se, naquele ano de início daquela fase do programa, o atendimento a 5 milhões de pessoas em 5 anos.

O Programa prevê a construção de 22.200 unidades no estado de Minas Gerais, com o objetivo de beneficiar 111.000 habitantes na região semi-árida com água para beber e cozinhar. As cisternas são construídas com capacidade de armazenar 16.000 litros de água e se destinam a prover às famílias durante os estimados 8 meses de período seco a cada ano.

Tabela 3.8 - Distribuição das famílias beneficiadas com cisternas, por estado

Ano	Total de cisternas	AL	BA	CE	ES	MG	PB	PE	PI	RN	SE
1º	45.000	1.100	9.500	6.600	600	1.200	7.800	6.700	4.000	6.400	1.100
2º	138.500	6.000	30.000	18.000	1.500	3.000	24.000	24.000	10.000	16.000	6.000
3º	275.400	9.700	83.800	53.000	1.500	6.000	38.700	38.700	15.000	24.000	5.000
4º	299.100	9.700	109.200	53.000	2.000	6.700	39.700	39.700	19.000	15.400	4.700
5º	242.000	13.400	104.500	44.400	2.000	5.300	4.800	36.900	14.000	12.000	4.700
Total	1.000.000	39.900	337.000	175.000	7.600	22.200	115.000	146.000	62.000	73.800	21.500

Fonte: ASA Brasil (2003)

Em Minas Gerais, no período de 01/06/2003 a 14/03/2007, foram construídas 6.514 unidades pela ASA, além daquelas unidades construídas por diversas organizações civis, religiosas e governamentais que, por iniciativas similares, têm desenvolvido ações para a melhoria das condições de vida das populações carentes dispersas no meio rural das regiões norte e nordeste do estado.

A metodologia desse Programa tem por base a parceria entre a sociedade civil organizada, coordenada pela ASA, e os diversos parceiros financiadores do programa. A ASA tem se articulado em encontros nacionais realizados anualmente, congregando os representantes das denominadas ASAs estaduais, organizadas em fóruns estaduais, conforme apresentado na Tabela 3.9. Esses fóruns estaduais reunidos nos EnconASAs definem os rumos da articulação na atuação do programa.

Tabela 3.9 - ASAs estaduais

Estado	Fórum Estadual
Alagoas	ASA - Alagoas
Bahia	ASA - Baiana
Ceará	Fórum Cearense pela Vida no Semi-árido
Espírito Santo	ASA - Capixaba
Maranhão	ASA - Maranhão
Minas Gerais	ASA - Estadual
Paraíba	ASA - Paraibana
Pernambuco	ASA de Pernambuco
Piauí	Fórum Piauiense de Convivência com o Semi-Árido
Rio Grande do Norte	ASA - Potiguar
Sergipe	ASA - Sergipana

Tendo iniciado o planejamento do programa em 2000, com um conjunto de 60 entidades articuladas pela ASA, a partir de 2001 contavam-se mais de 700 entidades com o propósito comum de desenvolver projetos para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro, somando-se em 2005 mais de 1000 entidades não governamentais, sindicais, comunitárias e religiosas. Também instituições da iniciativa privada, como a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN), aderiram ao programa a partir de 2003, com o repasse de recursos financeiros para a ASA para a construção das cisternas.

Atualmente, o programa é coordenado pela Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, do governo federal, que apóia a ação e repassa recursos financeiros mediante convênios firmados com a Associação Programa Um Milhão de Cisternas para o Semi-árido (AP1MC).

A partir do 2º encontro nacional da ASA, realizado em 2001, ficou estabelecida a necessidade de Coordenação Executiva, uma vez que a ASA não possui personalidade jurídica. Essa Coordenação tem representantes institucionais nos estados, conforme mostrado na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Entidades participantes da coordenação executiva da ASA

Estado	Titular	Suplente
Alagoas	CÁRITAS Entidade da Igreja Católica	AAGRA Associação de Agricultores Alternativos
Bahia	MOC Movimento de Organização Comunitária	SOSE Sociedade das Obras Sociais e Educativas
Ceará	CÁRITAS Entidade da Igreja Católica	CPT Comissão Pastoral da Terra

Espírito Santo	FETAES Federação dos Trabalhadores na Agricultura do Espírito Santo	SAFARUM Sindicato dos Agricultores e Assalariados Rurais de Montanha
Maranhão	AMAVIDA Associação Maranhense para a Conservação da Natureza	INSTITUTO DO HOMEM
Minas Gerais	CÁRITAS Entidade da Igreja Católica	STR – TAIÓBEIRA Sindicato dos Trabalhadores Rurais
Paraíba	PATAC Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas às Comunidades	CUT Central Única dos Trabalhadores
Pernambuco	FETAPE Federação dos Trabalhadores na Agricultura no Estado do Pernambuco	DIACONIA Entidade da Igreja Evangélica
Piauí	CEFAS Centro Educacional São Francisco de Assis	CÁRITAS Entidade da Igreja Católica
Rio Grande do Norte	AACC Associação de Apoio às Comunidades do Campo	TERRA VIVA Cooperativa de Trabalho para a Agricultura Familiar do Oeste Potiguar
Sergipe	UMESE União de Ministros Evangélicos do Estado de Sergipe	CDJBC Centro Dom José Brandão de Castro

Os critérios de prioridade de atendimento às famílias são resultados de diversas reuniões realizadas durante a elaboração do programa e buscam contemplar as localidades rurais com baixos índices de desenvolvimento humano e existência, segundo dados oficiais, de crianças em situação de risco, com alto índice de mortalidade infantil.

As famílias a serem priorizadas são aquelas que preenchem o maior número de critérios, a seguir relacionados, em relação ao total de cisternas disponíveis para cada comunidade:

- mulheres chefes de família;
- número de crianças de zero a seis anos;
- crianças e adolescentes na escola;
- adultos com idade igual ou superior a 65 anos; e
- deficientes físicos e mentais.

A adoção de tais critérios e os seus resultados são discutidos em cada comunidade onde será implantado o programa de construção de cisternas.

Decorridos 6 anos do início do Programa PIMC, têm-se, segundo dados divulgados pela ASA em prestação de contas apresentada em março de 2007 (ASA Brasil, 2007a), os seguintes principais resultados:

- 198.251 famílias mobilizadas;
- 185.159 famílias capacitadas em gerenciamento de recursos hídricos;
- 4.498 pedreiros executores capacitados;
- 3.463 pessoas capacitadas em confecção de bombas manuais;
- 1.454 pedreiros recapitados;
- 352 multiplicadores de gerenciamento de recursos hídricos capacitados;
- 289 encontros de avaliação e planejamento realizados;
- 144 gerentes administrativos capacitados;
- 135 pedreiros instrutores capacitados;
- 59 animadores capacitados;
- 1018 municípios atendidos; e
- 187.380 cisternas construídas.

A iniciativa da construção das cisternas partiu das organizações não governamentais, tendo o programa sido apoiado financeiramente pelo governo federal e por diversas entidades privadas que, mediante doações ao programa de construção de cisternas, possibilitam a consecução do PIMC. A alternativa da construção de cisternas para o suprimento de água para o consumo humano em regiões rurais e dispersas no semi-árido brasileiro tem sido aquela mais utilizada, especialmente em contraponto à alternativa da utilização de carros-pipa.

Há de se considerar que constitui responsabilidade do Estado o suprimento de água em quantidade e qualidade para toda a população brasileira, responsabilizando-se os governos pelo monitoramento da qualidade das águas utilizadas, pela utilização dos mananciais e pelos seus impactos na saúde e no meio ambiente.

3.4 - A gestão das águas no Brasil e em Minas Gerais

Os vários sistemas de direito de uso da água existentes no mundo tiveram como principal condicionante a quantidade de água disponível, podendo ser feita uma primeira grande divisão entre o direito provindo das regiões úmidas e aquele oriundo das regiões secas. A redução das águas disponíveis, entretanto, tem aproximado o conteúdo das legislações no que se refere à publicização dos recursos hídricos. Da mesma forma, a atuação de organismos internacionais

e o aparecimento de entidades supranacionais vêm concorrendo para diminuir a diferença entre as normas legais dos diversos países (SETTI, 1997).

A gestão dos recursos hídricos no Brasil, principalmente a partir da promulgação da Constituição Federal de 1988, que tornou pública as águas em território nacional, tem uma nova dimensão com a criação de legislação federal específica (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997), que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH (Figura 3.14) e instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, além de leis estaduais que foram recentemente aperfeiçoadas.

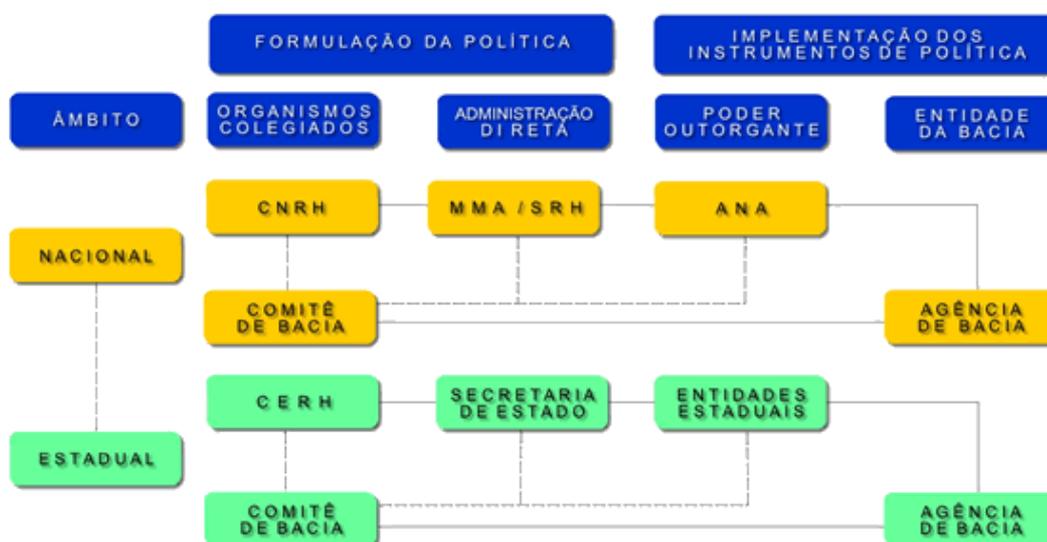


Figura 3.14 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Fonte: MMA, 2005

Decorridos dez anos da edição da Lei nº 9.433/97, tem-se uma avaliação positiva da implementação da lei das águas, ainda que não se tenham efetivas soluções para vários conflitos e problemas relacionados à gestão dos recursos hídricos, especialmente nas regiões semi-áridas.

3.4.1 - A política nacional de recursos hídricos

A atual Política Nacional de Recursos Hídricos adotada no Brasil representa um novo marco institucional e incorpora princípios, normas e padrões de gestão de águas universalmente aceitos e praticados em muitos países.

A Lei Federal nº 9.433/97 apresenta como fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos os seguintes conceitos:

- a água é um bem de domínio público;
- a água é um recurso limitado e possui um valor econômico;
- em situações de escassez, os usos prioritários dos recursos hídricos são o consumo humano e a dessedentação de animais;
- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- a bacia hidrográfica é a unidade territorial de gestão; e
- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

São definidos também os seguintes objetivos:

- assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água com qualidade adequada aos respectivos usos;
- utilizar de maneira racional e integrada os recursos hídricos visando o desenvolvimento sustentável; e
- prevenir e defender o meio contra eventos críticos de origem natural ou decorrentes de uso inadequado dos recursos naturais.

Apesar da Lei Federal nº 9.433/97 tratar, genericamente, da gestão dos recursos hídricos em regiões de escassez, ela estabelece em suas diretrizes gerais de ação que deverão ser respeitadas as diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país. Tais diretrizes deverão ser observadas quando da aplicação dos instrumentos de gestão, notadamente os planos de recursos hídricos, a outorga e a cobrança.

Com a edição da Lei Federal nº 9.984/00 (que dispõe sobre a criação da ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos), a preocupação quanto ao efeito das secas é definida expressamente no artigo 4º, quando é mencionado que compete à ANA planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos das secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Essa preocupação é reforçada quando trata da emissão das outorgas, estabelecendo que nos atos administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos de cursos de água que banham o semi-árido deverão constar, explicitamente, as restrições decorrentes da

necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, decorrentes de condições climáticas adversas.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), integrante do SINGREH, por intermédio de suas Câmaras Técnicas, tem estudado e estabelecido diretrizes diversas relativas ao funcionamento dos comitês de bacia hidrográfica, à emissão de outorgas de direito de uso das águas superficiais e subterrâneas, ao enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, ao estabelecimento de critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, à implementação do sistema de informações e à formulação do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos, aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos em 30 de janeiro de 2006, propõe, na introdução de seu Caderno de Programas Nacionais e Metas (MMA, 2006b), o estabelecimento de um *“pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas, voltadas para a melhoria da oferta de água em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando ser a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social”*.

As Diretrizes do Plano (MMA, 2006a) incorporam: i) em sua orientação vertical, a necessidade da articulação dos órgãos e entidades da União com aquelas das Unidades da Federação, buscando a complementaridade entre o Plano Nacional, os Planos Estaduais e os Planos de Bacia, tendo em vista os limites de abrangência do escopo de cada um; ii) em sua orientação horizontal, a necessidade da articulação da política de recursos hídricos com outras políticas públicas, tais como as de desenvolvimento regional, meio ambiente, saúde, ciência e tecnologia, segurança alimentar e nutricional, uso e ocupação do solo e suas interfaces com o planejamento municipal, e a necessidade da articulação com setores intervenientes, notadamente quando usuários das águas, como o setor de energia, saneamento, mineração, irrigação, indústria e outros; e iii) em sua orientação transversal, a necessidade da incorporação efetiva dos municípios ao processo de gestão das águas, em vista da necessidade de articular o planejamento municipal (Planos Diretores, ordenamento do uso e ocupação do solo, zoneamento ambiental) com o planejamento de recursos hídricos.

Nas discussões sobre as diretrizes e aspectos metodológicos para sua execução, o Plano destaca as situações especiais de planejamento, nas quais as tipologias de problemas

relacionados à água conduzem a um recorte no qual os limites não necessariamente coincidem com o de uma bacia hidrográfica. É o caso da região semi-árida brasileira. Neste sentido, resgata-se o entendimento que a problemática das secas, em especial na região semi-árida, deve prever ações concebidas sob a ótica da vulnerabilidade das populações ali residentes, reforçando a necessidade de articulação das políticas públicas, desenvolvidas objetivando o desenvolvimento sustentável.

Um dos conjuntos de macro-diretrizes do PNRH contempla, numa perspectiva espacial, essas unidades geográficas de intervenção, orientando a estruturação de programas regionais, contemplando: i) modelos institucionais de gestão apropriados à natureza dos problemas a enfrentar; ii) ênfases e prioridades na implantação de instrumentos de gestão de recursos hídricos próprios a cada região; e iii) intervenções físicas estruturais de cunho regional, destinadas à recuperação das disponibilidades hídricas, em quantidade e qualidade, e à sua conservação e aproveitamento de forma ambientalmente sustentável.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos se encontra estruturado em 04 (quatro) componentes, nas quais foram inscritos 13 (treze) Programas (Figura 3.15). O Programa de Gestão Sustentável de Recursos Hídricos e Convivência com o Semi-árido Brasileiro se insere no componente de Programas Regionais de Recursos Hídricos.

Esse Programa, que não foi detalhado no âmbito do PNRH, deverá ter como escopo básico: (a) modelos institucionais de gestão apropriados à natureza dos problemas; (b) ênfases e prioridades na implantação de instrumentos de gestão de recursos hídricos; e (c) intervenções físicas e estruturais de cunho regional, destinadas à recuperação das disponibilidades hídricas, em quantidade e qualidade, e à sua conservação e aproveitamento de forma ambientalmente sustentável.

Encontra-se em discussão no âmbito do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - coordenado pela Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), do Ministério do Meio Ambiente (MMA) -, a construção do Sistema de Gerenciamento Orientado para Resultados (SIGEOR) (MMA, 2007), que inclui um conjunto de indicadores visando a avaliação da implementação do PNRH.

O SIGEOR deverá se articular com o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) no desenvolvimento dos Programas Nacionais previstos no PNRH.

A aprovação pelo CNRH dos detalhamentos dos Programas e Subprogramas, juntamente com a aprovação das estratégias de implementação, previstas para o ano de 2007, deverá marcar o início efetivo do PNRH.

Certamente, o desafio que se apresenta, após toda a mobilização da sociedade, em particular, das instituições públicas e privadas, das organizações da sociedade civil e os usuários da água na elaboração do PNRH, é a sua implementação, que deverá contar ainda com um Programa de Monitoramento e Avaliação para o atendimento às metas propostas.

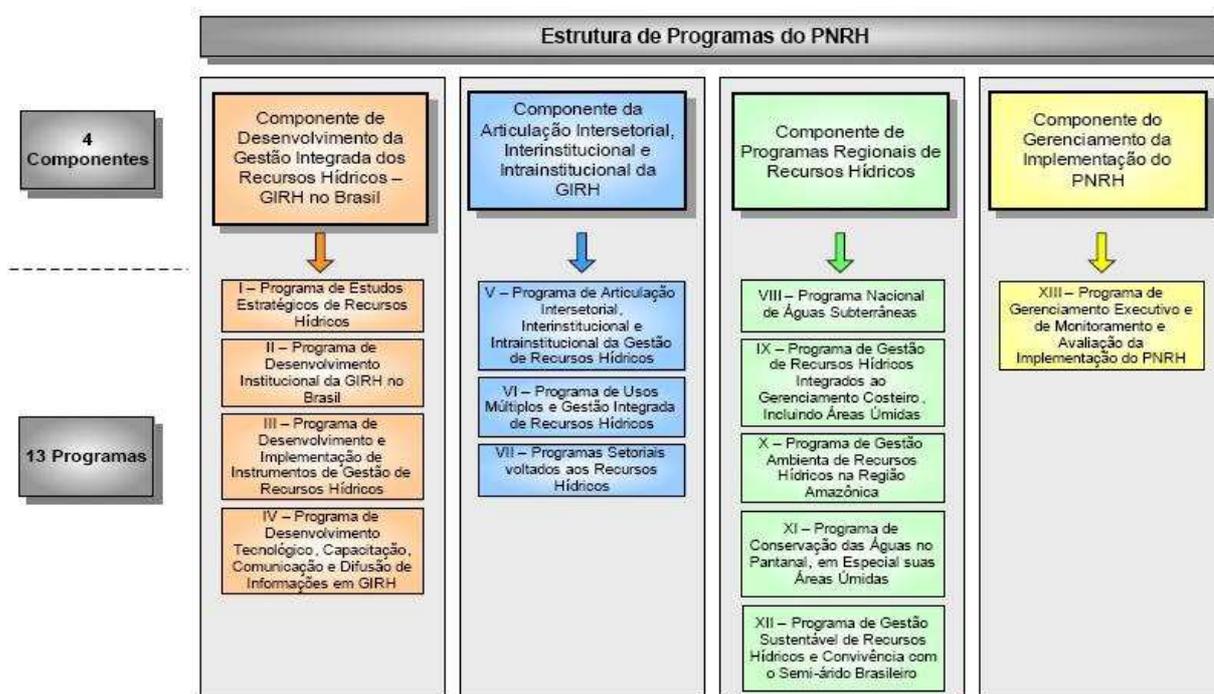


Figura 3.15 - Estrutura de Programas do PNRH
Fonte: MMA, 2006c.

Verifica-se que, dada à extensão do Plano em suas várias direções, alguns programas poderão ser privilegiados em detrimento de outros, face às diversas correlações de forças existentes na sociedade brasileira. Não há priorização para implementação dos programas e, eventualmente, o Programa de Gestão Sustentável de Recursos Hídricos e Convivência com o Semi-árido Brasileiro poderá ser o último a ser contemplado, com base em sua posição relativa (último colocado) no quadro de metas do PNRH.

A Agência Nacional de Águas

A Agência Nacional de Águas, autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, tem como missão regular o uso da água em rios e lagos de domínio da União e implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Essa entidade tem sido norteadora

e também colaboradora nos programas, projetos e ações relacionados à quantidade e à qualidade das águas que permeiam os diversos Ministérios (Ministério da Integração Nacional, Ministério das Cidades, Ministério da Agricultura, dentre outros) e os órgãos gestores das águas nos governos estaduais. Na sua atuação como entidade gestora de recursos hídricos, merecem especial destaque: i) a implementação dos instrumentos de gerenciamento, notadamente a outorga de direito de uso de recursos hídricos; ii) o incentivo à implantação e ao desenvolvimento das entidades gestoras das águas nos estados da federação; iii) o apoio à gestão descentralizada e participativa por intermédio dos comitês de bacia hidrográfica; iv) a realização de estudos específicos nas principais bacias hidrográficas brasileiras; e v) o desenvolvimento de ações visando a despoluição dos cursos de água.

Nessa última vertente ressalta-se o Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES), que prevê a aplicação de recursos financeiros do orçamento da União em contrapartida a projetos de construção e ampliação de estações de tratamento de esgotos, em diversas bacias hidrográficas, mediante a “compra” de esgoto tratado. Nessa modalidade de financiamento, a ANA disponibiliza os recursos financeiros, mediante o cumprimento de metas contratuais de remoção de cargas poluidoras nas estações de tratamento, que deixam de ser lançadas aos corpos de água.

A ANA finalizou no ano de 2006 importante trabalho de diagnóstico de alternativas de oferta de água para as sedes municipais da região nordeste do Brasil e norte do estado de Minas Gerais (ANA, 2006), contemplando a região semi-árida brasileira.

Extrapolando a região semi-árida, o estudo abrange os municípios com população urbana superior a 5.000 habitantes da região (totalizando 1.112 municípios) que se estendem do estado do Maranhão ao norte de Minas Gerais, verificando o “estado da arte” dos sistemas de suprimento de água desses municípios, identificando problemas e propondo soluções. No estado de Minas Gerais, o estudo examinou a situação de 124 municípios (com população urbana superior a 5.000 habitantes) nas bacias dos rios São Francisco, Mucuri, Pardo e Jequitinhonha (Figura 3.16), daqueles 324 localizados nas bacias selecionadas (ANA, 2006).

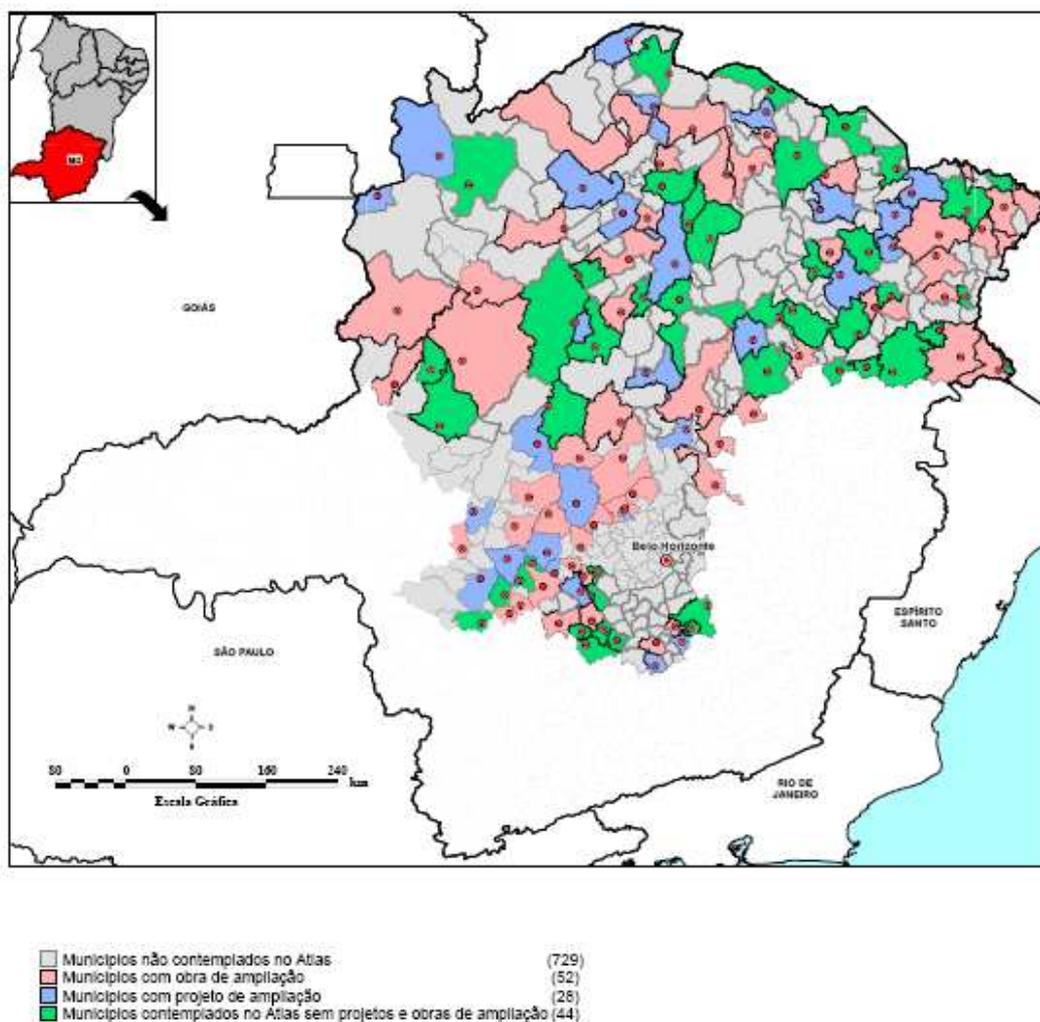


Figura 3.16 - Municípios do estado de Minas Gerais contemplados no Atlas Nordeste: Abastecimento Urbano de Água
 Fonte: ANA, 2006

Esse estudo não contemplou, entretanto, grande parte dos municípios que apresentam os maiores déficits de cobertura em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

A região do médio São Francisco e parte da região hidrográfica do Atlântico Leste em Minas Gerais, ou seja, onde se localiza a região dos vales dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, apresentam os menores índices de cobertura de atendimento com sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. As distribuições espaciais desses percentuais estão representadas, respectivamente, nas Figuras 3.17 e 3.18, e constam da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada no ano de 2000 (IBGE, 2002).

No que se refere ao déficit de abastecimento de água da população, a referida pesquisa revela que os municípios de faixa populacional inferior a 5.000 habitantes em todo o estado são aqueles que apresentam maiores déficits de cobertura de saneamento básico.

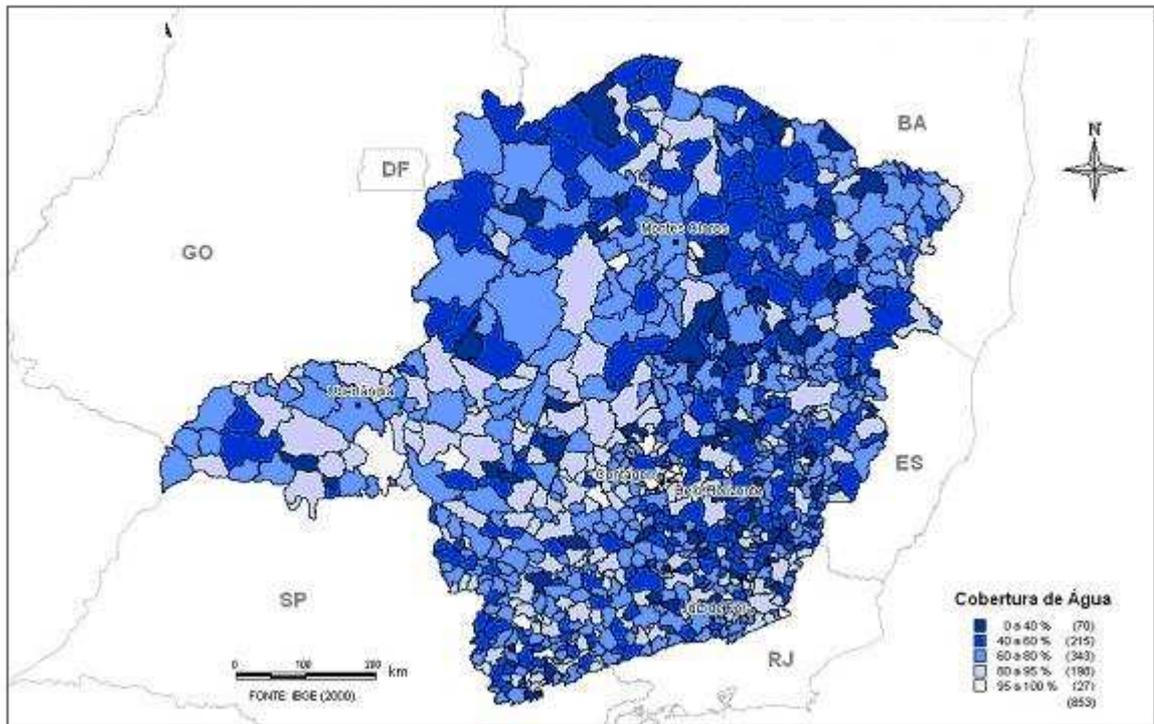


Figura 3.17 - Percentual de municípios do estado de Minas Gerais abastecidos por rede de água

Fonte: IGAM (2006a)

O déficit é maior ainda quando são considerados os serviços de esgotamento sanitário, atingindo ainda percentualmente em maior número os municípios com populações inferiores a 5.000 habitantes.

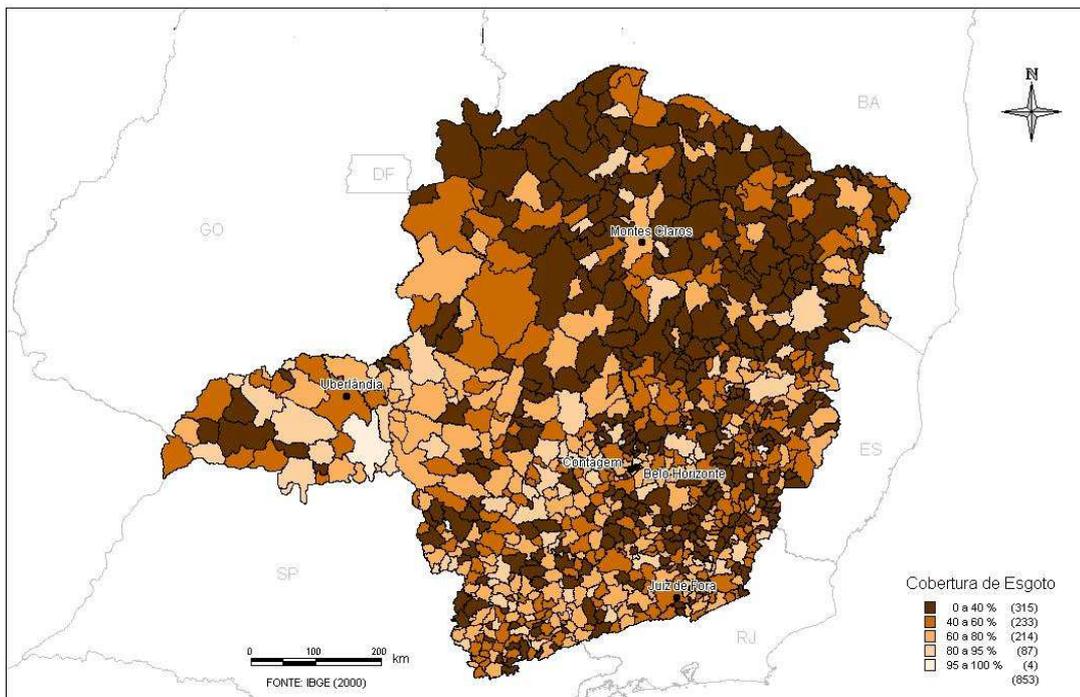


Figura 3.18 - Percentual de municípios do estado de Minas Gerais com rede de esgoto.

Fonte: IGAM (2006a)

3.4.2 - O arcabouço legal e institucional em Minas Gerais

A criação de uma Secretaria Estadual de Meio Ambiente constituiu uma reivindicação antiga dos ambientalistas mineiros. Em 1976, quando se instituiu a Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, a proposta desse setor já era a de inclusão nesta secretaria da pasta do Meio Ambiente. A SEMAD foi criada pela Lei nº 11.903, de setembro de 1995, vinculando-se à sua estrutura a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF). Em junho de 1996, passou a integrar a estrutura da SEMAD o Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (DRH-MG) (FEAM, 1998).

Em julho de 1997 um conjunto de leis produziu a reorganização do sistema estadual de meio ambiente. A Lei nº 12.581, que dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, e dá outras providências, criou uma nova estrutura, integrando, por subordinação, o Conselho de Política Ambiental (COPAM) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), e, por vinculação, a Fundação Estadual de Meio Ambiente, o Instituto Estadual de Florestas e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – (IGAM) (nova denominação do antigo DRH-MG, alterada pela Lei 12.584, de 17 de julho de 1997).

Uma importante modificação introduzida pelo conjunto de leis de julho de 1997 está relacionada à maior especialização das ações a serem desenvolvidas pelas entidades vinculadas. A FEAM passou a se responsabilizar especificamente pela agenda marrom, isto é, pelo controle e prevenção da degradação ambiental decorrente de atividades poluidoras e pelo desempenho de atividades correlatas, como a realização de estudos e pesquisas sobre a poluição, qualidade do ar e do solo. A agenda verde foi assumida pelo IEF, que se tornou responsável pela formulação e execução da política florestal, de forma a promover a preservação da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais renováveis, além de atuar em áreas como as unidades de conservação. Coube ainda ao IEF conduzir a política de preservação e conservação da flora e fauna do estado, promovendo pesquisas nos campos da biomassa e da biodiversidade. O IGAM tornou-se responsável pela agenda azul, ou seja, a gestão dos recursos hídricos no estado de Minas Gerais.

De acordo com a Lei nº 12.581/97, a SEMAD tem por finalidade formular e coordenar a política estadual de proteção do meio ambiente e de gerenciamento dos recursos hídricos, bem como articular as políticas de gestão dos recursos ambientais, visando ao desenvolvimento sustentável do estado.

Como integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH-MG), compete à SEMAD, na condição de órgão central coordenador, de acordo com o estabelecido na Lei nº 13.199/99, as seguintes tarefas:

I - aprovar a programação do gerenciamento de recursos hídricos, elaborada pelos órgãos e entidades sob sua supervisão e coordenação;

II - encaminhar à deliberação do CERH-MG proposta do Plano Estadual de Recursos Hídricos e de suas modificações elaborados com base nos Planos Diretores Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas;

III - fomentar a captação de recursos para financiar ações e atividades do Plano Estadual de Recursos Hídricos, supervisionar e coordenar a sua aplicação;

IV - prestar orientação técnica aos municípios relativamente a recursos hídricos, por intermédio de seus órgãos e entidades;

V - acompanhar e avaliar o desempenho do SEGRH-MG; e

VI - zelar pela manutenção da política de cobrança pelo uso da água, observadas as disposições constitucionais e legais aplicáveis.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERHi foi criado a partir do Decreto nº 26.961, de 28 de abril de 1987. O Conselho, de natureza permanente, foi criado com a finalidade de promover o aperfeiçoamento dos mecanismos de planejamento, compatibilização, avaliação e controle dos recursos hídricos do estado, tendo em vista os requisitos de volume e qualidade necessários aos seus múltiplos usos.

O CERHi, criado anteriormente à existência do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tinha como missão promover a integração entre os diversos programas e atividades setoriais desenvolvidas no âmbito do estado, relacionados ao abastecimento urbano, controle de cheias, irrigação, drenagem e diluição, e transporte de efluentes sanitários e industriais.

A partir da formulação da política estadual de recursos hídricos, incentivada pela promulgação da Constituição Federal de 1988, que torna a água um bem público, o estado de Minas Gerais teve, na sua Lei nº 11.504/94, que dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e dá outras providências, um novo dispositivo legal para a gestão das águas.

Com a finalidade de adequar o Conselho Estadual de Recursos Hídricos às novas atribuições que lhe competia na política estadual de recursos hídricos, o governo do estado, por meio do Decreto nº 37.191/95, deu novas atribuições ao CERH-MG (nova denominação do Conselho), tais como propor o Plano Estadual de Recursos Hídricos, decidir os conflitos entre os comitês de bacias hidrográficas, estabelecer critérios e normas sobre a cobrança pelo uso da água e exercer outras funções de acordo com o disposto na Lei nº 11.504/94.

Com a nova lei de recursos hídricos no estado de Minas Gerais, Lei nº 13.199/99 (que revogou e substituiu a Lei nº 11.504/94), o CERH-MG assumiu nova configuração e novas atribuições, sendo que o Decreto nº 43.373, de 05 de junho de 2003, inclui na sua constituição a participação de representantes dos comitês de bacia hidrográfica, dos usuários de recursos hídricos e da sociedade civil organizada.

A Lei nº 13.199/99, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, regulamentada pelo Decreto nº 41.578, de 08 de março de 2001, veio adequar a legislação estadual à legislação federal estabelecida com a edição da Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

O CERH-MG, integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tem as seguintes atribuições, de acordo com o art. 41 da Lei nº 13.199/99:

- I - estabelecer os princípios e as diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos a serem observados pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos e pelos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas;
- II - aprovar proposta do Plano Estadual de Recursos Hídricos, na forma estabelecida na lei;
- III - decidir os conflitos entre os comitês de bacias hidrográficas;
- IV - atuar como instância de recurso nas decisões dos comitês de bacias hidrográficas;
- V - deliberar sobre projetos de aproveitamento de recursos hídricos que extrapolem o âmbito do comitê de bacia hidrográfica;
- VI - estabelecer os critérios e as normas gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos;
- VII - estabelecer os critérios e as normas gerais sobre a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos;
- VIII - aprovar a instituição de comitês de bacia hidrográfica;

IX - reconhecer os consórcios ou associações intermunicipais de bacia hidrográfica ou as associações regionais, locais ou multisetoriais de usuários de recursos hídricos;

X - deliberar sobre o enquadramento dos corpos de água em classes, em consonância com as diretrizes do COPAM-MG e de acordo com a classificação estabelecida na legislação ambiental; e

XI - exercer outras ações, atividades e funções estabelecidas em lei ou regulamento, compatíveis com a gestão de recursos hídricos do Estado ou de sub-bacias de rios de domínio da União cuja gestão lhe tenha sido delegada.

O CERH-MG tem atuado norteando o sistema de gerenciamento de recursos hídricos por intermédio de deliberações normativas, estabelecendo diretrizes para formação e funcionamento dos comitês de bacias hidrográficas, estabelecendo as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos e desenvolvendo normas para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos.

O IGAM é uma autarquia vinculada à SEMAD, e integra o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. É o órgão gestor responsável pela implementação dos instrumentos de gestão e ainda é responsável pela fiscalização do uso das águas e pela aplicação das penalidades nos termos do Decreto nº 44.309, de 05 de junho de 2006.

Com o dinamismo exigido pela gestão dos recursos hídricos no estado de Minas Gerais, por iniciativa do poder executivo, foi publicada, em 29 de janeiro de 2003, a Lei Delegada nº 83/2003, seguida do Decreto nº 43.371, de 05 de junho de 2003, que dá nova estruturação orgânica básica ao IGAM. Essa nova estrutura adequou o órgão gestor de recursos hídricos aos desafios da gestão compartilhada das águas, e esse órgão passou a atuar de acordo com regulamento interno, definido no Decreto nº 44.312, de 07 de junho de 2006.

Um novo conjunto de Leis Delegadas foi editado no estado de Minas Gerais em 25 de janeiro de 2007. Dentre essas, destacam-se a Lei nº 125, que dispõe sobre a estrutura orgânica básica da SEMAD, e a Lei nº 157, que altera a Lei Delegada nº 83/2003, que dispõe sobre a estrutura orgânica básica do IGAM. Na nova estrutura organizacional estabelecida, a SEMAD e as entidades vinculadas responsáveis pelas agendas ambientais (IGAM, IEF e FEAM) passam a desenvolver ações integradas de licenciamento, monitoramento e fiscalização, compondo o Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA).

O IGAM tem exercido o papel que lhe cabe no Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, implementando o instrumento da outorga de direito de uso das águas superficiais e subterrâneas, utilizando-se de sistema georeferenciado e banco de dados construído a partir de formulários, contendo informações dos requerentes, localização dos pontos de captação ou intervenção no curso de água, tipos de captação (superficial ou subterrânea), finalidades das outorgas e vazões demandadas (SCHVARTZMAN & DINIZ, 2001).

O monitoramento da qualidade das águas é realizado sistematicamente pelo IGAM, por intermédio de sua Diretoria de Monitoramento e Fiscalização Ambiental, construindo banco de dados para desenvolvimento de futuro sistema de informações em recursos hídricos no estado de Minas Gerais.

Importante atribuição que cabe ao IGAM, na execução da política estadual de recursos hídricos formuladas pela SEMAD e pelo CERH-MG, é o apoio ao desenvolvimento e à instalação dos comitês de bacias hidrográficas, permitindo a descentralização no gerenciamento dos recursos hídricos. Por intermédio dos comitês de bacia, o gerenciamento dos recursos hídricos se tornaria mais eficiente, especialmente por permitir o conhecimento, localmente, das disponibilidades hídricas e das demandas dos usuários junto aos pequenos cursos de água, córregos, riachos, nascentes e afluentes de principais rios de domínio do estado.

Devido ao grande número de corpos de água existentes no estado, desde pequenos cursos intermitentes até importantes afluentes de rios de domínio da União, o IGAM desenvolveu um estudo, por solicitação do CERH-MG, para orientar o planejamento, estruturação e formação dos comitês de bacias hidrográficas no estado.

A identificação das unidades foi realizada em etapas, tendo como base os limites das bacias hidrográficas dentro do território mineiro, em consonância com o princípio de gestão por bacias hidrográficas. Dentro de cada uma dessas bacias foram identificadas as unidades, com relativo grau de homogeneidade, a partir da análise integrada de indicadores representando características físicas, sócio-culturais, econômicas e políticas diretamente relacionadas aos recursos hídricos (COELHO *et al.*, 2003).

Como resultado, o estudo apresentou a divisão das bacias hidrográficas do estado em Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH), identificadas,

inicialmente, em trinta e quatro unidades criadas pela Deliberação Normativa nº 06, de 04 de outubro de 2002, e modificada posteriormente para trinta e seis unidades (Figura 3.19) pelas Deliberações Normativas nº 15, de 22 de setembro de 2004 (que cria a Unidade DO6), e nº 18, de 21 de dezembro de 2005 (que cria a Unidade PJ1), com a seguinte descrição:

Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (PN), subdividida em três unidades:

- bacia do rio Dourados - PN1;
- bacia do rio Araguari - PN2; e
- bacia dos afluentes mineiros do baixo Paranaíba - PN3.

Bacia do rio Grande (GD), subdividida em oito unidades:

- bacia do alto rio Grande - GD1;
- bacias dos rios das Mortes e Jacaré - GD2;
- bacia do entorno do reservatório de Furnas - GD3;
- bacia do rio Verde - GD4;
- bacia do rio Sapucaí - GD5;
- bacia dos afluentes mineiros dos rios Mogi-Guaçu e Pardo - GD6;
- bacia dos afluentes mineiros do médio rio Grande - GD7; e
- bacia dos afluentes mineiros do baixo rio Grande - GD8.

Bacia do rio Paraíba do Sul (PS), com duas unidades:

- bacia dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna - PS1;e
- bacia dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé - PS2.

Bacia do rio Doce (DO), com seis unidades:

- bacia do rio Piranga - DO1;
- bacia do rio Piracicaba - DO2;
- bacia do rio Santo Antônio - DO3;

- bacia do rio Suaçuí - DO4;
- bacia do rio Caratinga - DO5; e
- bacia do rio Manhuaçu - DO6.

Bacia do rio Mucuri (MU), com apenas uma unidade:

- a totalidade da bacia no estado - MU1.

Bacia dos rios Piracicaba e Jaguari (PJ), com apenas uma unidade:

- a totalidade da bacia no estado - PJ1.

Bacias Leste, com uma unidade:

- bacia do rio Buranhém, bacia do rio Jucuruçu, bacia do rio Itanhém, bacia do rio Peruípe, bacia do rio Itaúnas, bacia do rio São Mateus, bacia do rio Itapemirim e bacia do rio Itabapoana.

Bacia do rio Jequitinhonha (JQ), com três unidades:

- bacia do alto Jequitinhonha - JQ1;
- bacia do rio Araçuaí - JQ2;e
- bacia do médio e baixo Jequitinhonha - JQ3.

Bacia do rio Pardo (PA), com uma unidade:

- toda a área da bacia no estado - PA1.

Bacia do rio São Francisco (SF), com dez unidades:

- alto curso da bacia do rio São Francisco até a confluência com o rio Pará - SF1;
- bacia do rio Pará - SF2;
- bacia do rio Paraopeba - SF3;
- bacia do entorno do reservatório de Três Marias - SF4;
- bacia do rio das Velhas - SF5;

- bacia dos rios Jequitai e Pacuí - SF6;
- bacia dos afluentes mineiros do rio Paracatu - SF7;
- bacia do rio Urucuia - SF8;
- bacia dos rios Pandeiros e Calindó - SF9; e
- bacia dos afluentes mineiros do rio Verde Grande - SF10.

O CERH-MG estabeleceu as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do estado de Minas Gerais tendo em vista a necessidade de:

I - orientar o planejamento, estruturação e formação de comitês de bacia hidrográfica;

II - subsidiar a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos, dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, programas de desenvolvimento e outros estudos regionais; e

III - subsidiar a implantação dos demais instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos e a gestão descentralizada desses recursos.

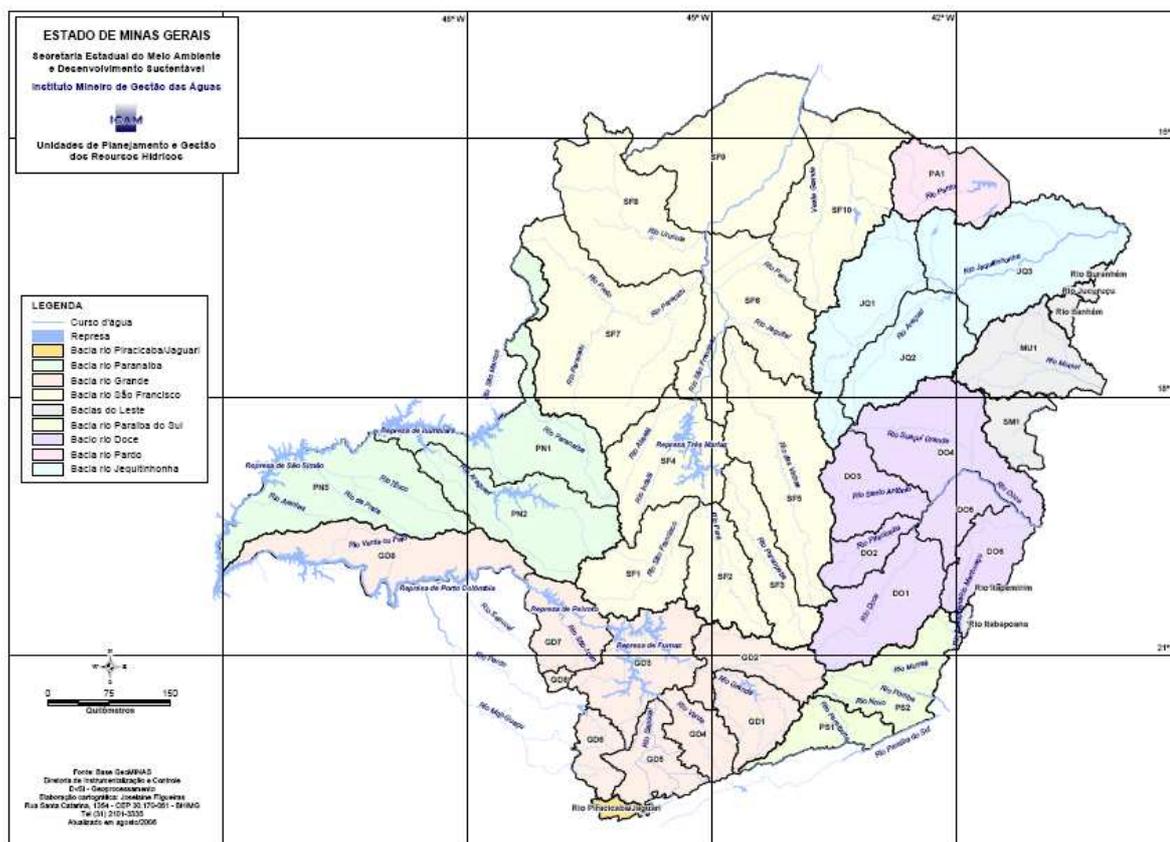


Figura 3.19 - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - MG
Fonte: IGAM (2007)

Conforme preconizado na Lei nº 13.199/99, os comitês de bacia hidrográfica integram o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e têm como território de atuação:

I - a área total da bacia hidrográfica;

II - a sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia ou de tributário desse tributário; e

III - o grupo de bacias ou sub-bacias.

Ao dispor sobre o SEGRH-MG, a lei mineira tratou de definir a forma de composição de dois de seus integrantes: o CERH-MG e os comitês de bacia hidrográfica. Foram estabelecidas duas regras de paridade (artigos 34 e 36 da Lei nº 13.199/99): a primeira, relativamente ao Poder Público, determina que o estado e municípios tenham a mesma quantidade de representantes no CERH-MG; a segunda determina que os usuários e entidades da sociedade civil, ligados aos recursos hídricos, tenham o mesmo número de representante do poder público.

Em atendimento ao disposto no art. 6º, inciso IV, do Decreto nº 41.578/01, o CERH-MG estabeleceu diretrizes para formação e funcionamento dos comitês de bacia hidrográfica, por meio da Deliberação Normativa nº 04, de 18 de fevereiro de 2002 (MENDONÇA, 2002).

A criação de comitês de bacia hidrográfica se dá, no estado de Minas Gerais, conforme as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, formalmente aprovada pelo CERH-MG, em Deliberação Normativa específica.

A Deliberação Normativa nº 04/2002 estabelece ainda que a criação de comitês de bacia hidrográfica deverá ser antecedida de ampla mobilização nas áreas de atuação, com a participação comprovada de pelo menos 80% (oitenta por cento) do total de municípios das bacias, e de no mínimo 03 (três) representantes do setor de usuários e 03 (três) entidades civis com atuação na área de recursos hídricos, legalmente constituídas, em funcionamento e com sede e atuação na bacia, considerando os critérios de paridade constantes da Lei nº 13.199/99.

Além do disposto no art. 38 da Lei 9.433/97 e no art. 43 da Lei 13.199/99, no âmbito de sua área de atuação, observadas as deliberações emanadas do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, cabe aos comitês de bacia hidrográfica:

I - arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos originados em sua área de atuação;

II - aprovar o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia ou região hidrográfica;

III - submeter, obrigatoriamente, os Planos Diretores de Recursos Hídricos à audiência pública; e

IV - desenvolver e apoiar iniciativas em educação ambiental em consonância com a Lei 9.795/99, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental.

Os comitês de bacia hidrográfica se instalaram no estado de Minas Gerais a partir de 1998 e seguem, na sua formação, as orientações emanadas pelo CERH-MG.

Na Figura 3.20, são apresentados os comitês instalados e em funcionamento, os comitês aprovados pelo CERH-MG e os comitês em processo de formação / mobilização nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.

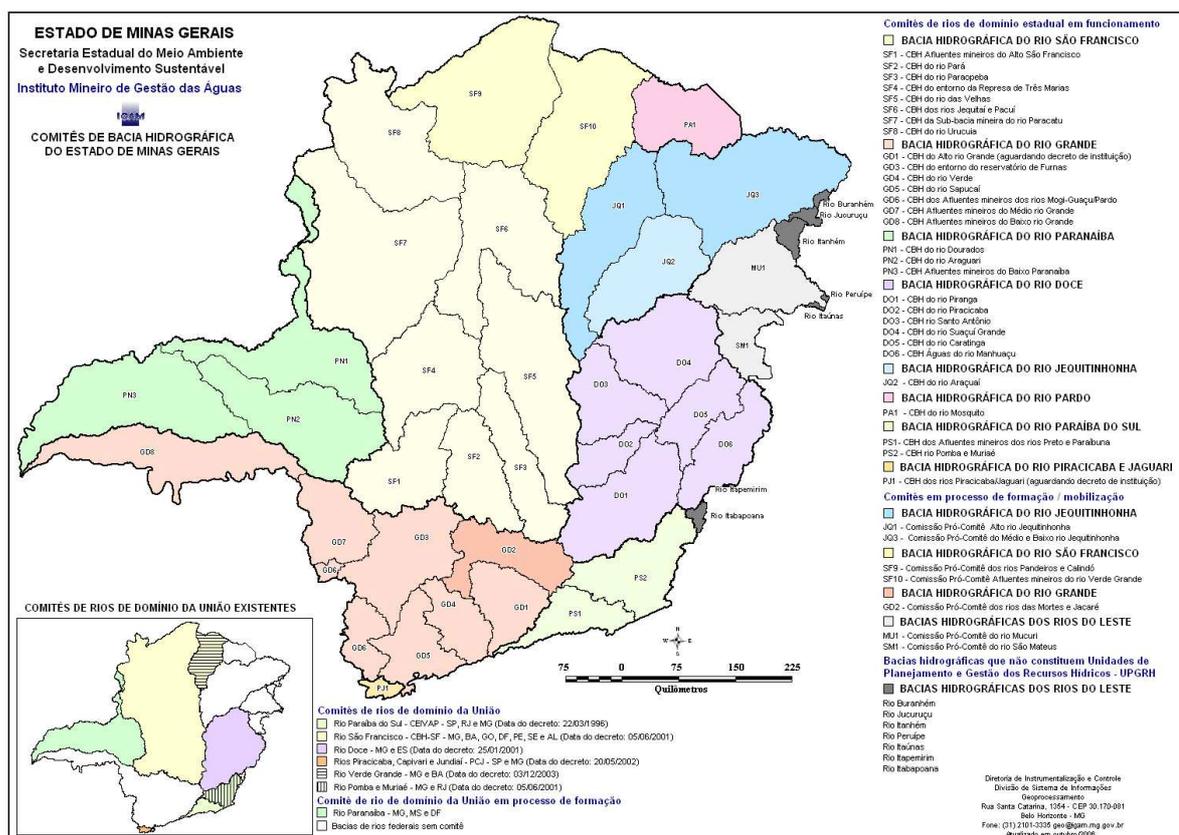


Figura 3.20 - Comitês de bacia hidrográfica no estado de Minas Gerais

Fonte: IGAM (2007)

Os comitês de bacia hidrográfica são instituídos por ato do Governador do Estado. Em Minas Gerais, existem 27 comitês instituídos e nove comissões pró-comitês.

As agências de bacia hidrográficas e/ou entidades à elas equiparadas deverão ser as entidades executivas responsáveis pela operacionalização das atribuições dos comitês de bacia hidrográfica.

3.4.3 - A aplicação dos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos em Minas Gerais

A implementação da política de recursos hídricos em Minas Gerais ocorre com o aperfeiçoamento da legislação estadual e com o maior envolvimento dos usuários e entidades públicas e privadas voltadas para a área ambiental e, especialmente, para a área de recursos hídricos. Os principais instrumentos de gerenciamento utilizados são os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo seus usos preponderantes e a outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

A cobrança pelo uso da água - conforme previsto na Lei nº 13.199/99, com a edição do Decreto nº 44.046, de 13 de junho de 2005, que regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do estado - deverá se iniciar após a implementação das agências de bacias hidrográficas ou entidades a elas equiparadas e após o atendimento das condicionantes que são: i) o cadastramento dos usuários de recursos hídricos; ii) a definição dos usos insignificantes pelos respectivos comitês de bacia hidrográfica; e iii) a aprovação pelo CERH-MG da proposta de cobrança, tecnicamente fundamentada, encaminhada pelos respectivos comitês de bacia hidrográfica.

Apresenta-se a seguir um relato da atual situação no estado de Minas Gerais no que diz respeito aos principais instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos:

a) Planos de Recursos Hídricos

Na lei mineira nº 13.199/99 estão previstos dois instrumentos de planejamento da política de recursos hídricos, que são:

- o Plano Estadual de Recursos Hídricos, contendo as diretrizes e critérios para o gerenciamento dos recursos hídricos; e

- os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, contendo as demandas setoriais das bacias; esses planos deverão ser elaborados ou atualizados pelas agências de bacia e aprovados pelos respectivos comitês de bacia hidrográfica.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos, sendo consubstanciado nos diversos Planos de Bacia Hidrográfica, tem a finalidade de fundamentar e orientar a implementação de programas e projetos relativos à gestão dos recursos hídricos dentro de cada UPGRH.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (PERH/MG) está sendo elaborado pelo IGAM e deverá nortear a política de recursos hídricos no estado. Mesmo que a sua elaboração já tenha sido considerada nas competências do antigo DRH, ao final da década de 1980, apenas agora se inicia (IGAM, 2006a).

No ano de 2006, foram contratados pelo IGAM os serviços para a elaboração da 1ª Etapa do PERH/MG, com os objetivos de consolidar os estudos existentes, especialmente os planos diretores de recursos hídricos de bacias hidrográficas, identificação das áreas de potencial conflito pelo uso da água e avaliação da atuação dos entes componentes do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Essa 1ª Etapa estabeleceu a definição de objetivos, premissas e estratégias para desenvolvimento da 2ª Etapa, que deverá ter continuidade no ano de 2007.

Necessitando, eventualmente, de atualização e mesmo convalidação pelos comitês de bacia, encontram-se elaborados os seguintes planos diretores de recursos hídricos de bacias hidrográficas:

- Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales do Jequitinhonha e Pardo;
- Plano Diretor de Irrigação dos Municípios da Bacia do Baixo Rio Grande;
- Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande;
- Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias de Afluentes do Rio São Francisco; e
- Planos Diretores de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Mucuri, São Mateus, Jucuruçu, Itanhém, Buranhém, Peruípe e Paranaíba.

Encontram-se atualizados e aprovados pelos respectivos comitês de bacia hidrográfica:

- Plano Diretor da Bacia do Rio das Velhas; e
- Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu.

b) Enquadramentos dos cursos de água em classes de usos

O enquadramento dos corpos de água em classe de uso - que segue normas e padrões propostos na Resolução Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 e legislação estadual, por meio da Deliberação Normativa nº 10/86 do COPAM - MG, de 16 de dezembro de 1986 - visa assegurar às águas qualidade compatível para atendimento aos usos mais exigentes a que forem destinadas. Trata-se de um instrumento para subsidiar tanto a gestão de recursos hídricos como a gestão ambiental.

No estado de Minas Gerais, desde 1993, o enquadramento dos cursos de água era considerado um instrumento tanto da gestão de recursos hídricos como de meio ambiente, porém os trabalhos eram executados pelo órgão ambiental do estado. Com a Lei nº 9.433, o enquadramento passou a ser um elemento importante da gestão dos recursos hídricos e, como reflexo de tal regulamentação, põe-se fim ao antigo conflito (MACIEL Jr, 2000).

Os enquadramentos dos cursos de água em Minas Gerais têm sido definidos pelo COPAM - MG (conforme prevê o artigo 54 da Lei nº 13.199/99) até a implantação dos respectivos comitês e agências de bacias hidrográficas.

Alguns rios em importantes bacias do estado foram enquadrados no período de 1994 a 1998, por intermédio das Deliberações Normativas (DN) do COPAM - MG:

- D.N. 05 de 22/01/94 - córrego Mingú; bacia do rio das Velhas;
- D.N. 09 de 27/04/94 - rio Piracicaba e seus afluentes; bacia do rio Doce;
- D.N. 14 de 28/12/95 - rio Paraopeba e seus afluentes; bacia do rio São Francisco;
- D.N. 16 de 24/09/96 - afluentes estaduais do rio Paraibuna; bacia do rio Paraíba do Sul;
- D.N. 20 de 27/06/97 - rio das Velhas e seus afluentes; bacia do rio São Francisco;
- D.N. 28 de 09/09/98 - rio Pará e seus afluentes; bacia do rio São Francisco;
- D.N. 31 de 18/12/98 - altera o enquadramento do trecho 44 do ribeirão Paciência; bacia do rio Pará; e
- D.N. 33 de 18/12/98 - rio Verde e seus afluentes; bacia do rio Grande.

De acordo com a Deliberação COPAM nº 10/86 (inciso c do artigo 11) e Resolução CONAMA nº 357/05 (artigo 42), enquanto não forem efetuados os enquadramentos, aprovados pelos comitês de bacia, as águas doces serão consideradas Classe 2.

Verifica-se, entretanto, que vários comitês de bacia se encontram instalados e esse instrumento importante para o gerenciamento da qualidade das águas não se encontra devidamente implementado. Diversos cursos de água não têm seu enquadramento quanto aos usos a que se destinam propostos pelos respectivos comitês de bacia hidrográfica que congregam os diversos usuários dos recursos hídricos.

c) Outorga de direito de uso de recursos hídricos

Conforme estabelecido na Lei Estadual nº 13.199, o IGAM é o órgão responsável pela emissão das outorgas. O modelo existente é o da *outorga controlada por objetivos* (é fixada a vazão residual mínima que deve ser mantida a jusante de cada captação) e o critério adotado para emissão das outorgas é o *critério da vazão referencial*. A vazão de referência adotada em todo o estado de Minas Gerais é a $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência). De acordo com a Portaria Administrativa IGAM nº 010/98, de 30 de dezembro de 1998, e posterior alteração dada pela Portaria Administrativa IGAM nº 007/99, de 19 de outubro de 1999, a vazão a ser garantida a jusante de cada captação no curso de água, em condições naturais, ou após regularização, deverá ser de 70% (setenta por cento) da $Q_{7,10}$. Significa dizer que essa é a vazão residual que deve ser assegurada para a manutenção do meio biótico em cada seção de um curso de água.

Aqui se podem fazer duas observações quanto ao critério adotado:

1 - o critério de se outorgar apenas de 30% de $Q_{7,10}$ poderá ser adequado em algumas bacias hidrográficas do estado de maneira a proteger os mananciais de uma exploração excessiva, mas poderá se tornar restritiva em bacias onde há maior disponibilidade de recursos hídricos;

2 - o critério de se manter 70% de $Q_{7,10}$ em todos os cursos de água do estado não tem fundamento técnico, podendo ser eventualmente insuficiente. Segundo Sarmiento & Pelissari (1999), a vazão residual dos rios no país, a ser considerada nos empreendimentos que envolvem o uso da água, não tem merecido muita atenção dos órgãos gestores. Sarmiento & Pelissari (1999) recomendam o uso combinado de diversas metodologias que visem à fixação

de vazões residuais, o que poderia flexibilizar o percentual ou mesmo alterar a vazão de referência.

No estado de Minas Gerais, as primeiras outorgas de direito de uso da água foram concedidas por meio de Decretos, por ato do Governador do Estado, após análise e aprovação do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de Minas Gerais (DAE / MG), apoiadas nos termos do Código de Águas - Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. A partir de julho de 1997, o IGAM passou a atuar como órgão gestor emitindo as outorgas de direito de uso de recursos hídricos das águas superficiais e subterrâneas de domínio do estado.

O IGAM recebe as solicitações de outorga dos diversos usuários que pretendem regularizar os seus respectivos usos dos recursos hídricos. Os processos são analisados e as outorgas são emitidas ou indeferidas após estudos técnicos, apoiados no aplicativo computacional que contém mapas superpostos, com informações sobre a hidrografia básica, as curvas de nível do solo e linhas de rendimentos superficiais específicos ($L/s.km^2$) derivados dos estudos de regionalização.

Para análise do requerimento de outorga de direito de uso de recursos hídricos superficiais, as coordenadas geográficas do pretendido ponto de captação ou intervenção no curso de água são identificadas na tela do aplicativo. As diversas tabelas ou *layers* são superpostas, sendo então possível localizar o ponto em análise e determinar a respectiva área de drenagem que contribui para a determinação das vazões características. A determinação da vazão de referência ($Q_{7,10}$) em cada ponto de interesse é feita a partir da multiplicação da vazão específica pela área de drenagem demarcada a montante do respectivo ponto.

A cada solicitação de intervenção em determinado curso de água, são verificados todos os usuários e requerentes com processos pendentes contidos em determinada seção da bacia hidrográfica. Para emissão da outorga de direito de uso de recursos hídricos é feito um balanço entre a disponibilidade da vazão outorgável (30% da $Q_{7,10}$) e as demandas dos diversos usuários.

Os dados relativos aos processos de outorgas são inscritos em um banco de dados contendo informações sobre o requerente, coordenadas geográficas do ponto de intervenção no curso de água, vazão requerida, tipo de uso e demais informações.

Para a emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos subterrâneos, são analisados os dados fornecidos pelo requerente, quanto à localização do poço, características construtivas, níveis estático e dinâmico da água, vazão requerida, tipo de uso e demais informações pertinentes aos respectivos processos. As outorgas são concedidas em função das disponibilidades hídricas dos aquíferos, tendo em vista os seus potenciais de exploração e capacidades de recarga.

O instrumento da outorga de direito de uso dos recursos hídricos tem sido bastante divulgado nas campanhas de educação ambiental desenvolvidas no âmbito do estado de Minas Gerais. Diversos usuários se dirigem espontaneamente ao órgão gestor e solicitam a outorga para captação de água ou execução de intervenção no curso de água (barragens, desvios, dragagem etc), no sentido de garantir uma vazão de água para o desenvolvimento de suas atividades, principalmente a agricultura irrigada, que possui forte uso consuntivo. As outorgas são emitidas em função dos usos a que se destinam, podendo ter validade de 20 anos, no caso de uma concessão destinada a abastecimento público, e 5 ou 3 anos, para autorização e permissão, respectivamente, para os usos de recursos hídricos com fins privados.

Além das companhias de abastecimento e saneamento, diversos usuários particulares têm solicitado outorgas ao IGAM, na modalidade de autorização, para captação de água superficial e exploração de água subterrânea para as mais diversas finalidades. Também são emitidas outorgas para diversas intervenções nos cursos de água, como a construção de reservatórios, diques, açudes, desvios, entre outras obras.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é, atualmente, indispensável para obtenção de licenciamento de diversas atividades junto aos órgãos ambientais e obtenção de financiamentos junto a instituições financeiras públicas e privadas. É ainda um comprovante necessário para obtenção de certificação de qualidade, quando se trata de empreendimento industrial.

Em algumas bacias hidrográficas já existem conflitos instalados entre usuários irrigantes em função da escassez de recursos hídricos em épocas de estiagem; em outras bacias, têm-se problemas de construções irregulares de barramentos que impedem o fluxo normal das águas para os usuários de jusante. Na maioria desses casos, a outorga de direito de uso tem sido o instrumento utilizado para dirimir as questões, repartindo os recursos hídricos disponíveis

entre os usuários e regularizando aqueles barramentos construídos de forma irregular e clandestina.

O IGAM ainda não está emitindo outorgas para lançamento de efluentes, sendo que lhe cabe essa atribuição dentro do sistema de gestão dos recursos hídricos no estado. É relevante observar que o IGAM, no seu processo de análise, considera que todas as vazões outorgadas para os diversos usos (abastecimento, irrigação, dessedentação de animais e uso industrial) são totalmente consuntivas, não havendo retorno das águas servidas no cálculo de novas vazões outorgáveis. Não se prevê também a eventual sazonalidade das vazões outorgadas, sendo considerados os fluxos constantes ao longo dos diversos períodos do ano. Para a agricultura irrigada, por exemplo, poderiam ser outorgadas vazões diferenciadas para períodos secos e chuvosos do ano.

Esses fatos demonstram a necessidade de se evoluir nos critérios de emissão de outorga, com estudos mais aprofundados e específicos nas diversas bacias hidrográficas do estado, com a adoção de novas vazões de referência, estudos sobre vazões residuais e sobre sazonalidade das vazões a serem outorgadas em função dos diversos usos a que se destinam os recursos hídricos.

Especialmente, para regiões de escassez hídrica e de potenciais conflitos pelo uso da água, novas abordagens metodológicas devem ser adotadas para a emissão das outorgas de direito de uso de recursos hídricos. Com a existência de cursos de água intermitentes, notadamente, na região semi-árida mineira, novos critérios poderiam ser adotados pelo IGAM, como, por exemplo, o atendimento preferencial ao consumo humano e à dessedentação animal, com a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos após a alocação da água disponível em reservatórios ou cursos de água perenizados. A proposição e a realização de obras de perenização de cursos de água deve se constituir em uma das tarefas do órgão gestor de recursos hídricos, com recursos financeiros disponíveis no Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (FHIDRO).

d) Sistema de informações sobre recursos hídricos

O estado de Minas Gerais ainda não possui um sistema de informações desenvolvido e centralizado pelo órgão gestor de recursos hídricos. Diversos dados primários e informações são encontrados nos subsistemas mantidos pelo IGAM, tais como cadastros de usuários nas

diversas bacias hidrográficas, dados dos postos de monitoramento de quantidade e qualidade das águas operadas pela Divisão de Hidrometeorologia, sistemas de alerta contra cheias operados pelo Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais (SIMGE) e informações relativas às áreas de conflito, que ainda não estão devidamente sistematizadas em bancos de dados e disponibilizadas ao público.

Com a implementação dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos - notadamente a outorga de direito de uso, os planos diretores de bacia e, ainda, o cadastramento de usuários e o monitoramento da qualidade das águas -, estão sendo lançadas as condições para o conhecimento dos usos, demandas e disponibilidades de recursos hídricos no Estado, de modo a subsidiar a elaboração de Plano Estratégico para a Gestão das Águas.

Não se pode ainda afirmar que o IGAM, a despeito do conhecimento acumulado, especialmente nos últimos dez anos, possua um plano de ação que lhe permita efetuar a gestão eficaz dos recursos hídricos, tendo em vista ainda a construção e consolidação do arcabouço institucional no seio do Sistema Estadual de Meio Ambiente.

A instituição da Lei nº 9.433/97 elevou a importância das políticas públicas em recursos hídricos e dos sistemas nacional e estaduais de gerenciamento das águas. Houve a construção de um novo arcabouço legal e novos arranjos institucionais em nível nacional e dos estados, destacando-se novos paradigmas para a gestão descentralizada e compartilhada das águas.

Christofidis (2001) relaciona alguns impasses ainda existentes no gerenciamento dos recursos hídricos no país, destacando como os mais importantes: i) a gestão fragmentada dos recursos hídricos; ii) a negligência no atendimento aos pobres; iii) o descaso com a qualidade da água, a saúde humana e o meio ambiente; iv) a separação no trato das águas de superfície e das águas subterrâneas; e v) os impactos dos empreendimentos produtivos nos recursos hídricos.

São também relacionados por Christofidis (2001) os problemas na gestão dos recursos hídricos decorrentes da acelerada inserção de leis, decretos, resoluções e instruções normativas, que surgem de forma apressada sem a adequada participação da sociedade. Ainda em sua visão crítica sobre o atual sistema de gerenciamento de recursos hídricos, o mesmo autor verifica que as instituições que lidam com recursos hídricos no país não observam as características intrínsecas e o contexto de cada sub-bacia hidrográfica e a abrangência de cada aquífero.

A política de recursos hídricos tendo a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão pode levar, algumas vezes, à não percepção de problemas importantes, mas de menor escala, que ocorrem em regiões afastadas dos grandes centros populacionais ou consumidores de água. Os instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos regularizam, monitoram e fiscalizam os principais usos dos corpos de água adequando-os aos diversos interesses dos usuários. Tais instrumentos, entretanto, não se mostram eficazes na análise de problemas locais nas pequenas bacias hidrográficas em regiões dispersas no meio rural.

As principais motivações para a existência dos comitês de bacia hidrográfica e as entidades colegiadas - que são os conselhos de recursos hídricos - são as discussões dos problemas e definição das ações prioritárias na bacia, buscando o desenvolvimento de um planejamento estratégico para equilibrar as necessidades dos diversos usuários. A existência desses conselhos facilita as decisões de investimento e, sobretudo, permite o estabelecimento de um diálogo profícuo entre usuários (BOMSTEIN, 1997), o qual, ao menos em princípio, deve conduzir à construção de um consenso sobre as ações a implementar na gestão das águas.

Barraqué (1994), reportando-se ao sistema francês da constituição dos comitês de bacia, alerta que esse consenso obtido junto ao conjunto dos usuários participantes desse fórum consultivo pode refletir, sobretudo, uma distribuição balanceada de recursos entre usuários com representação no comitê e contribuintes financeiros do sistema. Eventualmente, não estarão representados os interesses das comunidades dos meios rurais com suas necessidades de suprimento de água.

Um dos desafios que se apresentam na gestão dos recursos hídricos é conduzir um planejamento integrado de uso da água que privilegie a todos os usuários, independentemente da sua representação no comitê de bacia. Devem ser resguardados os direitos coletivos e difusos no que diz respeito ao uso prioritário das águas.

3.5 - As interfaces da gestão da água no contexto da região semi-árida mineira

Nas questões relativas ao suprimento de água, as políticas públicas desenvolvidas pelos governos e instituições (que tratam da área) devem buscar o atendimento ao maior número de pessoas. Algumas vezes, os programas e projetos são propostos e implementados sem a verificação da adequabilidade desta ou daquela técnica ou alternativa. Também os custos

incorridos para disponibilização da água tornam-se fatores limitantes para a ampliação da oferta de água, principalmente para as populações rurais e comunidades dispersas.

Na região semi-árida, especialmente, há de se verificar, além da oferta (disponibilidade) hídrica, a gestão da demanda e a gestão da qualidade das águas, tendo em vista as limitações naturais e a necessidade de investimentos financeiros não reembolsáveis. Verifica-se à priori que, para a universalização do suprimento de água para consumo humano, parte dos recursos a serem investidos não poderá ser financiada mediante o pagamento integral da tarifa, havendo, desta forma, a necessidade de subsídio direto do poder público ou da sociedade.

Os investimentos em projetos de abastecimento de água tratada e de esgotamento sanitário demandam, em geral, recursos financeiros com longos períodos de retorno, sendo pouco atrativos ao capital privado e mesmo às inversões do poder público. A recuperação dos investimentos por meio das tarifas cobradas pela prestação de serviços depende do número de ligações domiciliares e da capacidade de pagamento dos usuários.

Nos estados do nordeste brasileiro com a maior parte de suas áreas localizadas na região semi-árida, grande parte do fornecimento de água para abastecimento humano é garantida por meio de barragens que regularizam os rios intermitentes e é complementado por captações de aquíferos que, entretanto, apresentam fortes limitações quanto às vazões e à qualidade das águas.

Araújo *et al.* (2005), analisando o custo de disponibilização de água bruta por diversas fontes no estado do Ceará, estimam os custos médios de investimentos para a ampliação da oferta de água por meio de barragens equivalentes a R\$ 0,072 por metro cúbico, e custos médios para disponibilização de água subterrânea, extraída do cristalino, equivalentes a R\$ 0,118 por metro cúbico. Essas duas alternativas, entretanto, não são disponíveis para atendimento a toda população do estado, sendo necessária a utilização de outras fontes e técnicas alternativas para o suprimento de água para o consumo humano.

Os mesmos autores concluíram 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 no meio rural. 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. Também em contraposição ao uso dos carros-pipa, esses autores concluem que o custo de R\$ 1,24 por metro cúbico de água acumulada nas cisternas é bastante inferior ao custo de R\$ 9,83 por metro cúbico de água fornecida pelos carros-pipa.

Estudos conduzidos pelo PNUD (OEA, 1997) relativos aos projetos de captação de água de chuva que atinge os telhados das residências e são armazenadas em cisternas apresentam custos que variam de US\$ 2 a US\$ 5 por mil litros coletados de água, representando, desta forma, uma técnica com boa relação custo x efetividade em locais onde os mananciais superficiais e subterrâneos não são disponíveis, são escassos ou estão contaminados.

Descrevem Camdessus *et al.* (2005) que nos pequenos projetos hidráulicos que necessitam investimentos limitados, manutenção sumária e competência técnica mínima, a observação de normas de qualidade, de higiene e de segurança não lhe são impostos. Consideram, entretanto, que, no meio rural, longe da poluição atmosférica, a recuperação da água de chuva dentro de cisternas faz sentido e pode complementar pequenos projetos em comunidades isoladas.

Alguns projetos e ações, entendidos como parte do esforço do governo federal no sentido de atender à meta de universalização do acesso à água potável, são importantes por outros objetivos específicos, que são a mobilização e a participação social, além de atenuar a necessidade imediata de água para sobrevivência em regiões de escassez severa. Entretanto, as políticas realmente estruturadoras são aquelas previstas em planos de longo prazo para que possam ser desenvolvidas sem descontinuidades em face da mudança dos governantes.

Um dos objetivos precípuos da política de recursos hídricos é a disponibilização da água em quantidade e qualidade, de forma segura e sustentável, para os diversos usos a que se destina, para que os recursos hídricos possam ser utilizados de forma racional, evitando-se a superexploração e o desperdício. O uso prioritário da água é para o abastecimento humano e é dever do Estado, por meio de arcabouço legal e institucional, possibilitar o acesso de toda a população a esse bem indispensável à sobrevivência e ao desenvolvimento.

Com a publicização dos recursos hídricos a partir da Constituição de 1988, o Estado Brasileiro desenvolveu um conjunto de instrumentos legais para fazer a repartição dos recursos hídricos disponíveis, utilizando-se das políticas públicas para harmonizar e priorizar as suas ações. A partir dos diversos diagnósticos já produzidos ao longo das últimas décadas, vários planos foram concebidos e ações desenvolvidas que, efetivamente, trouxeram benefícios à grande parte da população brasileira.

Observam-se, entretanto, algumas aparentes contradições e dificuldades na solução dos problemas para disponibilização de água em regiões onde a oferta é limitada e sazonal, como, por exemplo, nas regiões semi-áridas. Deixadas à própria sorte, uma vez que não foram priorizadas pelas políticas públicas, as populações mais pobres e mais vulneráveis (no sentido de serem mais afetadas pela escassez hídrica) convivem ou sobrevivem com soluções de suprimento de água que lhes são propostas de maneira a mitigar temporariamente os efeitos das grandes calamidades dos episódios de seca.

Os sistemas convencionais de suprimento de água, algumas vezes, devido às dificuldades de se estenderem as redes de distribuição de água tratada, atendem aos núcleos com maior densidade populacional, deixando para uma etapa posterior o atendimento às populações mais distantes e dispersas. Tais sistemas necessitam de um número mínimo de usuários para se manterem com a cobrança de tarifas, mesmo que subsidiadas pelos demais usuários ou pelo poder público. A implantação de sistemas simplificados de abastecimento de água com o aproveitamento de mananciais próximos (superficiais ou subterrâneos) pode se constituir em uma solução para pequenos núcleos populacionais, uma vez que seja equacionado o gerenciamento dos respectivos sistemas.

As técnicas alternativas de suprimento de água, ainda que necessitem ser aprimoradas para que se apresentem como soluções definitivas de convivência nas regiões de escassez hídrica, devem ser assumidas pelas políticas públicas, para que o Estado se responsabilize pela oferta de água em quantidade e qualidade, compatíveis com o desenvolvimento humano.

Certamente o quantitativo de 13 litros de água por habitante por dia, considerado em alguns projetos alternativos, pode ser considerado insuficiente para atendimento das necessidades básicas.

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 600 a 800 mm, ou mesmo superiores, havendo, portanto, necessidade de estudo

das 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.

Mesmo com o atendimento dessa meta mínima, ainda haveria uma grande defasagem entre os habitantes localizados no meio rural próximo às sedes municipais abastecidas com sistemas mais seguros e capazes de suprir demandas da ordem de 80 a 100 litros de água potável por habitante por dia.

Resta ainda o controle para o consumo diário nas unidades familiares, de tal forma que a água fornecida e / ou armazenada seja suficiente para o suprimento contínuo ao longo do ano. Esse autocontrole do consumo diário da água para atendimento às necessidades básicas depende de contínuo programa de educação sanitária e ambiental, para que a água armazenada seja utilizada somente para beber, cozinhar e higiene pessoal. Essa restrição trata-se efetivamente de medida indispensável para que a água armazenada na cisterna possa ser utilizada continuamente nos períodos de estiagem.

O poder público tem como responsabilidade zelar pelo bem estar da população, sendo que o saneamento básico se constitui em uma das bases para o desenvolvimento humano. As populações dispersas no meio rural têm nos sistemas alternativos de suprimento de água a possibilidade da convivência com a escassez hídrica. Entretanto, as políticas públicas não devem negligenciar quanto aos cuidados a serem tomados com a água consumida pelas populações em sistemas individualizados ou sistemas simplificados que atendem a pequenos grupos de residências.

Existe um contingente significativo da população que está sendo contemplada com essas soluções e fica à mercê de um precário controle e monitoramento da qualidade das águas, muitas vezes resultantes de um rápido esclarecimento e curto trabalho de educação sanitária e ambiental que acompanham os projetos.

Em recente trabalho de auditoria realizado pelo Tribunal de Contas da União (TCU) (BRASIL, 2006), foi constatada a ausência ou deficiência de tratamento da água e a ingestão de água não apropriada ao consumo humano no programa de construção de cisternas para armazenamento de água, levando a recomendações no sentido de se promover articulações com o Ministério da Saúde, com o objetivo de viabilizar a instrução dos agentes comunitários de saúde sobre os procedimentos adequados para o tratamento das águas das cisternas.

Tais benfeitorias deverão ser permanentemente vistoriadas e são passíveis de controle do poder público para que resulte em um benefício à saúde das populações contempladas.

No ano de 1994, foram editadas no estado de Minas Gerais a Lei nº 11.504, de 20 de junho de 1994 (revogada e substituída pelo artigo 60 da Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999), que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e a Lei nº 11.720, de 28 de dezembro de 1994, que dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico. Ambas previam a elaboração de Planos Estaduais que deveriam nortear, respectivamente, a atuação dos Sistemas Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Saneamento Básico. Previam também a instalação de Conselhos Estaduais compostos de forma colegiada com representantes de diversos segmentos da sociedade.

No estado de Minas Gerais, a Lei 11.720/94 considera, para efeito de seus dispositivos (em seu artigo 2º, inciso II), o saneamento básico como o conjunto de ações, serviços e obras que visam a alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental por meio de:

- a) abastecimento de água de qualidade compatível com os padrões de potabilidade e em quantidade suficiente para assegurar higiene e conforto;
- b) coleta e disposição adequada dos esgotos sanitários;
- c) coleta, reciclagem e disposição adequada dos resíduos sólidos;
- d) drenagem de águas pluviais; e
- e) controle de roedores, de insetos, de helmintos, de outros vetores e de reservatórios de doenças transmissíveis.

No artigo 3º, a lei ressalta o direito de todos os cidadãos ao saneamento básico, coerentemente com a Constituição do Estado.

As políticas de recursos hídricos e de saneamento básico complementar-se-iam por meio de programas e ações visando a preservação e a melhoria da qualidade das águas, com a adoção das bacias hidrográficas como unidades de planejamento. A Lei nº 11.720/94 prevê, no artigo 4º, inciso V, a adoção de mecanismos que propiciem à população de baixa renda o acesso aos serviços de saneamento básico. A política estadual de saneamento básico, conforme previsto em Lei, não foi devidamente regulamentada em seus diversos dispositivos e não foi implantada de forma a instalar o arcabouço institucional necessário ao cumprimento de seus objetivos.

Com a vigência do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), instituído no ano de 1971, que objetivava eliminar o déficit de saneamento básico nos núcleos urbanos, com investimentos em sistemas de água e esgoto, conforme observa Libânio (2006), o planejamento e a execução dos investimentos, bem como a exploração dos serviços de saneamento, ficaram a cargo das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs), as quais contavam com recursos dos Fundos de Financiamento para Água e Esgoto (FAEs).

Além desses prestadores de serviços, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), órgão do Ministério da Saúde que atua na formulação de planos e programas de saneamento e engenharia de saúde pública, mantém importante atuação nos municípios de até 30.000 habitantes, sendo suas principais ações voltadas para comunidades indígenas e populações consideradas mais vulneráveis (assentamentos e remanescentes de quilombos, entre outros).

Ainda segundo Libânio (2006), apesar das iniciativas de revisão e adequação do PLANASA, as importantes mudanças ocorridas no plano político no Brasil no período 1970 - 1990, traduzidas no processo de redemocratização do país, exigindo maior representatividade municipal e uma estrutura institucional mais sensível às disparidades regionais e às demandas sociais, acabaram por levar ao esgotamento desse modelo.

Em todo o país a prestação de serviço de água e esgoto continua sendo realizada diretamente pelo poder público municipal - Departamentos de Água e Esgoto (DAE) ou Secretarias - ou indiretamente por meio de autarquias municipais - Serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAAE) - ou por meio de concessões e contratos firmados com companhias estaduais de saneamento básico (CESB) ou ainda por concessionárias privadas.

Heller *et al.* (2002) indicam que, a despeito da presença da COPASA na operação de sistemas de abastecimento de água em todo o estado, com ligeira predominância nas regiões norte e

noroeste de Minas Gerais, e vales do Jequitinhonha / Mucuri, baseados em dados censitários do IBGE do ano de 2000, as Regiões de Planejamento Jequitinhonha / Mucuri, Rio Doce e Norte apresentaram os maiores índices de sobre-carência referentes ao abastecimento de água.

Sem aprofundar nas discussões sobre a implantação dos serviços de saneamento básico, verifica-se que, no estado de Minas Gerais, a COPASA e as prefeituras que direta ou indiretamente cuidam do atendimento às populações urbanas com serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em diversos níveis de atendimento atuam numa lógica econômico-financeira, apoiando-se no modelo do subsídio cruzado, no qual os sistemas superavitários subsidiam os sistemas deficitários com a utilização da tarifa única.

Em 5 de janeiro de 2007, dez anos após a aprovação da Lei Federal nº 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, foi sancionada a Lei Federal nº 11.445, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, pautando em seu capítulo inicial a fundamental integração das infra-estruturas e serviços de saneamento com a gestão eficiente dos recursos hídricos (artigo 2º, inciso XII).

A necessária articulação - fruto da interface existente na gestão das águas - é expressa no parágrafo único do artigo 4º da nova Lei nº 11.445/07, que estabelece que “a utilização de recursos hídricos na prestação de serviços públicos de saneamento básico, inclusive para disposição ou diluição de esgotos e outros resíduos líquidos, é sujeita à outorga de direito de uso, nos termos da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, de seus regulamentos e das legislações estaduais”.

Com a aprovação da Lei Federal nº 11.445/07, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, espera-se uma nova fase da gestão do saneamento no país, com repercussão positiva nos estados da federação. Devidamente regulamentada e implementada, a Lei Estadual nº 11.720/94 deverá estabelecer novos paradigmas e, por intermédio dos Planos de Saneamento Básico, será possível a universalização dos serviços incluindo as populações ainda não contempladas.

Nesse novo “estado da arte” estabelece-se a possibilidade, em nível estadual, da articulação das políticas de recursos hídricos e de saneamento básico, com o atendimento das populações dispersas, especialmente no meio rural e no entorno dos núcleos urbanos.

Tendo como usuário prioritário o abastecimento público, poderão ser revistos os critérios de outorga de direito de uso e enquadramento dos corpos de águas, visando a garantia da oferta de água em quantidade e qualidade, necessários à universalização dos serviços de saneamento básico.

As evidentes interfaces existentes entre a gestão dos recursos hídricos e outras áreas relacionadas ao uso da água tornam-se mais explícitas nas regiões carentes do estado e do país, especialmente na região semi-árida, onde a falta de saneamento básico acarreta inevitáveis consequências na saúde pública.

Segundo Nascimento e Heller (2005), com base no estudo das interfaces entre as áreas de recursos hídricos e saneamento, um dos principais desafios para o setor de saneamento é o atendimento a populações pobres concentradas em favelas ou dispersas no meio rural. Esses desafios, segundo os autores, são tanto de natureza econômico-financeira como também tecnológica e gerencial e devem ser encarados no conjunto de políticas integrativas destinadas a combater a exclusão social.

Os planos de saneamento básico, conforme preconizado na nova lei federal de saneamento, deverão ser compatíveis com os planos diretores de bacias hidrográficas em que estiverem inseridos, demonstrando ainda a necessária integração entre as políticas públicas.

Segundo Heller (2005), os serviços de saneamento podem ser organizados segundo modelos de gestão de distintas naturezas. No Brasil, os modelos existentes basicamente são: operados por companhia estadual em regime de concessão; operados por autarquias ou empresas públicas municipais; operados pela administração direta municipal; operados por empresa privada mediante concessão. Uma tarefa ainda a ser desempenhada é a avaliação comparativa entre tais modelos, buscando verificar seu efeito na eficácia, efetividade e eficiência dos serviços.

Ainda segundo Heller (2005), independentemente do modelo de gestão adotado, os serviços necessitam possuir uma organização adequada para que seja prestado um serviço de qualidade, planejado para a sua expansão e para fazer frente a possíveis mudanças ao longo do tempo.

Com o advento da Lei Federal nº 11.445/07, surge a possibilidade da gestão associada entre entes federados por meio de convênios de cooperação ou consórcio público. Novos

mecanismos de prestação de serviços regionalizada poderão atender a diversos municípios mediante contratos de programa, baseados nos planos de saneamento dos municípios.

Para o desenvolvimento e a implantação de sistemas de abastecimento de água é necessária a identificação das respectivas fontes e a obtenção das respectivas outorgas de direito de uso de recursos hídricos.

Os instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos - notadamente os planos diretores de bacias, o enquadramento dos corpos de água em classes e a outorga de direito de uso de recursos hídricos - visam disponibilizar recursos hídricos em quantidade e qualidade para os usos prioritários da água e para a manutenção do meio ambiente nas bacias hidrográficas.

Tais instrumentos, devidamente harmonizados, deverão preservar os mananciais destinados ao abastecimento público como uso prioritário em cada bacia hidrográfica. Satisfeitas as demandas das populações, poderão ser atendidos os demais usos, de acordo com as prioridades estabelecidas nos planos de bacia. A correta e competente gestão dos recursos hídricos poderá proporcionar, portanto, a segurança necessária para a implementação dos projetos de abastecimento de água a partir de fontes perenes e seguras e ainda para a implantação de projetos de irrigação e de empreendimento industrial, permitindo-se o uso múltiplo das águas e evitando-se eventuais conflitos entre os usuários.

Para o atendimento às populações rurais e dispersas há ainda a necessidade do gerenciamento municipal dos recursos hídricos, uma vez que essas demandas individualizadas não são alcançadas ou mesmo visualizadas pelas políticas públicas e pelos instrumentos de gerenciamento.

A nova legislação sobre recursos hídricos não trata especificamente das águas de chuva. A Lei Federal nº 9.433/97, entretanto, estabelece, no parágrafo 1º do artigo 12, que independem de outorga pelo Poder Público, conforme definido em regulamento: i) o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; ii) as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes; e iii) as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

Caberá aos comitês de bacia hidrográfica (inciso V, artigo 38 da Lei nº 9.433/97) propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da

obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes.

Interpreta-se que, por serem captadas ou armazenadas em volumes considerados pouco expressivos, e destinadas às necessidades individuais ou de pequenos núcleos populacionais, a captação de água de chuva independe de outorga pelo Poder Público e, portanto, não é passível também de cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Deve-se considerar ainda a possibilidade da cobrança de tarifas como pagamento pela prestação de serviços de administração e manutenção de sistemas que captam água de chuva. A cobrança de tarifa, mesmo que subsidiada, poderia ser concebida como instrumento para controle de consumo em sistemas alternativos. Nos sistemas que utilizam a água de chuva, parece, aparentemente, absurda a idéia de se cobrar pelo uso da água, mas a cobrança de tarifas em sistemas comunitários poderia significar uma medida de racionalização do consumo diário, além de prover recursos financeiros para a necessária manutenção das unidades construídas.

O Código de Águas (BRASIL, 2003) considera que as águas pluviais - aquelas que procedem imediatamente das chuvas – pertencem aos donos dos “prédios” onde caírem diretamente, podendo os mesmos dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário (art. 103 Decreto nº 24.643/34). Desta forma, verifica-se que, salvo regulamentação específica a ser editada, a captação de água de chuva não é gerenciada pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

A Lei Federal nº 11.445/07 - que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico - dispõe em seu artigo 5º que: *Não constitui serviço público a ação de saneamento executada por meio de soluções individuais, desde que o usuário não dependa de terceiros para operar os serviços, bem como as ações e serviços de saneamento básico de responsabilidade privada, incluindo o manejo de resíduos de responsabilidade do gerador.*

Verifica-se ainda que a água de chuva coletada nos telhados das residências e destinada ao consumo humano não se constitui escopo da política de saneamento básico.

Silva (2006), em recente pesquisa sobre a utilização de cisternas para captação de água de chuva utilizadas para o abastecimento humano na região semi-árida mineira, cita o uso da

água de chuva em diversos países, observando as limitações existentes quanto à qualidade das águas armazenadas e utilizadas.

A política de recursos hídricos necessita de constantes aperfeiçoamentos no sentido de se adequar às diversidades regionais do país. Além das necessárias articulações com as demais políticas - de saneamento básico, irrigação, uso dos solos, drenagem urbana, resíduos sólidos e gestão ambiental -, certamente é escopo da política de recursos hídricos o aproveitamento das águas minerais, das águas de chuva, das águas servidas e reutilizadas e, ainda, o controle de enchentes e o armazenamento das águas em regiões de escassez hídrica.

Especialmente para a região semi-árida e outras regiões sujeitas a eventos extremos (secas e enchentes), o instrumento da outorga de direito de uso de recursos hídricos deverá contemplar a sazonalidade e a intermitência dos cursos de água.

Enfoque específico deve ser dado às águas armazenadas em reservatórios naturais e artificiais superficiais e subterrâneas no que diz respeito à qualidade das águas e à gestão da oferta, o que permitiria o melhor aproveitamento dos estoques existentes.

Nas regiões de escassez hídrica, certamente deveria ser objeto de cadastramento as intervenções como as cisternas para captação de água de chuva, as barragens subterrâneas, as barragens sucessivas, e outras intervenções que visem o aproveitamento das águas para consumo humano, irrigação, drenagem e controle de enxurradas, de tal forma que essas ações não ocorram de forma profusa e à revelia dos órgãos gestores de recursos hídricos, a despeito de serem soluções individualizadas e “aparentemente” insignificantes.

Nas regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais, onde se insere parte da região semi-árida, diversas alternativas poderão ser estudadas visando o suprimento adequado de água em quantidade e qualidade suficientes para o abastecimento humano e para o desenvolvimento de diversas atividades produtivas.

Com a implantação de sistemas convencionais simplificados de abastecimento e a utilização de suprimento complementar por meio de captação de água de chuva e outras técnicas alternativas de armazenamento de água (como por exemplo, as barragens subterrâneas), poderão ser atendidas as demandas dos pequenos municípios, das comunidades rurais e das populações dispersas no meio rural. No estado de Minas Gerais, tais populações representam

o contingente não atendido por eficientes sistemas de suprimento de água que habita particularmente os vales do Jequitinhonha, Mucuri e região norte do estado.

Por meio de um diagnóstico pormenorizado, podem ser identificadas as demandas de cada vila, povoado ou lugarejo e providenciada (a partir da existência de recursos financeiros para esse fim) a adequada solução para atendimento das demandas de água. Em verdade, as referidas populações, atualmente, sobrevivem com sistemas precários de abastecimento de água, intermitentes, de má qualidade e insuficientes para o desenvolvimento de atividades produtivas senão aquelas para mera sobrevivência.

Além das falhas relacionadas às políticas públicas (federal, estadual e municipal), que não vêm com especificidade as diversas comunidades, as soluções técnicas adotadas muitas vezes não são mantidas e monitoradas, o que leva ao descrédito e ao retorno a soluções primitivas das cacimbas, poços manuais e latas de água na cabeça, especialmente em épocas de secas.

Na revisão realizada nesta pesquisa, é possível verificar a experiência acumulada nos diversos planos, programas e projetos desenvolvidos pelos governos destinados a ações de combate à seca e ao convívio das populações em regiões de clima semi-árido, e é possível também inferir-se o montante de recursos financeiros já despendidos em tantas iniciativas.

Talvez, as soluções para o suprimento adequado de água para o consumo humano, nas regiões de escassez hídrica, passem por verificações mais específicas e ajustadas às especificidades locais de cada micro região.

É proposta, a seguir, uma metodologia para verificação dos sistemas convencionais simplificados de abastecimento de água e sistemas alternativos de captação de água de chuva, implantados na região semi-árida mineira, e destinados ao atendimento das demandas para consumo humano.

4 - METODOLOGIA

4.1 - Abordagem para o desenvolvimento do trabalho

Na revisão bibliográfica foram descritos diversos programas desenvolvidos pelos governos e os projetos e ações destinados à minimização dos efeitos das secas recorrentes na região semi-árida brasileira. Apesar da alocação de recursos pelos governos federal e estadual, os resultados dessas ações não foram totalmente eficientes, eventualmente devido à falta de estudos técnicos e econômicos que garantissem o sucesso e a sustentabilidade das intervenções.

Neste trabalho serão avaliadas a implantação de sistemas convencionais de suprimento de água e a alternativa de captação de água de chuva, destinados ao abastecimento humano para as comunidades e populações dispersas na região semi-árida mineira.

A metodologia proposta baseia-se no fato de que são requeridos estudos que comprovem a viabilidade técnica, econômica e social dos empreendimentos a serem executados. Há ainda fatores relacionados à manutenção e à operação dos sistemas implantados e mesmo à apropriação (no sentido de cuidar e zelar) e envolvimento por parte das populações atendidas. Tais fatores, quando não são devidamente considerados ou adequados às diversas realidades sócio-culturais, comprometem a sustentabilidade dos projetos.

4.2 - Metodologia desenvolvida

No contexto desta pesquisa, serão avaliados os recentes projetos de suprimento de água para abastecimento humano implantados na região semi-árida mineira que envolvem as aplicações de recursos financeiros públicos. Serão considerados os dados dos projetos do Programa PROÁGUA/Semi-árido, do Projeto Vida no Vale e do Programa P1MC de construção de cisternas para captação e armazenamento da água de chuva.

Para o desenvolvimento desta metodologia, propõe-se a avaliação dos sistemas utilizando-se um método de análise constituído de quatro critérios de viabilidade: i) viabilidade técnica; ii) viabilidade econômica; iii) viabilidade social; e iv) viabilidade de administração, operação e manutenção. Os estudos de viabilidade deverão indicar as alternativas mais adequadas ao abastecimento humano, cotejando-se os sistemas tradicionais de suprimento de água e o alternativo de captação de água de chuva.

Na aplicação da metodologia devem-se considerar, simultaneamente, as alternativas de abastecimento convencional e de captação de água de chuva. Análises criteriosas das viabilidades técnica, econômica, social e de administração, operação e manutenção devem ser realizadas para os sistemas antes de definir-se a alternativa mais adequada para a área em estudo.

Outras técnicas poderão ser consideradas, se se constituírem em alternativas viáveis para o suprimento de água para o consumo humano, como se pretende avaliar nesta pesquisa.

A seguir são descritos os critérios e sub-critérios considerados.

4.2.1 - Viabilidade técnica

Algumas falhas nas concepções dos sistemas de abastecimento denotam, muitas vezes, o desconhecimento relativo às peculiaridades locais. A adoção de tecnologias de engenharia dispendiosas na construção das unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, algumas vezes, comprometem a viabilidade de alguns projetos.

As nascentes, surgências, olhos d'água e reservatórios naturais de água são as primeiras opções a se considerar na captação de água para consumo humano. Entretanto, a exploração dessas fontes, em geral contendo águas de boa qualidade, pode não ser suficiente para a implantação de projetos sustentáveis de abastecimento público. A exploração contínua ou indevida desses mananciais, além de agravar a situação de escassez, contribui muitas vezes para aumentar o estado de degradação do meio ambiente, impedindo uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos.

De igual forma, os pequenos cursos de água, córregos e riachos são muitas vezes utilizados para captações acima de sua capacidade natural de contribuição, ocasionando desequilíbrios que, com o passar dos anos e com o aumento gradativo da exploração, tornam-se intermitentes ou chegam a secar.

Em uma região com escassas fontes de suprimento de água, torna-se difícil não permitir ou impedir a utilização desses mananciais, quando o instrumento da outorga de direito de uso de recursos hídricos não alcança as pequenas captações, eventualmente consideradas pouco significativas.

A definição do manancial apropriado (superficial ou subterrâneo) ou as ações desenvolvidas para garantir a perenidade da fonte de suprimento, certamente, devem ser avaliadas.

São propostos os seguintes sub-critérios na análise de viabilidade técnica:

- **Fonte segura de água** - refere-se, no caso dos sistemas convencionais, à existência de manancial superficial ou manancial subterrâneo, ou, ainda, de açude ou reservatório com capacidade de suprir de forma segura e contínua um sistema de abastecimento de água. No caso de captação de água de chuva, refere-se à verificação do atendimento contínuo ao consumo familiar por meio do armazenamento da água em cisternas.
- **Concepção adequada do sistema** - refere-se à utilização de sistemas integrados para atendimento às sedes municipais e distritos e localidades próximos à estação de tratamento de água ou a utilização de sistemas isolados de abastecimento de água para atendimento a núcleos populacionais mais distantes, no caso de sistemas convencionais. No caso da utilização das cisternas para captação de água de chuva, refere-se ao dimensionamento das estruturas de acordo como o número de pessoas em cada residência.

4.2.2 - Viabilidade econômica

Tanto para investimentos públicos quanto privados, há de se considerar a viabilidade econômica da implantação dos projetos. Para um projeto se manter ao longo de sua vida útil programada, certamente esse deverá ser capaz de cobrir os custos de sua implantação, operação e manutenção.

Mesmo que os custos de implantação de determinado empreendimento sejam financiados de forma não reembolsável (possíveis em empreendimentos públicos), certamente a operação e manutenção exigirão o aporte contínuo de recursos financeiros, via cobrança de tarifas, pagamento pela prestação de serviços ou subsídios alocados àquele empreendimento.

São propostos os seguintes sub-critérios na análise de viabilidade econômica:

- **Custo de implantação** - corresponde ao custo por habitante na ampliação de sistemas existentes ou na implantação de sistemas isolados, no caso de sistemas convencionais. No caso da construção das cisternas, corresponde ao levantamento do custo por habitante na construção de nova unidade.

- **Estabelecimento de tarifas** - corresponde à possibilidade do estabelecimento de tarifas a serem pagas pelos usuários, para cobertura dos custos de administração, operação e manutenção dos sistemas convencionais e de captação de água de chuva.

4.2.3 - Viabilidade social

Algumas soluções propostas para algumas comunidades rurais podem partir de pressupostos equivocados, se não forem discutidos e debatidos ainda em sua fase inicial. Torna-se imprescindível a realização de diagnósticos e discussões com as comunidades a serem beneficiadas com os projetos de suprimento de água.

A simples intenção de solucionar o problema de abastecimento de água pode redundar em fracassos, como a não utilização dos equipamentos e benfeitorias instalados ou manejo inadequado ou, ainda, a diminuição da vida útil dos sistemas instalados.

Por se tratar, em geral, de população não habituada ao uso das instalações prediais, até as técnicas mais simples de captação de água de chuva nos telhados das casas ou nos terreiros devem ser discutidas e aprovadas pelas pessoas.

São propostos os seguintes sub-critérios na análise de viabilidade social:

- **Programa de educação ambiental** - refere-se à possibilidade da implantação de programa desde a fase de estudos preliminares até a fase de operação dos sistemas convencionais e de captação de água de chuva.
- **Aceitabilidade local** - refere-se ao grau de aceitabilidade da implementação da alternativa pela população.

4.2.4 - Viabilidade da administração, operação e manutenção

Verificações “*ex-post*” como aquelas realizadas em projetos de abastecimento de pequenas comunidades rurais dispersas no semi-árido brasileiro dos estados da Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte (PRÁXIS, 2002), que buscaram avaliar o desempenho e a sustentabilidade desses empreendimentos, apontaram algumas lições aprendidas e recomendações que se tornam também importantes a serem consideradas na presente metodologia de avaliação:

- a) os programas apoiados pelos governos deveriam obrigatoriamente elaborar um modelo que garantisse a operação e a manutenção sustentável dos sistemas, mesmo que acarretasse maiores custos de organização dos usuários;
- b) os programas devem analisar alternativas de conjugação de soluções distintas para atendimento aos diversos usos da água; e
- c) os governos devem se responsabilizar pela garantia do suprimento adequado de água em quantidade e qualidades compatíveis com as normas e legislações vigentes.

É proposto o seguinte sub-critério na análise de viabilidade da administração, operação e manutenção:

- **Responsabilidade pela administração, operação e manutenção** - corresponde à existência de entidade responsável por tais tarefas, podendo ser a administração direta de uma prefeitura, autarquia ou empresa municipal, companhia concessionária ou permissionária, associação de usuários, consórcio ou qualquer outra entidade legalmente constituída, subordinada à fiscalização do poder público.

4.3 - Seleção de alternativas

Com a realização de uma avaliação das viabilidades técnicas, econômicas, sociais e da implantação de sistema de administração, operação e manutenção, utilizando os sub-critérios especificados na metodologia desenvolvida, obtém-se uma visão geral das alternativas mais viáveis do aproveitamento dos recursos hídricos. Após o exame das alternativas, o atendimento a certas condicionantes torna-se indispensável no processo de tomada de decisão.

A seleção das alternativas viáveis baseia-se, principalmente, na avaliação da sustentabilidade dos sistemas de suprimento de água estudados, sendo verificada a sua viabilidade comparativamente entre as alternativas disponíveis.

As alternativas apresentadas a seguir sintetizam a avaliação a ser realizada na bacia pesquisada quanto aos sistemas convencionais e de captação de água de chuva. Na hipótese de um critério se mostrar inviável, a alternativa se inviabiliza como solução a ser adotada. Nas demais possibilidades há de se verificar aquela alternativa que contiver o maior número de sub-critérios viáveis. Assim, têm-se as seguintes possibilidades:

- I. Somente sistemas convencionais de suprimento de água serão utilizados no atendimento às populações das sedes municipais, distritos e localidades;
- II. Os sistemas convencionais de suprimento de água serão complementados pelas cisternas de captação de água de chuva para atendimento às comunidades rurais e famílias isoladas; e
- III. Um conjunto de cisternas para captação de água de chuva irá compor o sistema de suprimento de água para consumo humano em determinada localidade, pertencente a um distrito ou município.

Os intervalos para enquadramento dos quesitos de viabilidade deverão ser estabelecidos em cada município de acordo com as especificidades de cada região e poderão ser elementos para estudos antecedentes aos projetos básicos e aplicação dos recursos financeiros.

A escolha da alternativa mais adequada e a implantação dos sistemas de abastecimento de água se relacionam às políticas públicas a serem adotadas em cada município, região ou bacia hidrográfica, de acordo com as seguintes condicionantes:

- 1 - Existência de Plano Diretor de Recursos Hídricos de Bacia Hidrográfica e/ou Plano de Saneamento Básico do Município;
- 2 - Existência de recursos financeiros alocados em rubrica específica em orçamento da União, do Estado ou do Município;
- 3 - Existência de estudos de viabilidade, projetos básicos e orçamentos que possibilitem o estabelecimento de convênios e/ou contratos; e
- 4 - Existência de entidade responsável pela administração, operação e manutenção dos sistemas a serem implantados.

A metodologia será desenvolvida em uma bacia hidrográfica demonstrativa da região semi-árida mineira, que represente as diversidades já apontadas quanto ao atendimento prioritário de suprimento de água para o consumo humano, com enfoque especial para as áreas rurais.

Não serão apresentadas as soluções para cada localidade, mas tão somente avaliadas as alternativas consideradas sustentáveis de acordo com os quesitos propostos, com o objetivo de corroborar as hipóteses inicialmente apresentadas.

5 - RESULTADOS

5.1 - Aplicação da metodologia

A bacia do rio Jequitinhonha foi escolhida como área de estudo para aplicação da metodologia proposta neste trabalho, ou seja, para avaliação dos sistemas de abastecimento de água, assim como para discussão das soluções preconizadas para o semi-árido mineiro.

No estado de Minas Gerais, a bacia do rio Jequitinhonha destaca-se e torna-se importante nesta pesquisa para avaliação das políticas públicas. Dos 85 municípios integrantes da região semi-árida mineira, 42 encontram-se nessa bacia, contendo uma população residente de aproximadamente 550.000 habitantes, segundo o censo demográfico do ano de 2000.

A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha foi objeto de Plano Diretor de Recursos Hídricos elaborado antes ainda do advento da nova Política Nacional de Recursos Hídricos. No início da década de 1990, já havia sido indicada como uma das bacias prioritárias para a implantação da Política Estadual de Recursos Hídricos. Nessa bacia se localizam quatro das sete barragens de perenização de cursos de água construídas pelo governo do estado de Minas Gerais para desenvolvimento de projetos de abastecimento de água e projetos de irrigação na região semi-árida mineira.

O vale do rio Jequitinhonha está incluído entre as regiões prioritárias para o desenvolvimento de projetos que visam a redução das desigualdades regionais, segundo o PMDI. Na bacia desse rio estão sendo desenvolvidos os projetos do Programa Vida no Vale, que pretende universalizar os serviços de água e esgoto às populações de 92 municípios, incluídos entre esses todos os municípios da bacia do rio Jequitinhonha.

O Programa PROÁGUA/Semi-árido, que visa a ampliação de oferta de água para abastecimento na região semi-árida brasileira, tem desenvolvido em Minas Gerais os seus projetos desde 1998, em municípios integrantes das bacias dos rios Pardo (municípios de Águas Vermelhas, Divisa Alegre e Curral de Dentro) e Jequitinhonha (municípios de Diamantina, Araçuaí, Carbonita, Minas Novas, Leme do Prado, Veredinha, São Gonçalo do Rio Preto e Jenipapo de Minas), estando prevista ainda a continuidade das ações no Programa PROÁGUA Nacional nessa região.

Na bacia do rio Jequitinhonha concentram-se mais de 54% das cisternas para captação de água de chuva implantadas pelo Programa P1MC. Um grande número de cisternas também foi construída nessa bacia com financiamento de organizações não governamentais e em projetos de iniciativa da Universidade Federal de Minas Gerais.

Na bacia do rio Jequitinhonha são identificadas ainda áreas susceptíveis à desertificação, que serão objeto de projeto a ser desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente, denominado “Áreas Piloto para Estudos de Desertificação (APED)”, compreendendo os municípios de Araçuaí, Carai, Comercinho, Coronel Murta, Itinga, Padre Paraíso, Ponto dos Volantes, Rubelita, Salinas, Santa Cruz de Salinas e Virgem da Lapa.

Dispõem-se, portanto, de vários estudos, diagnósticos, projetos concluídos e em execução que serão abordados no presente trabalho, utilizando-se de dados secundários disponibilizados pelas diversas entidades envolvidas nas respectivas intervenções.

As análises a serem desenvolvidas na bacia demonstrativa do rio Jequitinhonha poderão ser utilizadas, com as devidas adaptações, em outras bacias do estado de Minas Gerais que apresentem similaridades às questões aqui abordadas.

Inicialmente, são descritas as características básicas da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, considerando a sua localização, os municípios integrantes com a proporção das populações urbana e rural, taxas de crescimento anual, indicadores de desenvolvimento humano e demandas atuais de água para abastecimento e ainda serão verificados:

- as disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas - a partir de dados e informações obtidos em estudos, diagnósticos e levantamentos já efetuados e disponíveis, retratando ainda os aproveitamentos existentes;
- a qualidade das águas - com base em estudos existentes são relatados os diagnósticos atuais relativos à qualidade das águas na bacia pesquisada;
- os principais usos das águas na bacia pesquisada - a partir das outorgas concedidas pela ANA (em águas superficiais de domínio da União) e pelo IGAM (em águas superficiais de domínio do estado e águas subterrâneas) serão verificados os principais usos da água;
- os dados de chuvas – serão localizadas e identificadas as redes de dados pluviométricos nas bacias estudadas, que serão úteis nos estudos de viabilidade da implantação dos sistemas de captação de água de chuva, e

- os sistemas convencionais e cisternas para captação de água de chuva – para avaliação dos sistemas convencionais de abastecimento de água na bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais, serão utilizados dados obtidos em projetos recém-instalados nas bacias dos rios Pardo e Jequitinhonha pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido e pelo Projeto Vida no Vale. Para a avaliação dos sistemas alternativos, serão utilizados dados relativos à construção de cisternas para captação das águas de chuva implantadas pelo Programa P1MC na bacia pesquisada.

5.2 - Descrição e dados gerais da bacia

A área mineira do Vale do Jequitinhonha apresenta duas sub-áreas que se distinguem em decorrência de processos diferenciados de ocupação. A primeira é a do Alto Jequitinhonha, cujo povoamento consolidou-se no século XVIII, estando compreendida entre os municípios de Diamantina e Araçuaí, contendo também o município de Grão Mogol, situado a oeste. A sua ocupação teve como base as atividades mineradoras, possibilitando o rápido processo de povoamento e urbanização. Verificou-se, simultaneamente, o florescimento da agricultura baseada no trabalho escravo, com vistas à manutenção do sistema minerador. Em meados do século XIX, observou-se o declínio da mineração e o arrefecimento do movimento comercial ainda sustentado nas fazendas de algodão e na agricultura de alimentos (PLANVALE, 1995).

A segunda sub-área, Médio Jequitinhonha, de ocupação mais recente a partir do século XIX, estende-se de Araçuaí até a divisa com o estado da Bahia. Essa região teve o seu desenvolvimento ligado à pecuária extensiva para abastecimento dos centros mineradores. As atividades da pecuária extensiva e da agricultura voltada para o consumo familiar continuam sendo características do Médio Jequitinhonha. Uma terceira sub-área, correspondente ao Baixo Jequitinhonha, se encontra no estado da Bahia (PLANVALE, 1995).

A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha apresenta ampla predominância de temperaturas elevadas e estáveis, superiores a 22° C. A influência da altitude sobre a temperatura se verifica nas regiões mais elevadas, ao sudoeste e ao norte, destacando-se com temperaturas mais amenas os municípios de Diamantina e Grão Mogol. Predomina em toda a região um clima quente e úmido, com chuvas fortemente concentradas nos meses de novembro a janeiro, ocorrendo frequentemente totais mensais nulos nos períodos de estiagem que abrange os meses de junho, julho e agosto.

A bacia do rio Jequitinhonha é constituída principalmente por rochas antigas do Arqueano e do Proterozóico Médio e Superior, sobre as quais se assentam sedimentos de cobertura do Terciário-Quaternário, aluviões e sedimentos costeiros recentes. As rochas mais antigas, que constituem um núcleo estável, são constituídas principalmente de migmatitos, granitos e gnaisses de elevado grau de metamorfismo, de estrutura complexa, resultante da superposição de várias fases de deformação. No que diz respeito ao relevo da bacia, ele é caracterizado pela Serra do Espinhaço, Planalto do rio Jequitinhonha, Depressão do Jequitinhonha, Planaltos dissecados do leste de Minas Gerais e tabuleiros costeiros.

O rio Jequitinhonha, cujas águas são de domínio federal, tem suas cabeceiras nos municípios de Serro e Diamantina, a altitudes médias da ordem de 1.000 metros. De sua nascente até a confluência com o rio Tabatinga seu desenvolvimento é no sentido sul-norte, com drenagem controlada por fraturas e falhas da Serra do Espinhaço. Daí até a confluência com o rio Salinas, desenvolve-se no sentido nordeste, sofrendo inflexão para sudeste, até a confluência com o rio Araçuaí, desviando-se para o nordeste, seguindo até a sua foz em Belmonte, no estado da Bahia. Sua extensão é de cerca de 920 km, sendo aproximadamente 760 km situados em Minas Gerais, com uma área de drenagem equivalente a 65.854 km². Seus principais afluentes são, pela margem esquerda, os rios Tabatinga, Macaúbas, Itacambiruçu, Vacaria, Salinas, São Pedro, São Francisco e Panela; e, pela margem direita, os rios Araçuaí, Piauí, São João, São Miguel e Rubim do Sul (IGAM, 2006 a).

A bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais, engloba três UPGRH (Figura 5.1), que são as denominadas unidades JQ1 (19.804 km²), JQ2 (16.275 km²) e JQ3 (29.775 km²), incorporando áreas pertencentes a 65 (sessenta e cinco) municípios (Tabela 5.1).

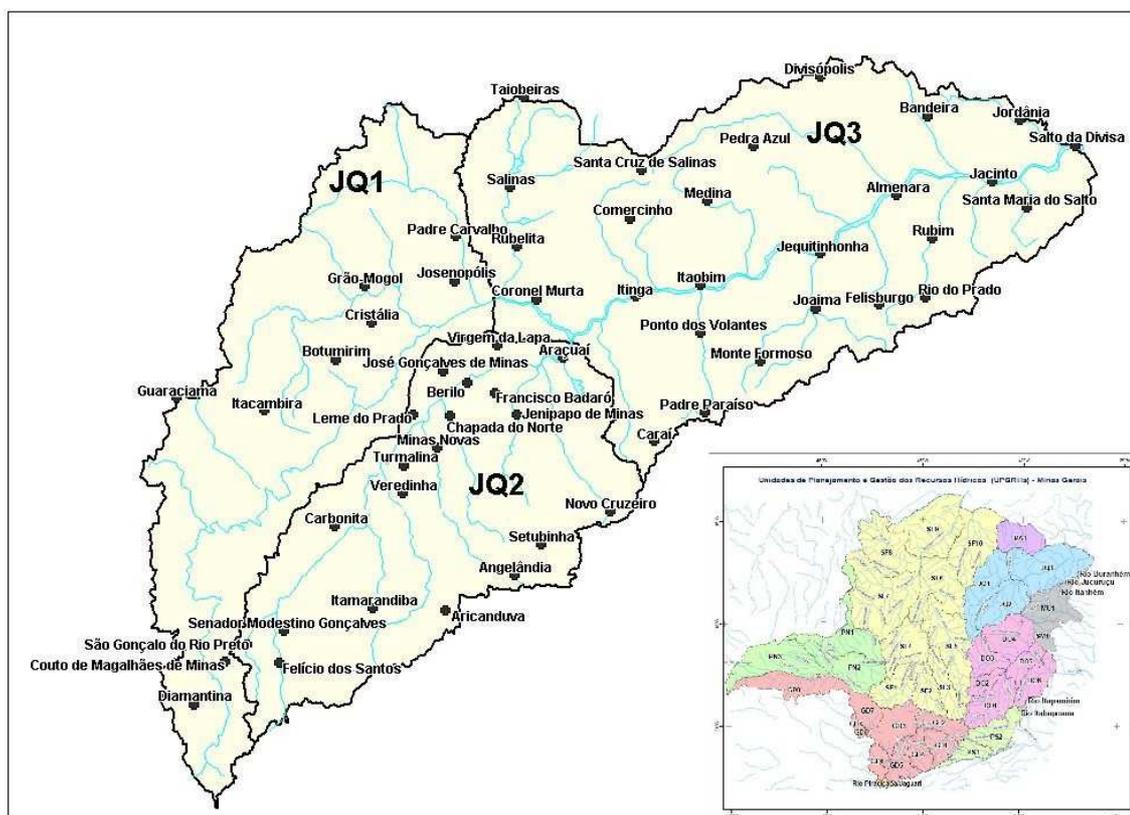


Figura 5.1 - Bacia do rio Jequitinhonha (JQ1, JQ2 e JQ3)

Na Tabela 5.1, são identificados (com asteriscos) os 42 municípios que estão inseridos na atual delimitação da região semi-árida brasileira. Nessa tabela são também informadas os valores das populações totais (urbana + rural), urbanas e rurais em cada município integrante da bacia do rio Jequitinhonha no estado de Minas Gerais.

Tabela 5.1 - Municípios, área e população (ano 2000) na bacia do rio Jequitinhonha, MG

Município	Área total (km ²)	População total (hab.)	População urbana (hab.)	População rural (hab.)
Almenara*	2.299,92	35.385	27.770	7.615
Angelândia	184,70	7.468	3.226	4.242
Araçuaí*	2.239,46	35.713	20.461	15.252
Aricanduva	244,67	4.255	1.060	3.195
Bandeira*	486,73	5.318	2.341	2.977
Berilo*	567,00	12.979	3.031	9.948
Bocaiúva	3.242,05	42.806	32.446	10.360
Botumirim	1.574,68	6.834	3.306	3.528
Cachoeira do Pajeú*	696,86	8.523	3.135	5.388
Capelinha	969,02	31.231	20.066	11.165
Caraiá*	1.247,52	20.981	6.701	14.280
Carbonita	1.462,55	8.967	5.562	3.405
Chapada do Norte*	832,37	15.225	4.863	10.362
Comercinho*	650,77	10.204	3.340	6.864
Coronel Murta*	817,15	9.134	6.477	2.657
Couto de Magalhães de Minas	487,45	4.007	3.621	386

Cristália*	841,85	5.583	2.595	2.988
Datas	310,40	5.040	2.622	2.418
Diamantina	3.892,37	44.259	37.774	6.485
Divisópolis*	567,79	6.480	4.904	1.576
Felício dos Santos*	357,96	5.729	1.994	3.735
Felisburgo*	598,51	6.241	4.546	1.695
Francisco Badaró*	460,28	10.309	2.511	7.798
Fruta de Leite*	762,70	6.777	2.042	4.735
Grão Mogol*	3.902,23	14.224	4.831	9.393
Guaraciama	393,08	4.469	2.406	2.063
Itacambira	1.791,02	4.558	656	3.902
Itamarandiba	2.744,83	29.400	17.717	11.683
Itaobim*	681,53	21.271	16.076	5.195
Itinga*	1.654,90	13.894	5.738	8.156
Jacinto*	1.395,72	12.087	8.698	3.389
Jenipapo de Minas*	285,57	6.490	2.022	4.468
Jequitinhonha*	3.522,53	22.902	16.079	6.823
Joáima*	1.671,55	14.555	10.259	4.296
Jordânia*	549,43	9.865	7.058	2.807
José Gonçalves de Minas*	382,45	4.696	783	3.913
Josenópolis*	542,47	4.253	2.020	2.233
Leme do Prado	281,78	4.736	1.541	3.195
Mata Verde*	231,11	7.085	5.689	1.396
Medina*	1.446,11	21.641	14.493	7.148
Minas Novas	1.823,18	30.646	7.730	22.916
Monte Formoso*	386,91	4.411	1.379	3.032
Novo Cruzeiro*	1.708,71	30.453	8.378	22.075
Novorizonte	273,68	4.610	1.242	3.368
Olhos d'Água	2.091,40	4.284	1.890	2.394
Padre Carvalho*	448,18	5.227	2.970	2.257
Padre Paraíso*	546,17	17.475	10.687	6.788
Pedra Azul*	1.599,16	23.608	20.090	3.518
Ponto dos Volantes*	1.219,50	10.529	3.060	7.469
Riacho dos Machados*	1.307,1	9.358	3.084	6.274
Rio do Prado	481,12	5.390	2.892	2.498
Rubelita*	1.112,93	10.199	2.521	7.678
Rubim*	968,58	9.666	7.534	2.132
Salinas*	1.895,82	36.720	26.278	10.442
Salto da Divisa*	942,79	6.779	5.571	1.208
Santa Cruz de Salinas*	593,70	4.801	911	3.890
Santa Maria do Salto*	438,66	5.438	3.693	1.745
Santo Antônio do Jacinto	504,7	12.144	6.104	6.040
São Gonçalo do Rio Preto	315,48	2.963	1.724	1.239
Senador Modestino Gonçalves	954,63	5.190	1.454	3.736
Serranópolis de Minas*	157,20	4.038	1.567	2.471
Setubinha	534,52	9.291	1.432	7.859
Turmalina	1.155,32	15.655	10.158	5.497
Veredinha	635,78	5.257	3.120	2.137
Virgem da Lapa*	874,04	13.672	5.883	7.789
Total	70.240,33	833.378	463.812	369.566

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Demográfico, 2000 (IBGE, 2004)

Os municípios de Divisópolis e Mata Verde foram criados a partir do desmembramento do município de Almenara (Lei nº 10.704, de 27 de abril de 1992).

Diversos municípios do vale do rio Jequitinhonha foram criados a partir do desmembramento de outros municípios, por intermédio da Lei estadual nº 12.030, de 21 de dezembro de 1995, conforme mostrado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Municípios criados após 1995 na bacia do rio Jequitinhonha, MG

Novo município	Município de origem
Angelândia	Capelinha
Aricanduva	Itamarandiba
Fruta de Leite	Salinas
Guaraciama	Bocaiúva
Jenipapo de Minas	Francisco Badaró
José Gonçalves de Minas	Berilo
Josenópolis	Grão Mogol
Leme do Prado	Minas Novas
Monte Formoso	Joaíma
Novorizonte	Salinas
Olhos d'Água	Bocaiúva
Padre Carvalho	Grão Mogol
Ponto dos Volantes	Itinga
Santa Cruz de Salinas	Salinas
Serranópolis de Minas	Porteirinha
Setubinha	Malacacheta
Veredinha	Turmalina

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004)

No vale do rio Jequitinhonha, a maior parte dos municípios concentra um maior contingente populacional em suas respectivas áreas rurais, sendo que em alguns há uma grande dispersão (visto a baixa densidade demográfica) de suas populações, o que dificulta, certamente, o atendimento às residências com sistemas públicos de abastecimento de água e serviços de esgotamento sanitário.

A grande disparidade do grau de urbanização entre os municípios, sendo que somente 15% desses se aproximam da média estadual em torno de 82%, é mostrada na Tabela 5.3. Há também um número expressivo de municípios que apresentam taxas negativas de crescimento, especialmente entre aqueles pouco urbanizados, podendo denotar um movimento de migração para outros municípios ou regiões mais desenvolvidas.

Tabela 5.3 - Taxa de crescimento, densidade demográfica e grau de urbanização dos municípios da bacia do rio Jequitinhonha, MG

Município	Taxa de crescimento médio anual (%) 1991 - 2000	Densidade demográfica (hab./ km²)	Grau de urbanização (%) 2000
Almenara	0,6	15,4	78,5
Angelândia	6,4	40,6	43,2
Araçuaí	0,6	16,0	57,3
Aricanduva	1,9	17,4	24,9
Bandeira	- 1,0	11,0	44,0
Berilo	0,4	22,2	23,4
Bocaiúva	1,3	13,2	75,8
Botumirim	- 0,6	4,4	48,4
Cachoeira do Pajeú	- 0,3	12,3	36,8
Capelinha	2,0	32,3	64,3
Carai	- 0,4	16,9	31,9
Carbonita	1,0	6,2	62,0
Chapada do Norte	- 0,4	18,3	31,9
Comercinho	0,0	15,7	32,7
Coronel Murta	- 0,1	11,2	70,9
Couto de Magalhães de Minas	0,0	8,2	90,4
Cristália	1,2	6,7	46,5
Datas	0,8	16,2	52,0
Diamantina	0,0	11,4	85,4
Divisópolis	1,1	11,5	75,7
Felício dos Santos	- 0,1	16,1	34,8
Felisburgo	0,4	10,5	72,8
Francisco Badaró	0,0	22,5	24,4
Fruta de Leite	0,3	8,9	30,1
Grão Mogol	2,8	3,7	34,0
Guaraciama	0,1	11,4	53,8
Itacambira	- 4,4	2,6	14,4
Itamarandiba	0,2	10,7	60,3
Itaobim	0,5	31,3	75,6
Itinga	- 0,1	8,4	41,3
Jacinto	- 0,1	8,7	72,0
Jenipapo de Minas	- 0,6	22,8	31,2
Jequitinhonha	0,1	6,5	70,2
Joáima	0,6	8,7	70,5
Jordânia	0,4	18,0	71,6
José Gonçalves de Minas	- 1,1	12,3	16,7
Josenópolis	- 1,8	7,9	47,5
Leme do Prado	1,3	16,9	32,5
Mata Verde	2,1	30,8	80,3
Medina	- 0,1	15,0	67,0
Minas Novas	0,5	16,9	25,2
Monte Formoso	- 0,2	11,4	31,3
Novo Cruzeiro	- 0,1	17,8	27,5
Novorizonte	0,5	16,9	26,9
Olhos d'Água	- 0,4	2,0	44,1
Padre Carvalho	2,5	11,7	56,8
Padre Paraíso	0,1	32,1	61,2
Pedra Azul	0,8	14,8	85,1
Ponto dos Volantes	2,3	8,7	29,1
Riacho dos Machados	- 1,0	7,2	33,0
Rio do Prado	- 1,6	11,3	53,7

Rubelita	0,2	9,2	24,7
Rubim	- 1,2	10,0	77,9
Salinas	1,0	19,4	71,6
Salto da Divisa	- 1,5	7,2	82,2
Santa Cruz de Salinas	- 2,6	8,1	19,0
Santa Maria do Salto	0,3	12,4	67,9
Santo Antônio do Jacinto	0,1	24,1	50,3
São Gonçalo do Rio Preto	- 0,1	9,4	58,2
Senador Modestino Gonçalves	- 0,3	5,5	28,0
Serranópolis de Minas	- 1,3	7,3	38,8
Setubinha	- 1,1	17,5	15,4
Turmalina	2,6	13,6	64,9
Veredinha	- 3,0	8,3	59,4
Virgem da Lapa	- 0,2	15,7	43,0
Minas Gerais	1,4	30,5	82,0

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Demográfico, 2000 (IBGE, 2004)

Verifica-se na Tabela 5.4 que todos os municípios da bacia do rio Jequitinhonha se posicionam abaixo do índice de desenvolvimento humano médio para o estado de Minas Gerais, equivalente a 0,773. Alguns municípios se colocam nas últimas posições, demonstrando as disparidades dessa região em relação à média do estado. Quanto à expectativa de vida, somente 4 municípios (Berilo, Bocaiúva, Olhos d'Água e Turmalina) apresentam esperança de vida ao nascer superior a 70 anos.

Tabela 5.4 - Indicadores de desenvolvimento humano dos municípios da bacia do rio Jequitinhonha, MG

Município	Esperança de vida ao nascer (anos)	IDH Municipal 2000	Posição em relação aos demais municípios mineiros
Almenara	64,7	0,668	678°
Angelândia	64,3	0,635	776°
Araçuaí	67,6	0,687	600°
Aricanduva	66,8	0,636	774°
Bandeira	65,4	0,619	806°
Berilo	70,7	0,680	634°
Bocaiúva	72,5	0,736	371°
Botumirim	68,9	0,665	693°
Cachoeira do Pajeú	65,7	0,622	800°
Capelinha	66,6	0,673	658°
Carai	66,9	0,636	774°
Carbonita	67,5	0,679	638°
Chapada do Norte	68,7	0,641	769°
Comercinho	62,7	0,603	829°
Coronel Murta	67,6	0,673	658°
Couto de Magalhães de Minas	68,7	0,712	487°
Cristália	69,8	0,647	750°
Datas	66,2	0,694	568°
Diamantina	68,7	0,748	296°
Divisópolis	60,7	0,605	822°
Felício dos Santos	66,7	0,657	718°
Felisburgo	67,3	0,642	765°
Francisco Badaró	68,7	0,646	754°

Fruta de Leite	67,0	0,586	844°
Grão Mogol	69,8	0,672	665°
Guaraciama	69,4	0,689	592°
Itacambira	69,8	0,668	678°
Itamarandiba	66,8	0,663	698°
Itaobim	69,6	0,689	592°
Itinga	66,9	0,624	799°
Jacinto	64,9	0,632	789°
Jenipapo de Minas	64,3	0,618	807°
Jequitinhonha	69,3	0,668	678°
Joáima	65,8	0,646	754°
Jordânia	64,7	0,646	754°
José Gonçalves de Minas	66,6	0,646	754°
Josenópolis	68,5	0,610	819°
Leme do Prado	66,6	0,683	619°
Mata Verde	60,7	0,604	826°
Medina	65,7	0,645	759°
Minas Novas	67,1	0,633	784°
Monte Formoso	60,7	0,570	852°
Novo Cruzeiro	64,2	0,629	791°
Novorizonte	65,9	0,648	745°
Olhos d'Água	71,5	0,669	673°
Padre Carvalho	68,9	0,618	807°
Padre Paraíso	67,6	0,656	725°
Pedra Azul	65,8	0,660	708°
Ponto dos Volantes	64,2	0,595	840°
Riacho dos Machados	61,8	0,604	826°
Rio do Prado	64,5	0,626	793°
Rubelita	69,1	0,660	708°
Rubim	61,4	0,625	796°
Salinas	69,4	0,699	545°
Salto da Divisa	64,7	0,642	765°
Santa Cruz de Salinas	60,3	0,599	834°
Santa Maria do Salto	63,5	0,633	784°
Santo Antônio do Jacinto	65,8	0,611	817°
São Gonçalo do Rio Preto	59,4	0,635	776°
Senador Modestino Gonçalves	62,7	0,626	793°
Serranópolis de Minas	68,0	0,655	729°
Setubinha	61,4	0,568	853°
Turmalina	70,9	0,705	519°
Veredinha	69,4	0,669	673°
Virgem da Lapa	67,6	0,664	696°
Minas Gerais	70,1	0,773	

Fontes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Demográfico, 2000 (IBGE, 2004) e PNUD (2003).

5.3 - Disponibilidades hídricas

5.3.1 - Águas superficiais

Vários estudos de quantificação das disponibilidades hídricas superficiais, com base em espacializações das informações hidrológicas, foram realizados no estado de Minas Gerais e podem ser utilizados na bacia do rio Jequitinhonha. Entre esses, cita-se o estudo de hidrologia do Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Pardo e Jequitinhonha

(PLANVALE, 1995), o trabalho de Souza (1993), utilizado pelo IGAM para análise dos processos de emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos e, ainda, o programa computacional RH_{4.0}, componente do Atlas Digital das Águas de Minas (RURALMINAS, 2005), também utilizado pelo órgão gestor de recursos hídricos na análise das disponibilidades hídricas superficiais no estado de Minas Gerais.

O estudo das disponibilidades hídricas superficiais, elaborado no âmbito do PLANVALE, baseou-se na rede hidrométrica existente nas bacias dos rios Jequitinhonha (sub-bacia 54) e Pardo (sub-bacia 53), pertencentes à Bacia 5 - Bacia Atlântica Sul - Trecho Leste. Após a análise de consistência e representatividade dos dados das estações, foi definida uma rede composta por 6 estações na bacia do rio Pardo e 10 estações na bacia do rio Jequitinhonha, sendo obtidas séries de vazões médias mensais referentes ao período 1940 - 1988. Nos estudos de regionalização foram ainda utilizadas séries mensais, para o mesmo período, de 15 outras estações (1 na bacia do rio Pardo e 14 na bacia do rio Jequitinhonha) apresentadas no trabalho “Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais” (SOUZA, 1993). Esse conjunto de 31 estações constituiu a rede básica para o estudo.

O estudo desenvolvido no PLANVALE, relativo ao comportamento da bacia do rio Jequitinhonha, foi considerado similar ao da bacia do rio Pardo e altamente dependente das características pluviométricas e hidrogeológicas regionais, sendo identificadas as seguintes regiões hidrográficas, nas respectivas áreas das bacias no estado de Minas Gerais:

- Alta Úmida - região do Alto Jequitinhonha, onde ocorrem deflúvios anuais superiores a 200mm, demonstrando conexões com os aquíferos fraturados das regiões quartzíticas;
- Alta de Transição - região da parte superior do Alto Pardo e inferior do Alto Jequitinhonha, com deflúvios anuais variando entre 100 e 200 mm; e
- Média Árida - região média das bacias, com deflúvios anuais inferiores a 100mm.

Esse estudo de regionalização, utilizando-se de equações de regressão das médias e análise das funções de frequência, apresenta a seguinte equação para a estimativa das vazões médias de longo termo, válidas para ambas as bacias:

$$Q_{MLT} = 3,105 \times 10^{-13} \cdot A^{0,891} \cdot P^{3,591} \pm 1,344 \quad (5.1)$$

sendo:

Q_{MLT} - vazão média de longo termo, em m³/s;

A - área de drenagem a montante do ponto medido, em km²; e

P - Precipitação média anual sobre a área *A*, em mm.

Souza (1993) desenvolveu estudo de regionalização das vazões médias e extremas em todo o estado de Minas Gerais para a COPASA. Nesse trabalho foram produzidos mapas contendo isolinhas de rendimentos específicos em L/s x km² que permitem a determinação da vazão em qualquer ponto escolhido. Dado um ponto em um curso de água e determinada a correspondente área de drenagem, pode-se obter a vazão média, ou as vazões extremas (corrigidas por fator de inferência, segundo a metodologia proposta), por meio da multiplicação da área de drenagem pelo rendimento específico obtido nos mapas com as isolinhas.

Para a bacia do rio Jequitinhonha, no seu alto curso, os mapas temáticos contendo isolinhas de rendimentos específicos indicam variações de 1,0 a 3,0 L/s x km² para as mínimas anuais de 7 dias de duração (contribuições unitárias com 10 anos de recorrência) e de 2,0 a 10 L/s x km² para as médias de longo termo. No médio curso da bacia hidrográfica, os rendimentos específicos variam de 0,1 a 1,0 L/s x km² para as mínimas anuais, e de 0,5 a 2,0 L/s x km² para as médias de longo termo.

No estudo das disponibilidades hídricas superficiais, apresentado no Atlas Digital das Águas de Minas (RURALMINAS, 2005), foram considerados, para a bacia do rio Jequitinhonha, os dados de 21 estações fluviométricas, sendo identificadas 3 regiões hidrologicamente homogêneas (Figura 5.2). A metodologia empregada recomenda a aplicação de seus modelos em áreas de sub-bacias, respectivamente, de 1.391 a 23.815 km² para a Região I, de 1.073 a 16.230 km² para a Região II e de 1.283 a 67.769 km² para a Região III, considerando o estudo de regionalização até a foz do rio Jequitinhonha no estado da Bahia.

Segundo o estudo, das contribuições das vazões médias de longo período dos 23 principais afluentes na bacia do rio Jequitinhonha, o maior participante é o rio Araçuaí, responsável por 24,16% das vazões, e o menor é o rio Jacinto, que contribui com 0,15% da vazão dos afluentes. A vazão média de longo termo estimada no rio Jequitinhonha na divisa do estado de Minas Gerais com o estado da Bahia é da ordem de 419 m³/s.

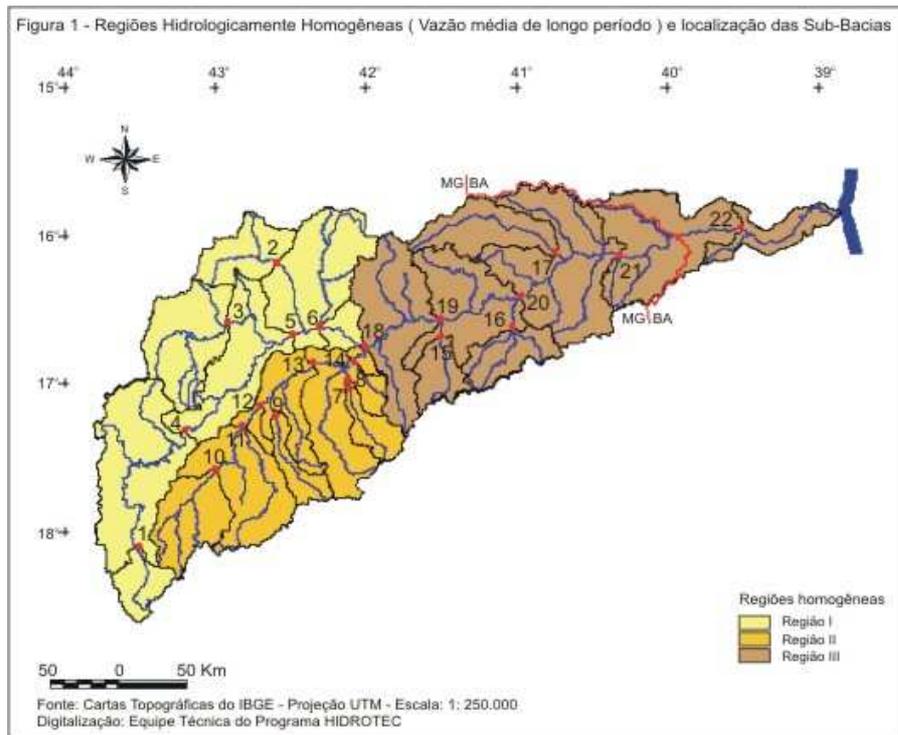


Figura 5.2 - Mapa contendo a delimitação das Regiões Hidrológicas da bacia do rio Jequitinhonha, segundo metodologia HIDROTEC
Fonte: RURALMINAS (2005)

Para a bacia do rio Jequitinhonha, considerando os dados hidrológicos de 1950 a 2002 e sendo identificadas as três regiões hidrológicamente homogêneas, são apresentados os seguintes modelos de rendimentos médios específicos e mapa das vazões médias específicas (Figura 5.3):

Para a Região I:

$$q_{MLT} = 0,2985A^{0,0319} \cdot D_d^{5,4114} \quad (5.2)$$

Para a Região II:

$$q_{MLT} = 0,0340A^{0,0470} \cdot D_d^{3,7639} \quad (5.3)$$

Para a Região III:

$$q_{MLT} = 0,0021A^{0,3620} \cdot D_d^{3,9814} \quad (5.4)$$

sendo:

q_{MLT} - vazão específica média de longo termo, em $m^3/s \times km^2$;

A - área de drenagem, km²; e

D_d - Densidade de drenagem, em km/km².

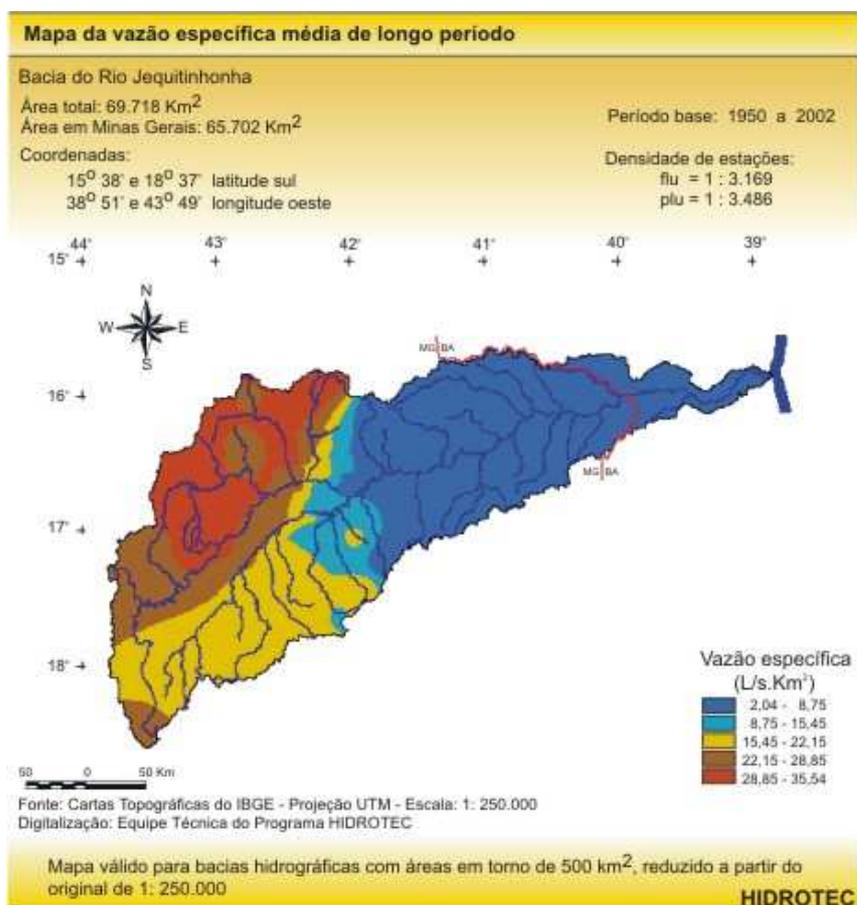


Figura 5.3 - Mapa contendo vazões específicas médias, na bacia do rio Jequitinhonha, segundo metodologia HIDROTEC
Fonte: RURALMINAS (2005)

São apresentados os seguintes modelos de rendimentos mínimos específicos de 7 dias e tempo de retorno de 10 anos e mapa das vazões médias específicas (Figura 5.4):

Para a Região I:

$$q'_{(7,10)} = 1,18 \times 10^{-32} \cdot A^{-0,2085} \cdot P^{10,1734} \quad (5.5)$$

Para a Região II:

$$q'_{(7,10)} = 5,2637 \cdot A^{0,1088} \cdot D_d^{4,9221} \quad (5.6)$$

Para a Região III:

$$q'_{(7,10)} = 0,2326A^{0,4871} \cdot D_d^{6,7143} \cdot P \quad (5.7)$$

sendo:

$q'_{(7,10)}$ - vazão específica mínima de sete dias de duração e 10 anos de período de retorno, em $m^3/s \times km^2$.

A - área de drenagem, em km^2 ;

D_d - Densidade de drenagem, em km/km^2 ; e

P - Precipitação média anual sobre a área A , em mm.

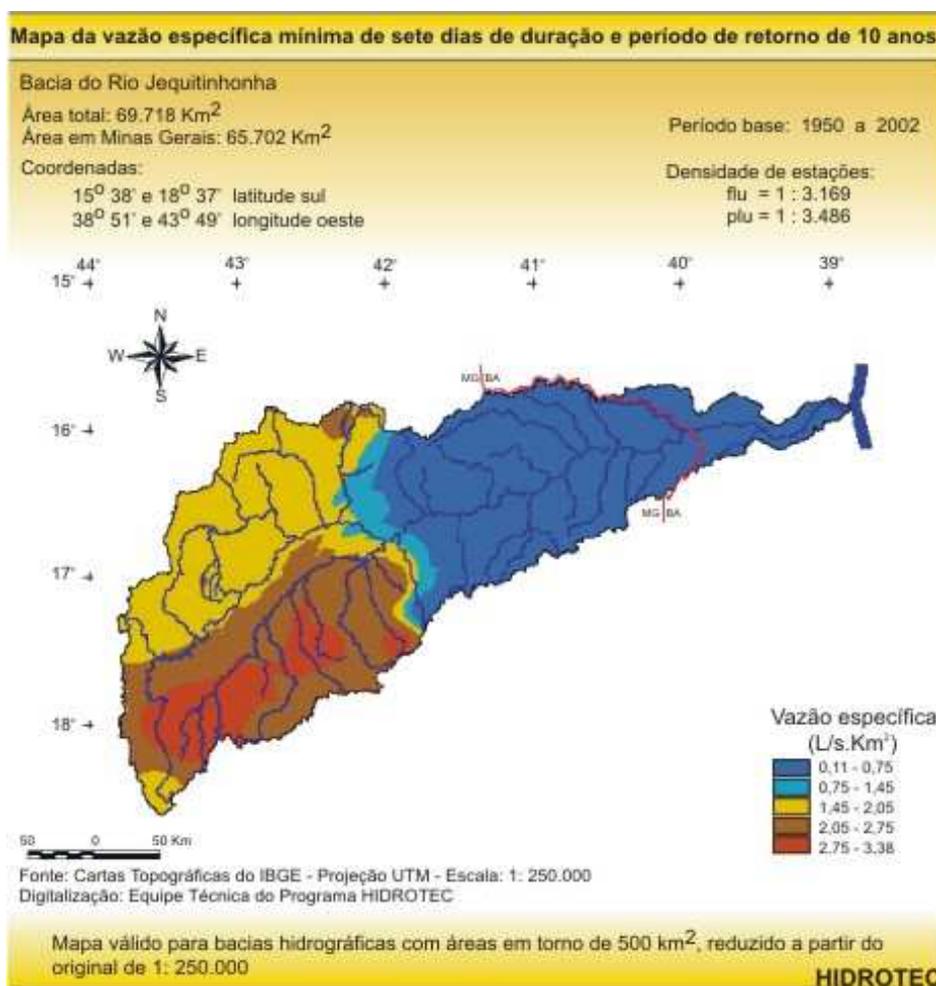


Figura 5.4 - Mapa contendo vazões específicas mínimas de 7 dias e 10 anos de retorno, na bacia do rio Jequitinhonha, segundo metodologia HIDROTEC
 Fonte: RURALMINAS (2005)

Com esses estudos disponíveis é possível realizar, a priori, os levantamentos de disponibilidades das águas superficiais visando o suprimento de água para o consumo humano para os diversos municípios da bacia.

Obviamente, os projetos básicos a serem elaborados dependerão de diversos fatores a serem considerados, dentre os quais: i) a qualidade das águas superficiais; ii) as demandas de consumo de água no horizonte dos projetos (em geral, 20 anos); iii) as distâncias dos núcleos populacionais a serem atendidos em relação às respectivas fontes hídricas consideradas; e iv) os custos de implantação dos sistemas de abastecimento.

Em alguns projetos de abastecimento de água haverá a necessidade de complementação da fonte hídrica superficial com captações em mananciais subterrâneos para atendimento ao consumo projetado. Em outras situações, torna-se economicamente viável a exploração de manancial subterrâneo para atendimento ao consumo de determinado distrito ou localidade.

5.3.2 - Águas subterrâneas

Para o levantamento do potencial e das disponibilidades hídricas subterrâneas nas áreas das bacias dos rios Pardos e Jequitinhonha contidas no estado de Minas Gerais, foram cadastrados aproximadamente 530 poços quando da realização dos estudos para elaboração dos planos diretores das bacias. Segundo constatam os estudos (PLANVALE, 1995), a distribuição dos poços pelas bacias é bastante irregular, havendo maior concentração ao redor de núcleos urbanos.

Na maioria dos poços, o nível de água estático se situou a profundidades inferiores a 10m, sendo que, em aproximadamente 48% dos poços, a água é captada no aquífero fraturado. Do total de poços inventariados, inclusive 228 nas porções baixas das bacias, 609 foram considerados produtivos, porém com baixa capacidade de vazão, sendo que a maior parte (68%) possuía vazão de até 2,0 L/s. Em termos de vazão específica, os estudos revelaram que 90% dos poços têm produtividade inferior a 0,40 L/s x m, indicando baixo potencial hidrogeológico.

Os aquíferos em rochas xistosas, gnaisse-graníticas, quartzíticas e outras do sistema fissurado não mostram grandes variações em termos de potencial hidrogeológico. Nos aquíferos cárstico-fissurados, a capacidade de produção dos poços é elevada se comparada à dos poços em aquíferos puramente fraturados. Dos aquíferos aluviais, destacam-se apenas aqueles ocorrentes nos baixos cursos e na região costeira, que compõem o sistema de mais alto potencial hidrogeológico das duas bacias estudadas.

Na bacia do rio Jequitinhonha determinou-se que, dos 217 mm de descarga média superficial anual, cerca de 22,2% correspondem ao escoamento subterrâneo em termos médios, e a taxa de infiltração seria da ordem de 5,3% da precipitação anual.

O estudo comprovou que as águas menos mineralizadas e de melhor qualidade físico-química ocorrem principalmente nos aquíferos associados aos sedimentos de cobertura, nos quais a taxa de sólidos totais dissolvidos é, em geral, inferior a 100 mg/L. As águas de salinidade moderada, com condutividades médias de 473 e 638 $\mu\text{mho/cm}$ e máxima de 831 $\mu\text{mho/cm}$, são características de rochas pelítico-carbonáticas dos grupos Rio Pardo e Bambuí. Nos aquíferos em meio fraturado observou-se grande variação no conteúdo dos sólidos totais dissolvidos, ocorrendo desde águas de baixas salinidades até águas com concentração de sais superiores a 1.000 mg/L.

Os estudos das águas subterrâneas das bacias (PLANVALE, 1995) verificaram que aquelas águas que apresentam restrições quanto à potabilidade são as ocorrentes nos aquíferos em rochas xistosas e gnáissicas, ao passo que as de melhor qualidade são provenientes dos aquíferos quartzíticos, das coberturas dentríticas e dos sistemas aluviais. As principais restrições identificadas quanto à potabilidade foram elevados teores de ferro, cloretos e dureza total, além de outras substâncias de ocorrências restritas.

É verificado que, a despeito da baixa produtividade, os aquíferos em meio fraturado constituem-se em importantes fontes de abastecimento para uso doméstico, atendendo aos sistemas públicos de abastecimento de água de inúmeras comunidades de pequeno porte e alguns núcleos urbanos.

O trabalho de Souza (1995) sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas no estado de Minas Gerais tornou-se também um referencial para o órgão gestor de recursos hídricos no estado, além de contribuir para o conhecimento das potencialidades e vulnerabilidades dos principais aquíferos mineiros. Foram utilizados dados de aproximadamente 7.500 poços perfurados no período de 1948 a 1988, constantes do cadastro geral de poços de Minas Gerais, elaborado pela COPASA e disponibilizado para o estudo. Desse total, foram consistidas as informações referentes a 3.837 poços distribuídos em todo o estado de Minas Gerais, que formaram a base de dados para elaboração dos mapas temáticos constantes na referente publicação.

A maioria dos poços cadastrados e analisados se encontra na bacia do rio Verde Grande – região norte do estado de Minas Gerais –, nas bacias dos rios das Velhas e Paraopebas – região metropolitana de Belo Horizonte – e na bacia do rio Doce – região leste do estado.

Na bacia do rio Jequitinhonha os principais sistemas mapeados são: sistemas xistosos (que se estendem pelos municípios de São Gonçalo do Rio Preto, Itamarandiba, Senador Modestino Gonçalves, Turmalina, Minas Novas, Berilo, Virgem da Lapa, Coronel Murta, Araçuaí e Salinas); sistema gnáissico-granítico (que se estende pelos municípios de Malacacheta, Novo Cruzeiro, Padre Paraíso, Itinga, Itaobim, Medina, Almenara, Jacinto e Salto da Divisa); cobertura dentrítica (nos municípios de Carbonita, Itamarandiba, Minas Novas, Grão Mogol e Jequitinhonha) e sistema quartzítico (predominante nos municípios de Itacambira, Botumirim, Grão Mogol, Jequitinhonha, Felisburgo e Almenara).

Quanto às vazões específicas esperadas na exploração dos sistemas aquíferos por poços profundos, os mapas temáticos indicam para a bacia do rio Jequitinhonha rendimentos específicos da ordem, em média, de 0,10 a 0,20 L/s x m, e superiores nos municípios de Itaobim (0,20 a 0,30 L/s x m), Araçuaí (0,30 a 0,40 L/s x m), Comercinho e Itinga (0,30 a 0,50 L/s x m), Rubim (0,50 a 0,70 L/s x m) e Salto da Divisa, Santa Maria do Salto e Jacinto (0,70 a 0,90 L/s x m).

Os mapas temáticos demonstram também que as vazões máximas explotáveis esperadas nas operações continuadas dos poços profundos são da ordem de 4,0 a 5,0 L/s na bacia do rio Jequitinhonha, excetuando-se as áreas de alguns municípios localizados nos sistemas gnáissico-granítico (região do médio Jequitinhonha), que poderão apresentar vazões superiores àquela média e atingir vazões de 25 L/s.

O estudo apresenta algumas áreas na bacia do rio Jequitinhonha com restrição ao uso, decorrentes das características de salinidade e dureza esperadas nas vazões explotáveis, principalmente nos municípios de Jacinto, Salto da Divisa e Jordânia.

Uma importante referência para o planejamento dos recursos hídricos subterrâneos é o Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Vale do rio Jequitinhonha (CPRM, 2005), que apresenta os resultados do “Projeto Cadastro das Fontes de Abastecimento Por Água Subterrânea”, desenvolvido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, autarquia do governo Federal vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Os dados hidrogeológicos relativos aos

poços cadastrados na bacia do rio Jequitinhonha se encontram disponíveis no site da CPRM e são acessados por meio do Programa SIAGAS (CPRM, 2006).

Deseja-se ressaltar que, com o exame desses levantamentos é possível, também, realizar o planejamento de captações subterrâneas para atendimento de determinados núcleos populacionais por meio de sistemas simplificados de abastecimento de água. Estudos mais detalhados, com a perfuração de poços e testes de vazão, poderão indicar a viabilidade da utilização dos aquíferos no atendimento de populações isoladas e dispersas na região.

5.4 - Qualidade das águas

Para avaliação da qualidade das águas, foram utilizados dados obtidos no IGAM, que mantém e opera uma rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais do estado de Minas Gerais. Essa rede é constituída por 244 postos distribuídos pelos principais cursos de água.

Segundo metodologia adotada pelo IGAM, são estabelecidos dois tipos de campanhas de amostragem: semestrais (completas) e bimestrais (simplificadas). As campanhas semestrais caracterizam as épocas da seca e do início das chuvas. As bimestrais caracterizam os períodos intermediários aos extremos de secas e chuvas.

Nas campanhas semestrais é realizada uma extensa série de análises englobando 48 determinações, que são comuns ao conjunto de pontos de amostragem. Nas campanhas bimestrais são analisados 13 parâmetros genéricos (Tabela 5.5), em todos os locais, além dos característicos das fontes poluidoras industriais que contribuem para a bacia de drenagem da estação de coleta, quando essas existem na região.

Tabela 5.5 - Relação dos parâmetros analisados nas campanhas bimestrais

Parâmetros comuns a todos os pontos de amostragem	
Amônia	Oxigênio dissolvido
Cloretos	pH “in loco”
Coliformes termotolerantes	Sólidos em suspensão
Condutividade elétrica	Sólidos totais
Demanda bioquímica de oxigênio	Temperatura da água
Fosfato total	Turbidez
Nitrato	

Fonte: IGAM (2005b)

Um dos indicadores da situação ambiental adotado pelo IGAM é o Índice de Qualidade de Água (IQA) – desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos da

América –, que reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

Adota-se o *IQA* multiplicativo por ser mais sensível em refletir situações globais de baixa qualidade, bem como identificar variações acentuadas específicas, sendo calculado pela seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (5.8)$$

sendo:

q_i - qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade; e
 w_i - peso atribuído ao parâmetro.

Os índices variam conforme especificado na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Relação dos níveis de qualidade das águas e faixas de IQA

Nível de qualidade	Faixa
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito ruim	$0 < IQA \leq 25$

Fonte: IGAM (2005b)

Na bacia do rio Jequitinhonha estão instalados 13 postos de monitoramento da qualidade das águas superficiais, localizados nos rios Jequitinhonha, Salinas e Araçuaí (Figura 5.5).

Os dados referentes às análises das águas do rio Jequitinhonha revelam, no ano de 2004 e em nove estações de amostragem distribuídas ao longo de seu curso, que o IQA atingiu o padrão Bom em grande parte de sua extensão. O padrão Médio foi atingido no Posto JE 001 (localidade de São Gonçalo do Rio das Pedras) até o Posto JE 003 (localidade de Mendanha) e após o Posto JE 021 (município de Jequitinhonha) até o Posto JE 025 (município de Salto da Divisa). Os dados demonstraram ainda que a contagem de coliformes termotolerantes superou o limite estabelecido pela legislação ambiental ao longo do rio (limite estabelecido para a Classe 2, conforme Deliberação Normativa COPAM 10/86), no ano de 2004 nos referidos

trechos que apresentaram o IQA mais baixo. Nesses trechos a contagem de coliformes termotolerantes foi superior a 1.000 NPM/100mL, denotando o provável lançamento de esgotos domésticos.

Os resultados referentes à média anual do IQA para o rio Araçuaí – principal afluente da margem direita do rio Jequitinhonha –, no ano de 2004, conduziram ao Padrão Médio, e para o rio Salinas – principal afluente da margem esquerda do rio Jequitinhonha –, monitorado pelo Posto JE009, apresentou o Padrão Muito ruim. Os parâmetros que contribuíram para a composição dos baixos indicadores de qualidade desses dois rios foram: turbidez, coliformes e fosfato total, que apresentaram valores médios anuais que superaram os limites estabelecidos para cursos de água comparados com os parâmetros estabelecidos para a Classe 2 (IGAM, 2005b).

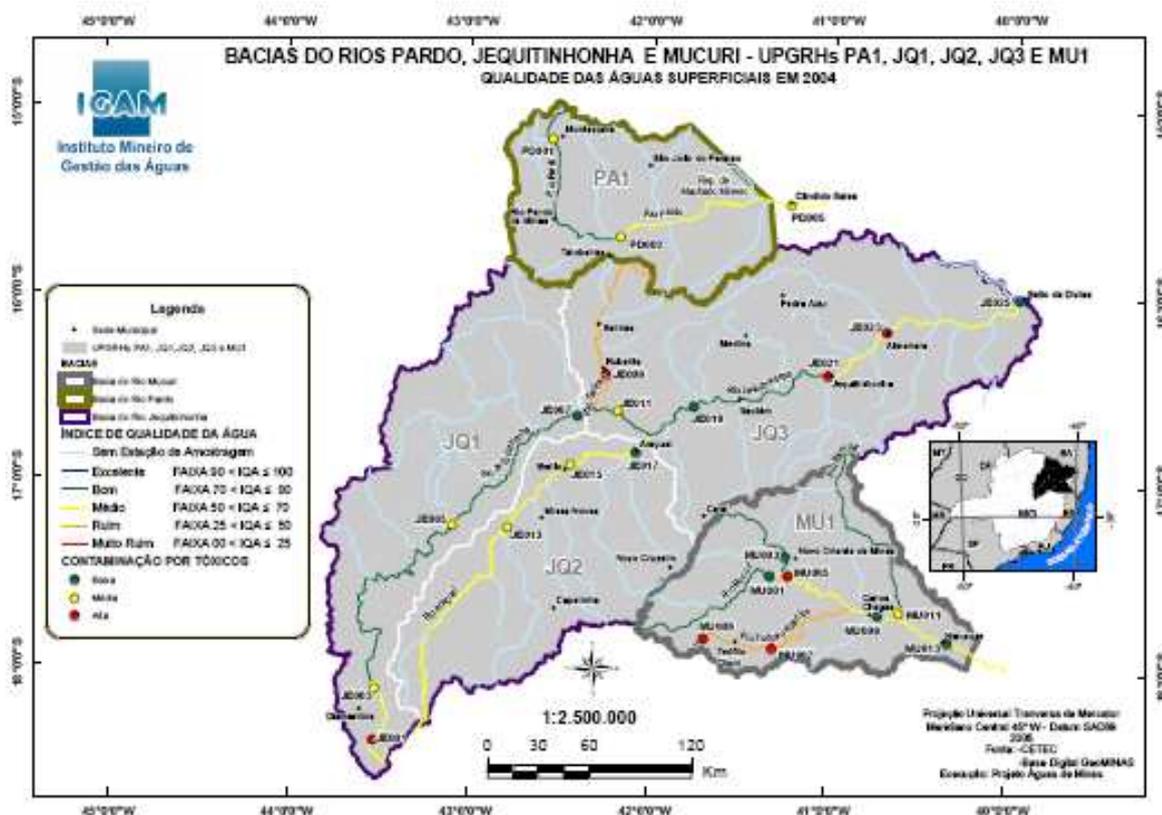


Figura 5.5 - Localização dos postos de monitoramento de qualidade das águas do Projeto Águas de Minas
Fonte: IGAM (2005b)

Comparando a série de resultados no período de 1997 a 2004, para as 13 estações de amostragem da bacia do rio Jequitinhonha, foram avaliados os parâmetros monitorados com relação ao percentual de amostras cujos valores violaram em mais de 20% os limites legais da

DN COPAM 10/86, considerando o enquadramento como Classe 2 do curso de água no local de cada estação. Observou-se para esses anos que os parâmetros fósforo total, óleos e graxas, e cor apresentaram os maiores percentuais de violação aos limites. O relatório (IGAM, 2005b) analisa que a ocorrência de fosfato total e de turbidez está associada, principalmente, à carga de poluição difusa, potencializada pela atividade minerária, garimpo e assoreamento dos corpos de água. O percentual significativo que denota a presença de óleos e graxas deve-se também, segundo o relatório, às atividades minerárias e garimpo.

Com base no monitoramento efetuado pelo IGAM é possível, em nível de macroplanejamento, verificar os custos necessários para o tratamento das águas para abastecimento público, ou, ainda, planejar as intervenções necessárias a serem desenvolvidas pelo órgão gestor de recursos hídricos para tornar os mananciais superficiais adequados a essa finalidade prioritária.

Como o estudo de qualidade das águas se resume a determinados pontos de amostragem na bacia, para utilização das águas superficiais em projetos de suprimento de água para consumo humano para as comunidades haverá a necessidade de análises específicas nos mananciais a serem utilizados para o correto dimensionamento das respectivas estações de tratamento de água. O monitoramento da qualidade das águas superficiais é uma das ferramentas utilizadas pelo IGAM para campanhas mais amplas de fiscalização dos usos dos recursos hídricos, não possuindo um foco mais específico para os pequenos afluentes, os quais eventualmente poderão ser monitorados para os usos a que se destinam por meio do instrumento da outorga de direito de uso de recursos hídricos.

5.5 - Outorgas de direito de uso de recursos hídricos

As águas superficiais e subterrâneas na bacia do rio Jequitinhonha são sujeitas à outorga de direito de uso de recursos hídricos, para qualquer intervenção que altere a quantidade, qualidade ou regime das mesmas. As outorgas do rio Jequitinhonha, rio de domínio da União, são emitidas pela ANA. As outorgas de direito de uso de recursos hídricos nos demais cursos de água da bacia, inclusive as águas subterrâneas, que são de domínio do estado de Minas Gerais, são emitidas pelo IGAM.

Utilizando-se das informações obtidas no banco de dados do IGAM, apresenta-se na Figura 5.6 a distribuição espacial dos pontos de intervenção nos cursos de água e captações de águas

subterrâneas que foram objeto de outorgas emitidas até março de 2007 na bacia do rio Jequitinhonha.

Na Tabela 5.7, apresenta-se o resumo dos números de outorgas concedidas e das vazões outorgadas por tipo de manancial e por tipo de uso. Como os requerentes usuários ainda se dirigem de forma espontânea ao órgão gestor de recursos hídricos para regularização de suas atividades, é possível supor que nem todos os usos de recursos hídricos da bacia hidrográfica estão cadastrados no banco de dados do IGAM.

Sendo a outorga de direito de uso de recursos hídricos um dos principais instrumentos de gerenciamento das águas, seria desejável que os órgãos gestores (ANA e IGAM) reservassem, mediante a emissão de outorgas preventivas a serem concedidas às prefeituras municipais, as vazões necessárias para o suprimento de água para o consumo humano. Essa modalidade de outorga preventiva tem sido utilizada pela ANA (artigo 6º da Lei nº 9.984/2000), com a finalidade de declarar a disponibilidade de água para os diversos usos requeridos, observados os usos prioritários estabelecidos nos planos de recursos hídricos (artigo 13 da Lei nº 9.433/97).

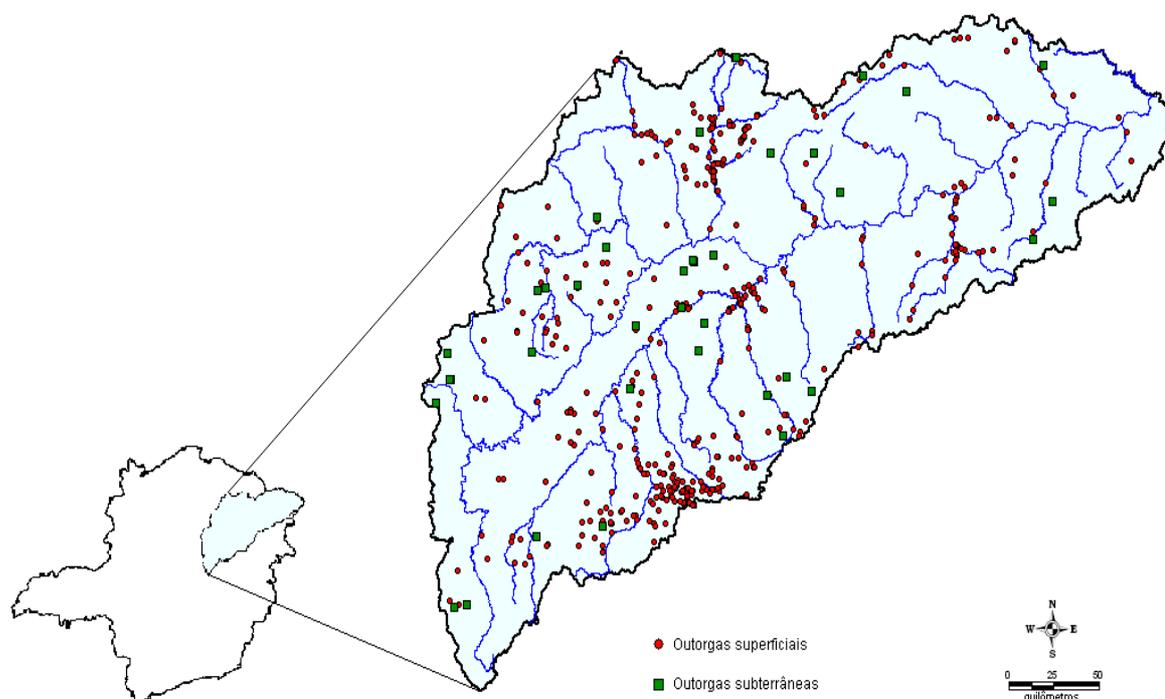


Figura 5.6 - Localização das outorgas concedidas pelo IGAM na bacia do rio Jequitinhonha

Tabela 5.7 – Usos das águas outorgados pelo IGAM na bacia do rio Jequitinhonha, MG

Finalidade	Outorgas de águas superficiais		Outorgas de águas subterrâneas	
	Número de outorgas	Vazão (m ³ /s)	Número de outorgas	Vazão (m ³ /s)
abastecimento	87	1,11	69	0,30
irrigação	351	4,37	5	0,01
indústria	11	0,24	1	0,001
outros	9	0,05	-	-
Total	458	5,77	75	0,31

As vazões outorgadas (águas superficiais e águas subterrâneas) para a finalidade de abastecimento humano equivalem a 1,41m³/s, que seriam suficientes para o atendimento de, aproximadamente, 540.000 habitantes, considerando-se o consumo médio de 120 litros de água por habitante por dia e, ainda, considerando-se as perdas físicas (em torno de 25%) e os índices usualmente utilizados nos cálculos dos sistemas convencionais de abastecimento.

Verifica-se que a total vazão outorgada atenderia, no máximo, a população residente nas sedes municipais, onde se concentra a quase totalidade dos sistemas de abastecimento de água operados pela companhia estadual de saneamento e pelas prefeituras.

A vazão outorgada para a finalidade de irrigação é suficiente para irrigação de, aproximadamente, 4.400 hectares com a utilização de pivôs centrais. Provavelmente, devido ao pequeno número de outorgas concedidas com a finalidade de irrigação e à falta de um cadastramento de usuários, é possível supor uma maior utilização da água para essa finalidade, face à extensão e à potencialidade da bacia hidrográfica.

O IGAM mantém no banco de dados da Divisão de Outorgas o cadastro dos usuários que solicitam autorizações para captações de água em volumes e vazões consideradas insignificantes de acordo com a Deliberação Normativa do CERH - MG nº 9, de 16 de junho de 2004. De acordo com essa Deliberação, para as Unidades de Planejamento e Gestão - UPGRH, dentre as quais se encontram as Unidades JQ1, JQ2 e JQ3 (bacia do rio Jequitinhonha), as vazões iguais ou inferiores a 0,5 litro por segundo, as acumulações superficiais com volume máximo de 3.000 m³ de água e as captações de águas subterrâneas realizadas em poços manuais, surgências e cisternas (escavadas no solo) com volumes iguais ou inferiores a 10 m³ por dia são consideradas insignificantes, sendo, portanto, não passíveis

de outorga de direito de uso, mas tão somente de cadastramento junto ao órgão gestor de recursos hídricos.

Segundo dados disponíveis no banco de dados do IGAM, somam-se 85 registros de usos insignificantes destinados a pequenos consumos para abastecimento humano e para lavagem de veículos (solicitadas, principalmente, por postos de combustíveis) na bacia do rio Jequitinhonha. Quanto a este último tipo de uso, deve-se mencionar que o IGAM promoveu recente campanha junto aos postos de combustíveis para regularização dos seus respectivos usos da água.

Outorgas concedidas pela ANA na bacia do rio Jequitinhonha

A Agência Nacional de Águas realiza as análises dos processos de outorga daqueles requerentes que pretendem fazer uso das águas de rios de dominialidade da União (rios cujas águas ultrapassam as divisas dos estados). Em sua metodologia de análise é utilizada a vazão de referência Q_{95} (vazão de permanência com 95% de probabilidade), sendo a vazão outorgável equivalente a, no máximo, 70% da vazão Q_{95} .

Na Tabela 5.8, apresenta-se o resumo dos números de outorgas concedidas pela ANA e das vazões máximas mensais outorgadas por tipo de uso na bacia do rio Jequitinhonha.

Tabela 5.8 - Usos das águas outorgados pela ANA na bacia do rio Jequitinhonha, MG

Finalidade	Outorgas águas superficiais	
	Número de outorgas	Vazão (m ³ /s)
irrigação	31	0,29
mineração e indústria	19	0,28
Total	50	0,57

Esses dados se referem a captações diretas das águas do rio Jequitinhonha e podem ser considerados pouco expressivos em relação às vazões disponíveis em toda a extensão do rio ao longo da bacia hidrográfica. Não constam registros de outorgas de captações de água para a finalidade de consumo humano.

5.6 - Redes pluviométricas na bacia

O PROCLIMA é um Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste, sendo uma iniciativa do Ministério da Integração Nacional para monitorar a estação

chuvosa nessa região. Esse programa é executado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) e pelos estados da Região Nordeste, Minas Gerais e Espírito Santo, por meio dos núcleos e laboratórios estaduais participantes do Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos (PMTCRH).

Em Minas Gerais, a rede PROCLIMA é operada pelo - SIMGE, com o apoio do IGAM, da SUDENE e COPASA.

Os postos pluviométricos foram instalados pela SUDENE em escritórios da COPASA, localizados na região semi-árida mineira. A COPASA, responsável pelas medições diárias das chuvas, transmite esses dados ao IGAM/SIMGE, que após conferência e estudos de consistência, os retransmite ao CPTEC/INPE. Dos 64 postos pluviométricos instalados na região, 29 se encontram localizados na bacia do rio Jequitinhonha e são operados regularmente. As séries de dados ainda são relativamente curtas (6 a 7 anos), mas poderão se tornar importantes, com o passar dos anos e o acúmulo das informações, possibilitando um maior conhecimento do regime pluviométrico na bacia.

Encontram-se também disponíveis informações sobre dados diários de chuvas de estações operadas por entidades diversas e disponibilizadas pela ANA em seu sítio <http://www.hidroweb.ana.gov.br> (ANA, 2007). Na Figura 5.7 é mostrada a localização das estações pluviométricas na bacia do rio Jequitinhonha, cujos dados são armazenados pela ANA.

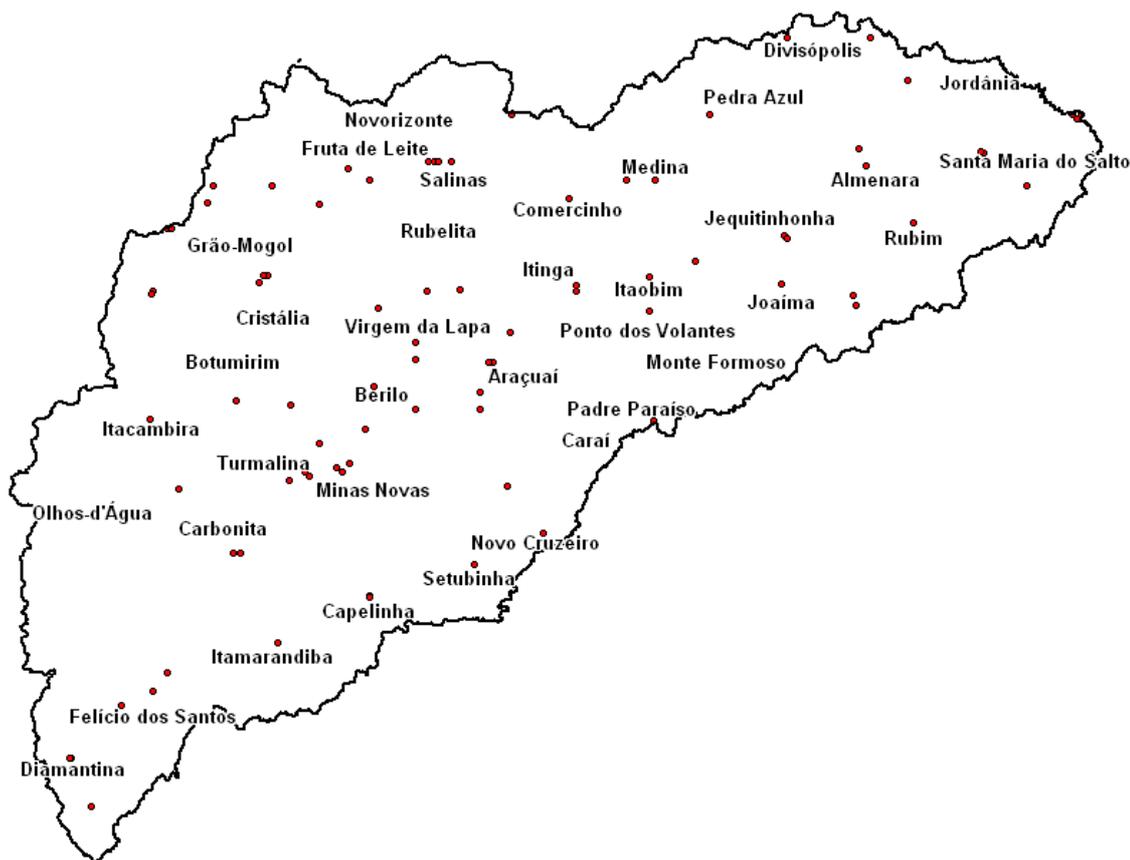


Figura 5.7 - Localização da rede pluviométrica da ANA, na bacia do rio Jequitinhonha

5.7 - Avaliação dos sistemas convencionais e cisternas para captação de água de chuva implantados na bacia do rio Jequitinhonha

Os projetos de suprimento de água e de esgotamento sanitário implantados nas áreas rurais se diferem dos projetos realizados em áreas urbanas, especialmente pelas relações diretas com as populações atendidas. O sucesso desses empreendimentos está relacionado a um imprescindível envolvimento da população desde a fase de concepção e implantação até a operação e manutenção dos sistemas.

Ao longo das últimas décadas, conforme relatado na revisão bibliográfica (Capítulo 3), vários projetos e iniciativas foram desenvolvidos nas comunidades rurais, especialmente na região semi-árida brasileira. Segundo Magalhães (2000), a despeito dos benefícios trazidos às populações com a ampliação das oportunidades de acesso à água de boa qualidade, não se verificou a perenidade dos projetos que permitisse uma elevação nos níveis de desenvolvimento. Segundo o mesmo autor, tais projetos, considerados como “alívios da pobreza”, em verdade não garantiram o desenvolvimento das regiões onde foram implantados. Obviamente, além da necessária segurança no suprimento de água para consumo humano,

várias outras iniciativas relacionadas à ampliação da oferta de emprego e acesso aos meios de produção serão necessárias para se ter o desenvolvimento sustentável nas áreas rurais semi-áridas brasileiras.

Na avaliação dos sistemas convencionais e das cisternas para captação de água de chuva, utilizados para suprimento de água para consumo humano na bacia do rio Jequitinhonha, serão aplicados os critérios e os sub-critérios descritos no item 4.2.

5.7.1 - Viabilidade técnica

5.7.1.1 - Fontes seguras de abastecimento

A identificação das fontes de água é o primeiro passo para avaliação das possibilidades de determinada região em suprir as demandas dos diversos usos e usuários nas suas respectivas bacias hidrográficas. A utilização dos reservatórios de água existentes ou projetados deve possibilitar ao máximo o atendimento das necessidades de abastecimento humano, antes desses se prestarem a outros usos (dessedentação de animais, irrigação e/ou geração de energia).

Políticas públicas setoriais adotadas em anos recentes, que não foram devidamente integradas, possibilitaram a construção de barragens e reservatórios com objetivos de perenização de cursos de água, implantação de pólos de irrigação, geração de energia e sistemas de abastecimento na região semi-árida mineira. Tais aproveitamentos hidráulicos não foram ainda totalmente utilizados em seus múltiplos usos, sendo discutidas as mais adequadas opções a seguir:

a) Captações em mananciais superficiais e subterrâneos

Diversos mananciais superficiais e subterrâneos podem ser utilizados para o abastecimento de água para consumo humano na bacia do rio Jequitinhonha. O rio principal e vários cursos de água afluentes podem ser considerados como fontes seguras para a implantação de sistemas de abastecimento de água nas sedes municipais, distritos e comunidades localizadas nas respectivas sub-bacias hidrográficas, conforme levantamentos efetuados (Tabela 5.9).

Captações equivalentes a 5,0 L/s são suficientes para o abastecimento de uma população de aproximadamente 1.800 habitantes, considerando-se o consumo médio distribuído de 135 L/habitante x dia.

Tabela 5.9 - Captações existentes e planejadas em mananciais superficiais e subterrâneos para abastecimento das sedes municipais na bacia do rio Jequitinhonha, MG

Município	Mananciais superficiais e subterrâneos
Almenara	Rio Jequitinhonha
Angelândia	Córrego Grota Escura, Córrego do Arrependido
Araçuaí	Rio Araçuaí
Aricanduva	Poços
Bandeira	Córrego Rubim do Norte
Berilo	Rio Araçuaí
Bocaiúva	Córrego do Onça e poços
Botumirim	Córrego São Domingos e poços
Cachoeira do Pajeú	Rio do Urubu e poços
Capelinha	Ribeirão Sena
Caraí	Ribeirão São José
Carbonita	Rio Soledade e Córrego Curralinho
Chapada do Norte	Rio Capivari
Comercinho	poço
Coronel Murta	Rio Jequitinhonha
Couto de Magalhães de Minas	poço
Cristália	Córrego Contendas
Datas	poço
Diamantina	Córrego Guinda e Córrego Pardo Pequeno
Divisópolis	Córrego Mata Velha
Felício dos Santos	poço
Felisburgo	poço
Francisco Badaró	Rio Setúbal
Fruta de Leite	poço
Grão Mogol	poço
Guaraciama	poço
Itacambira	Córrego do Macuco
Itamarandiba	Córrego São João e Córrego Santo Antônio
Itaobim	Rio Jequitinhonha
Itinga	Córrego Água Fria
Jacinto	Rio Jequitinhonha
Jenipapo de Minas	Rio Setúbal
Jequitinhonha	Córrego Lavarinto
Joaíma	Ribeirão Água Branca
Jordânia	Ribeirão do Salto
José Gonçalves de Minas	poços
Josenópolis	Ribeirão Piabanha e poços
Leme do Prado	Córrego do Touro
Mata Verde	Ribeirão das Pedras
Medina	Rio São Pedro
Minas Novas	Rio Fanado
Monte Formoso	Córrego da Chácara
Novo Cruzeiro	Rio Gravatá e Córrego Lufa
Novorizonte	poços
Olhos d'Água	poços
Padre Carvalho	poços
Padre Paraíso	Córrego Boa Vista e Córrego Duas Barras
Pedra Azul	Rio São Francisco e Ribeirão Soberbo
Ponto dos Volantes	Ribeirão São João
Riacho dos Machados	poços
Rio do Prado	Córrego Barracão

Rubelita	Rio Salinas
Rubim	Rio Rubim do Sul e Córrego Cilindro e poços
Salinas	Rio Salinas e Ribeirão Água Branca
Salto da Divisa	Rio Jequitinhonha
Santa Cruz de Salinas	poços
Santa Maria do Salto	Córrego Zuador
Santo Antônio do Jacinto	Córrego Manoel Santos
São Gonçalo do Rio Preto	Rio Preto
Senador Modestino Gonçalves	Córrego Chácara e poço
Serranópolis de Minas	Rio Mosquito
Setubinha	Rio Setubinha
Turmalina	Rio Santo Antônio
Veredinha	Rio Itamaranbiba
Virgem da Lapa	Rio Araçuaí

Fontes: Atlas Nordeste (ANA, 2006); UEGP / MG (IGAM, 2004) e COPASA (2006)

Diversos poços profundos são utilizados em complementação aos sistemas de abastecimento de água das sedes municipais ou para abastecimento de sedes municipais, distritos e localidades em sistemas isolados.

Os estudos desenvolvidos no âmbito do Projeto Vida no Vale consideraram as captações subterrâneas por meio de poços como alternativas para abastecimento das comunidades e aglomerados na bacia do rio Jequitinhonha que, por demandarem vazões muito reduzidas (inferiores a 1,5 L/s), se tornam recomendadas como fonte de produção para os sistemas a serem implantados. Os estudos desenvolvidos de maneira conceitual se basearam em informações quantitativas e qualitativas dos poços já perfurados pela COPASA, disponibilizadas em sua rede setorial de monitoramento hidrológico (SEPLAG, 2007).

Cita-se como exemplo de utilização de poço profundo como fonte segura de abastecimento de água na região semi-árida, o sistema de abastecimento de água de Maristela, distrito do município de Curral de Dentro (bacia do rio Pardo), implantado pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido para atendimento de uma população de aproximadamente 2.000 habitantes. Nesse projeto optou-se pela construção de poço profundo (Figura 5.8) cujo teste de vazão demonstrou ser a alternativa mais adequada para o horizonte do projeto. Também em diversos distritos e localidades dos municípios de Diamantina, Araçuaí e Minas Novas, em projetos implantados pelo PROÁGUA, foram utilizados sistemas compostos de poços profundos e tanques de desinfecção, cujas vazões e qualidade das águas se mostraram suficientemente seguras.



Figura 5.8 - Poço profundo do sistema de Maristela, distrito de Curral de Dentro - MG

Uma vantagem associada à captação de água subterrânea diz respeito à qualidade da mesma e à proximidade dos usuários consumidores, tornando mais econômico o sistema de abastecimento.

As regiões centro/norte e extremo nordeste do estado de Minas Gerais são as mais críticas em relação à disponibilidade de águas subterrâneas, apresentando problemas de escassez, com poços pouco produtivos e de reduzida vida útil. Apesar disso, espera-se que, de uma maneira geral, demandas inferiores a 1,5 L/s possam ser atendidas por captação subterrânea.

Nessas regiões, apesar da expectativa de atendimento das pequenas demandas por captação subterrânea, poderão ser encontradas dificuldades nesse processo, com provável perfuração de poços pouco produtivos ou poços com ocorrência de teores de cloretos ou dureza excessiva. Em algumas dessas localidades, caso não se obtenha sucesso nas perfurações, poderão ser previstos sistemas superficiais integrados, com captação em mananciais de maior porte e implantação de adutoras de longa distância.

Embora a cobertura dos serviços de eletricidade (“Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Luz para Todos”, desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia) tenha aumentado no meio rural brasileiro, possibilitando dessa forma a operacionalização de poços tubulares, o custo da energia elétrica para as bombas pode ser proibitivo em algumas localidades.

b) Captações em barragens e reservatórios de água

Diversas barragens construídas e projetadas na região da bacia do rio Jequitinhonha, pela CODEVASF, CEMIG, COPASA, DNOCS e RURALMINAS, disponibilizam volumes de água suficientes para o desenvolvimento de diversos projetos de abastecimento, de geração de energia e de perímetros de irrigação (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 - Barragens existentes e projetadas na bacia do rio Jequitinhonha, MG

Município	Barragem	Rio	Volume (hm³)	Finalidade	Abastece
Araçuaí	Calhauzinho	Calhauzinho	32.000	perenização / irrigação	Distritos e localidades de Araçuaí
Salinas	Salinas	Salinas	85.000	Perenização / irrigação	Salinas
Salinas	Bananal	Bananal	25.000	Perenização / irrigação	Salinas
Salinas / Rubelita	Caraíbas	Caraíbas	9.450	Perenização / abastecimento	Rubelita
Grão Mogol / Berilo	Irapé	Jequitinhonha	6.400	Regularização / geração de energia	-
Grão Mogol	Santa Marta	Tocororó	7.700	Geração de energia	Grão Mogol

Os reservatórios de água das barragens de Salinas, Bananal e Caraíbas, construídas pela CEMIG no início da década de 1990, poderão se constituir em opções para implantação de projetos de suprimento de água para comunidades próximas.

Na bacia do rio Jequitinhonha, a barragem de Matrona, construída pelo DNOCS no município de Salinas, cujo reservatório tem uma capacidade de acumulação de 0,5 milhão de metros cúbicos de água, constitui-se em outra opção para abastecer uma população estimada de 3.500 pessoas. A barragem de Congonhas, projetada pelo DNOCS, prevista para acumular 1 bilhão de metros cúbicos de água, a ser construída entre os municípios de Itacambira e Grão Mogol, poderá beneficiar, segundo dados do projeto, os municípios de Botumirim e Cristália, além de outros municípios na bacia do rio Verde Grande.

Outro projeto em estudo no DNOCS para a bacia do rio Jequitinhonha é a construção da barragem de Vacaria, que irá represar águas do rio Vacaria, afluente do rio Jequitinhonha. O reservatório, com volume de 25 milhões de metros cúbicos de água, poderá abastecer as populações dos municípios de Fruta de Leite, Padre Carvalho e Rubelita.

O Programa PROÁGUA/Semi-árido, em seu projeto denominado “Sistema Araçuaí IB”, que contempla 17 (dezesete) localidades dos municípios de Minas Novas e Araçuaí, irá atender a

localidade de Baixa Quente do município de Araçuaí, com a captação de água no reservatório do Calhauzinho (Figura 5.9). Essa captação tornou-se possível após a obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos concedida pelo órgão gestor de recursos hídricos no estado e após a anuência da CEMIG, proprietária e responsável pela operação do reservatório.

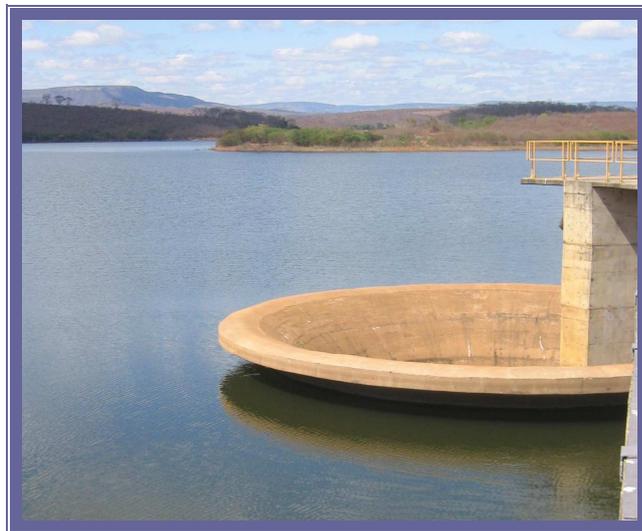


Figura 5.9 - Reservatório Calhauzinho, bacia do rio Calhauzinho - MG
Fonte: ZATZ (2005)

A despeito da existência de algumas barragens já construídas e do planejamento para a construção de diversos reservatórios e açudes na bacia do rio Jequitinhonha, a construção de pequenos reservatórios, açudes ou barragens para elevação do nível de água também torna viável determinados aproveitamentos de recursos hídricos superficiais.

Essas soluções foram adotadas nos municípios de Medina, Carbonita, Leme do Prado e Taiobeiras, na bacia do rio Jequitinhonha, apenas para citar alguns exemplos onde os pequenos açudes construídos pela COPASA tiveram a finalidade de suprir os respectivos sistemas de abastecimento de água, utilizando-se de mananciais superficiais relativamente próximos às comunidades a serem abastecidas.

c) Captações de água de chuva

Para a verificação da viabilidade técnica da instalação de cisternas no semi-árido mineiro, considerando a captação de água de chuva como uma fonte segura de abastecimento, é necessário avaliar os dados históricos diários de chuvas de alguns municípios, desde que se tenham dados consistidos de uma série de anos. Há de se considerar as diferenças nos regimes

de chuvas nos diversos municípios da bacia, levando-se em conta a distribuição das precipitações ao longo do ano.

A proposta do programa de construção de cisternas P1MC parte de uma base modular de construção de cisternas com capacidade de armazenar 16.000 litros de água, suficientes para que uma família de cinco pessoas possa beber, cozinhar e escovar os dentes durante o período de seca (BRASIL, 2006). O relatório executivo elaborado pela ASA, quando da apresentação do projeto para a construção de 1 milhão de cisternas (ASA Brasil, 2003), considera a área mínima dos telhados das residências equivalente a 40m^2 e precipitações médias anuais de 500mm, para que uma cisterna de 16.000 litros possa atender por 8 meses o consumo doméstico de água de uma família de até 6 pessoas.

Considerando-se essa técnica como uma forma alternativa para suprimento de água para consumo humano, torna-se necessária a verificação da capacidade das cisternas de suprir as demandas diárias das famílias por vários anos consecutivos, durante todos os dias do ano (ou seja, mesmo durante a estação chuvosa). Há de se considerar ainda o consumo diário de 20 litros de água por pessoa por dia, conforme recomendado pela Organização das Nações Unidas (ONU) (PNUD, 2006).

Para a simulação do desempenho de um sistema de captação de água de chuva, são apresentadas as bases de um modelo que reproduz a acumulação da água de chuva que atinge os telhados e são armazenadas em cisternas e o consumo diário de uma família, de acordo com a seguinte formulação:

- 1 - Precipitação diária (P_i), em mm;
- 2 - Capacidade máxima da cisterna (V_{MAX}) ou volume da cisterna, em L;
- 3 - Volume inicial de água na cisterna (V_{INI}), em L;
- 4 - Área do telhado da residência (AT), em m^2 ;
- 5 - Número de pessoas por família ($NPES$), em L;
- 6 - Consumo por pessoa por dia ($COUNT$), em L;
- 7 - Consumo familiar médio diário ($COMED = NPES \times COUNT$), em L;
- 8 - Coeficiente de escoamento (CE); e

9 - O consumo é considerado constante em todos os dias dos anos, nos meses chuvosos e meses secos.

Com a utilização das equações 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12, tem-se o volume de água possível de ser armazenado nas cisternas, decorrente das chuvas e do consumo diário previsto. Considerando-se as hipóteses anteriormente enumeradas, tem-se:

$$V_i = VCIS_{i-1} + VENT_i - COMED_i \quad (5.9)$$

na qual:

- 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.

O valor de $VCIS_i$ é condicionado pelos valores mínimo (nulo) e máximo ($VMAX$) de água acumulada na cisterna. Assim:

$$VCIS_i = 0; \text{ se } V_i \leq 0 \quad (5.10)$$

$$VCIS_i = V_i; \text{ se } 0 < V_i \leq VMAX \text{ e} \quad (5.11)$$

$$VCIS_i = VMAX; \text{ se } V_i > VMAX; \quad (5.12)$$

As falhas de suprimento de água por um dia podem ser calculadas por meio da seguinte expressão:

$$Falha_j^1 = \begin{cases} 1 & ; \text{ se } V_j \leq 0 \\ 0 & ; \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (5.13)$$

na qual:

j = dia simulado;

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

V_j é dado pela Equação 5.9.

É possível verificar as falhas de vários dias consecutivos (n) no período analisado com a seguinte expressão:

$$Falha_j^n = \begin{cases} 1 & ; se \sum_{i=j-n+1}^j Falha_i^1 = n \\ 0 & ; caso contrário \end{cases} \quad (5.14)$$

na qual:

n é o número de dias consecutivos; e

$Falha_j^n$ é a Falha de n dias consecutivos, verificada no dia j simulado.

Para verificação da porcentagem de falhas de um dia ou vários dias consecutivos em uma série de dados pesquisados, deve-se utilizar a equação a seguir:

$$Porcentagem\ de\ falhas = \frac{1}{m} \sum_{j=n}^m Falha_j^n \times 100 \quad (5.15)$$

na qual:

m é o número de dias totais pesquisados.

São apresentadas a seguir algumas simulações realizadas no município de Araçuaí, com os dados diários de chuvas obtidos da Estação Pluviométrica Fazenda Facão, código 01742020, operada pela CPRM, localizada em local próximo ao rio Gravatá, na região do médio Jequitinhonha. 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.

Para essa simulação foi utilizado o modelo desenvolvido neste trabalho, no qual foram considerados os valores usualmente adotados no Programa P1MC:

- 1 - Precipitação diária (P_i): dado diário de chuva da estação considerada, em milímetros;
- 2 - Capacidade máxima da cisterna (V_{MAX}): 16.000 litros – volume típico das cisternas construídas pelo Programa P1MC;
- 3 - Volume inicial da cisterna (V_{INI}): 16.000 litros – considerando-se a cisterna cheia de água logo após a sua construção;

- 4 - Área do telhado da residência (*AT*): 40 m² – área mínima dos telhados considerada no Programa P1MC para que a família seja contemplada com a cisterna;
- 5 - Número de pessoas por família (*NPES*): 4 pessoas – número médio adotado no Programa P1MC no estado de Minas Gerais;
- 6 - Consumo por pessoa por dia (*COUNT*): 13 litros/ pessoa x dia – valor médio considerado para satisfação do consumo doméstico no Programa P1MC;
- 7 - Consumo familiar médio diário (*COMED = NPES x COUNT*): 52 litros / dia;
- 8 - Coeficiente de escoamento (*CE*): 0,80 (adotado). O coeficiente de escoamento é a 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 e descarte de água das primeiras chuvas para limpeza dos telhados. Os diversos coeficientes revistos na literatura (REID, 1982; APPAN & SENG, 2001; BABU, 2005) variam de 0,70 a 0,90, em função ainda dos materiais utilizados nos telhados das residências; e
- 9 - O consumo é considerado constante em todos os dias dos anos, nos meses chuvosos e meses secos.

Aplicando-se o modelo e usando os dados de chuva no período 01/01/1986 a 31/12/2002, obteve-se o suprimento de água para o consumo humano sem ocorrência de falhas, conforme resultado demonstrado na Figura 5.10.

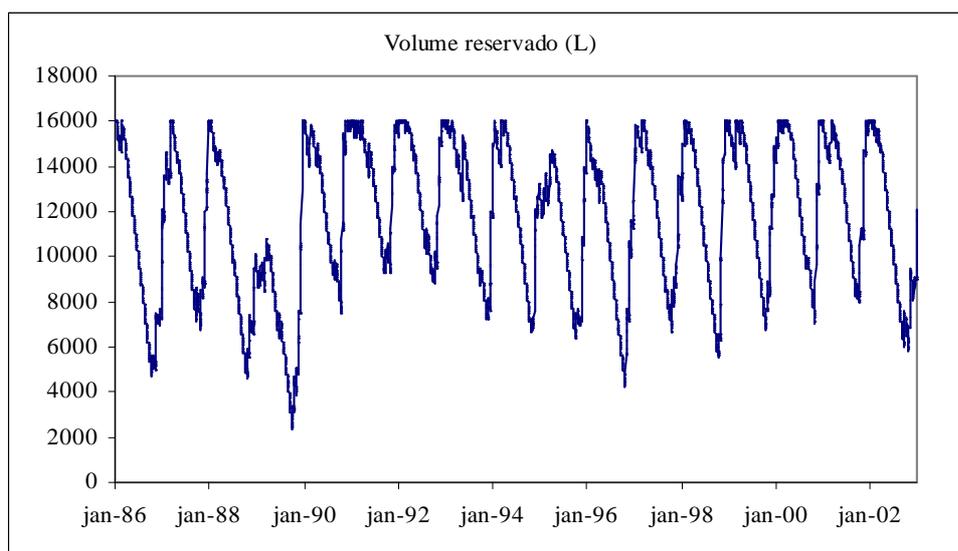


Figura 5.10 - Volumes reservados (L), no período de jan/86 a dez/2002, consumo de 52L/dia

Adotando-se o consumo diário de 20 litros por pessoa por dia, conforme recomendado pela ONU (PNUD, 2006) como quantidade mínima de água para satisfação das necessidades básicas e mantendo-se as mesmas hipóteses anteriores, utilizou-se o modelo para simular o armazenamento da cisterna de acordo com os dados de chuva relativos ao período jan/86 a dez/2002.

Nessa situação são observadas falhas no suprimento, conforme demonstrado na Figura 5.11.

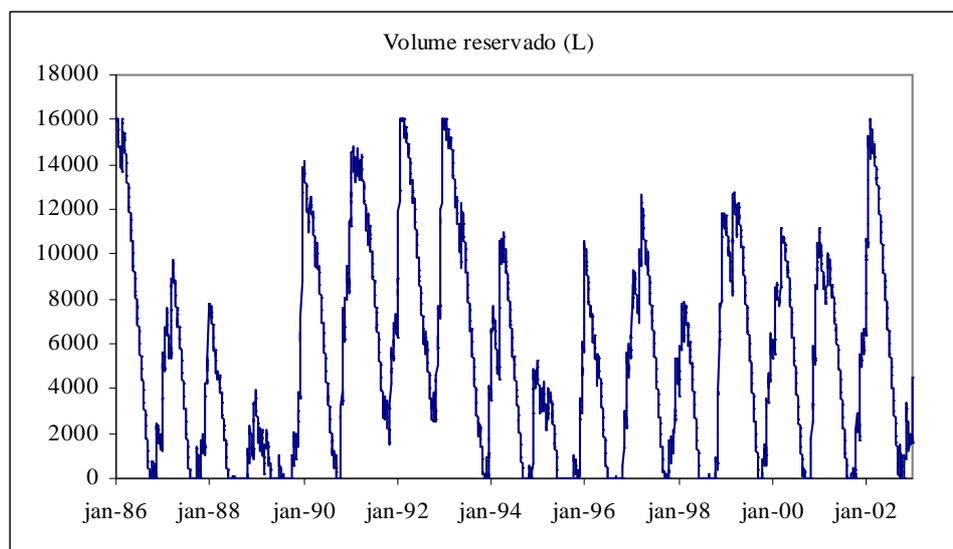


Figura 5.11 - Volumes reservados (L), no período de jan/86 a dez/2002, consumo de 80L/dia

As porcentagens de falhas de um dia ou vários dias consecutivos na série de dados pesquisados, utilizando-se a equação 5.15, são apresentadas na Tabela 5.11.

Tabela 5.11 - Percentagem de falhas da cisterna para consumo de 80 L /dia e área de telhado igual a 40 m² (número total de dias = 6.208)

Nº dias de falhas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nº falhas encontradas	1081	1040	1000	964	930	898	868	840	812	785
% falhas na série	17,41%	16,75%	16,11%	15,53%	14,98%	14,47%	13,98%	13,53%	13,08%	12,64%

Verifica-se que para o consumo de 80 litros por dia, a cisterna não teria água suficiente para atender ao consumo diário da família em 1.081 dias isoladamente, ou para vários dias consecutivos, não se constituindo, desta forma, em uma fonte segura de suprimento de água.

Caso se pretenda manter o consumo de 80 litros por dia para uma família de 4 pessoas, é possível verificar as alternativas de aumentar a área de telhado e/ou a capacidade de

armazenamento das cisternas, de forma a aproveitar ao máximo a quantidade de chuva que atinge os telhados.

Portanto, caso se pretenda adotar o consumo de 20 litros por pessoa por dia, considerando a área de telhado (AT) igual a 60 m^2 e mantendo-se as mesmas hipóteses anteriores, a cisterna ficaria sem água apenas durante alguns dias nas estações secas, conforme mostrado na Figura 5.12.

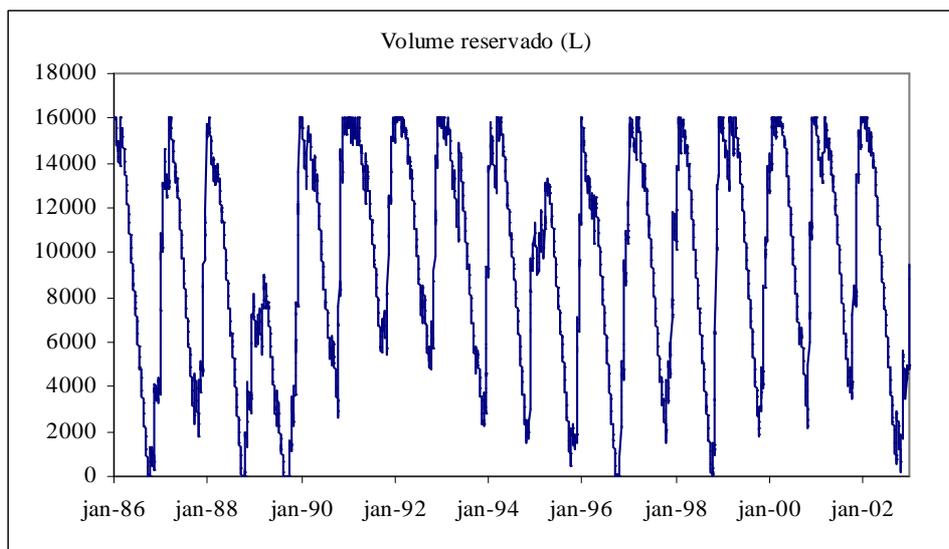


Figura 5.12 - Volumes reservados (L), no período de jan/86 a dez/2002, consumo de 80L/dia, área de telhado igual a 60 m^2

Verifica-se que se for aumentada a área do telhado, aumenta-se, conseqüentemente, o volume diário armazenado ($VENT_i$) e as falhas para um dia e até 10 dias consecutivos tornam-se significativamente menores, conforme mostrado na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 - Porcentagem de falhas da cisterna para consumo de 80 L /dia e área de telhado igual a 60 m^2

Nº dias 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, mesmo sendo reduzida, 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.

Esse controle torna-se possível, após o conhecimento do total de chuvas ocorridas, no caso do estado de Minas Gerais, após o período de outubro a março, quando se concentram as maiores precipitações mensais. Essa verificação poderia se efetivar, por exemplo, a partir do dia 15 de abril de cada ano (após o período chuvoso), quando seria observada a quantidade de água acumulada na cisterna.

Uma simulação dessa verificação com os dados de chuva da estação estudada é apresentada na Figura 5.13, sendo o volume médio armazenado nessa data 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 seguinte período chuvoso.

Com base na simulação realizada 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 com um 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.

Enfatiza-se aqui que essa recomendação visa à utilização contínua da cisterna e não o seu abandono no caso da ocorrência de uma seca severa em um ano atípico. A utilização do carro-pipa de forma programada evitaria as situações de emergência, quando são cobrados preços abusivos para essa forma de abastecimento de água.

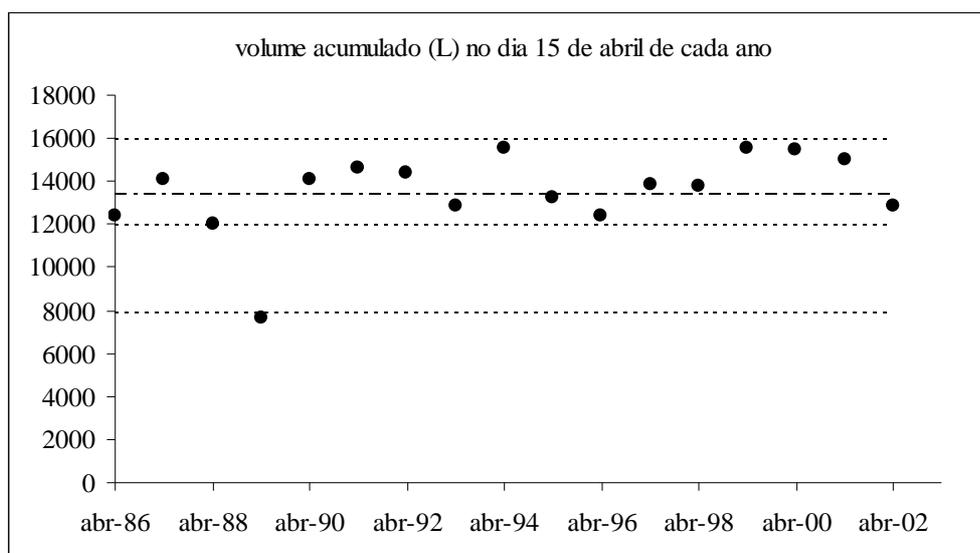


Figura 5.13 - Volumes acumulados (L), observados no dia 15 de abril no período de 1986 a 2002

Conforme mostrado na Tabela 5.13, 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 próximo dos 20 L/hab/dia, para satisfação das necessidades humanas básicas.

Tabela 5.13 - Volumes de água armazenados (L) 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		

Uma importante simulação a ser realizada consiste na avaliação do armazenamento de água na cisterna em uma região onde há melhor distribuição de chuvas durante o ano. Para esse estudo foi escolhida a estação de Santa Maria do Salto (Figura 5.14), que contém uma série longa e consistida de dados de chuva e que apresenta alturas de chuva mais significativas no período de estiagem (Figura 5.15).



Figura 5.14 - Localização das estações Facão e Santa Maria do Salto

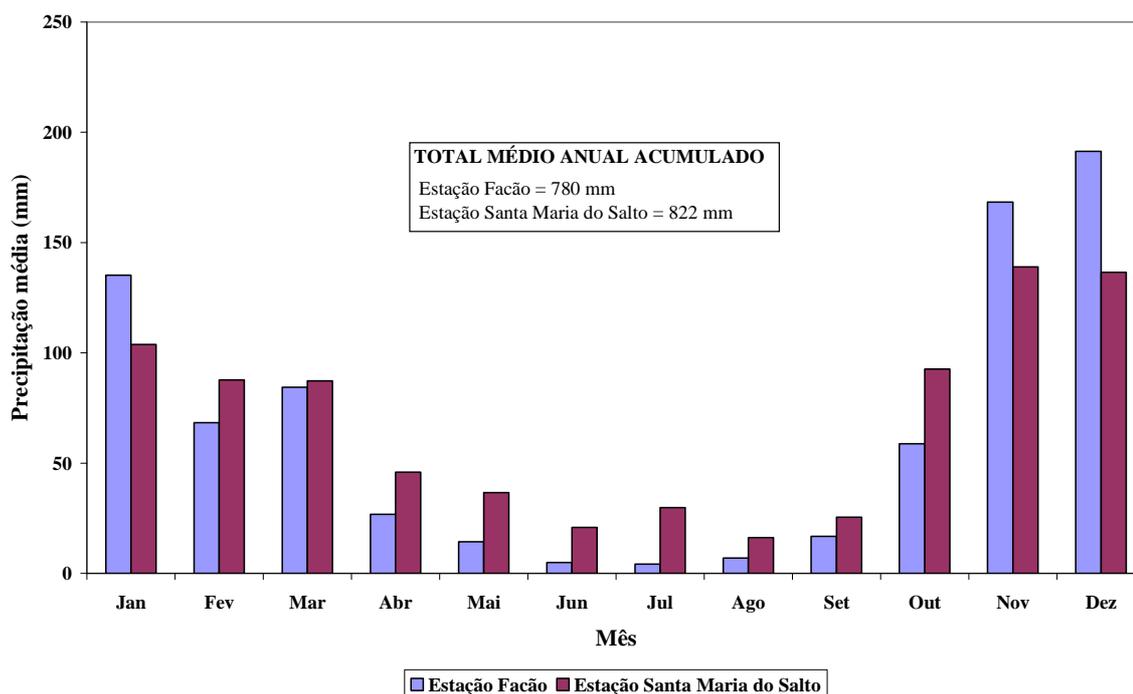


Figura 5.15 - Precipitações médias mensais nas estações Facão e Santa Maria do Salto

É apresentada a seguir a simulação, com dados diários de chuvas obtidos da Estação Pluviométrica de Santa Maria do Salto, código 01640007, operada pela SUDENE, localizada no extremo norte da parte mineira da bacia do Jequitinhonha. Esses dados estão

disponibilizados no Sistema de Informações Hidrológicas - Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2007). Foram simulados dados relativos ao período 01/01/1967 a 31/12/1986, totalizando 7.304 dias simulados.

Utilizando-se as mesmas hipóteses e equações da simulação anterior, são observadas, para uma área de telhado de 40m² e consumo familiar de 80 litros por dia, falhas no suprimento, conforme demonstrado na Figura 5.16.

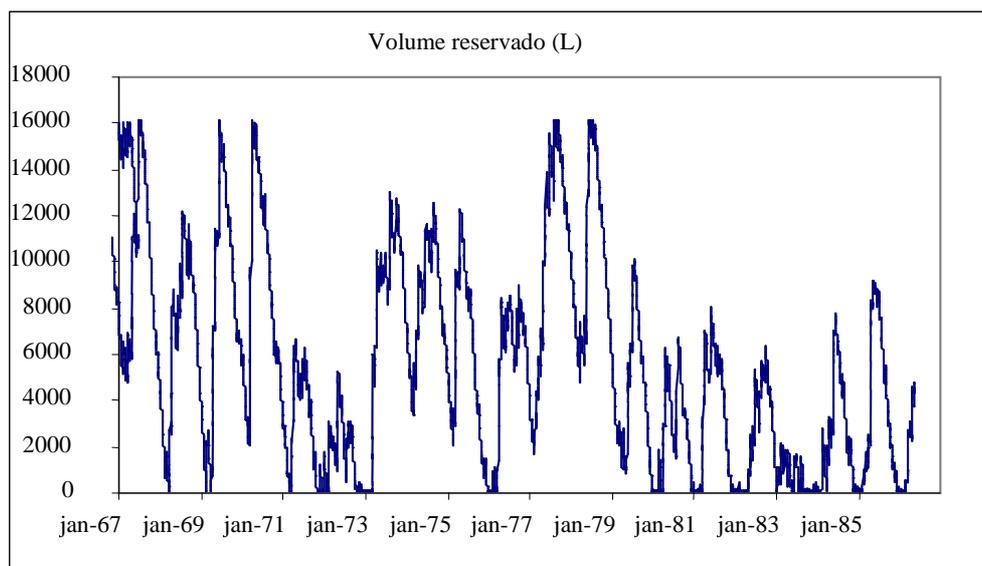


Figura 5.16 - Volumes reservados (L), no período de jan/67 a dez/86, consumo de 80L/dia

As percentagens de falhas no atendimento para essa simulação são apresentadas na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 - Porcentagem de falhas da cisterna para consumo de 80 L /dia e área de telhado igual a 40 m²

Nº dias de falhas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nº falhas encontradas	818	740	672	614	568	533	502	475	448	422
% falhas na série	11,20%	10,13%	9,20%	8,41%	7,78%	7,30%	6,87%	6,50%	6,13%	5,78%

Neste caso, aumentando-se a área do telhado (AT) para 60 m², sendo mantidas as mesmas hipóteses anteriores, tem-se o suprimento de água sem falhas, conforme mostrado na Figura 5.17.

Essas simulações evidenciam a necessidade do conhecimento da série de dados diários de chuvas, das áreas de captação dos telhados das residências, e ainda o volume de armazenamento das cisternas antes da implantação dessa alternativa.

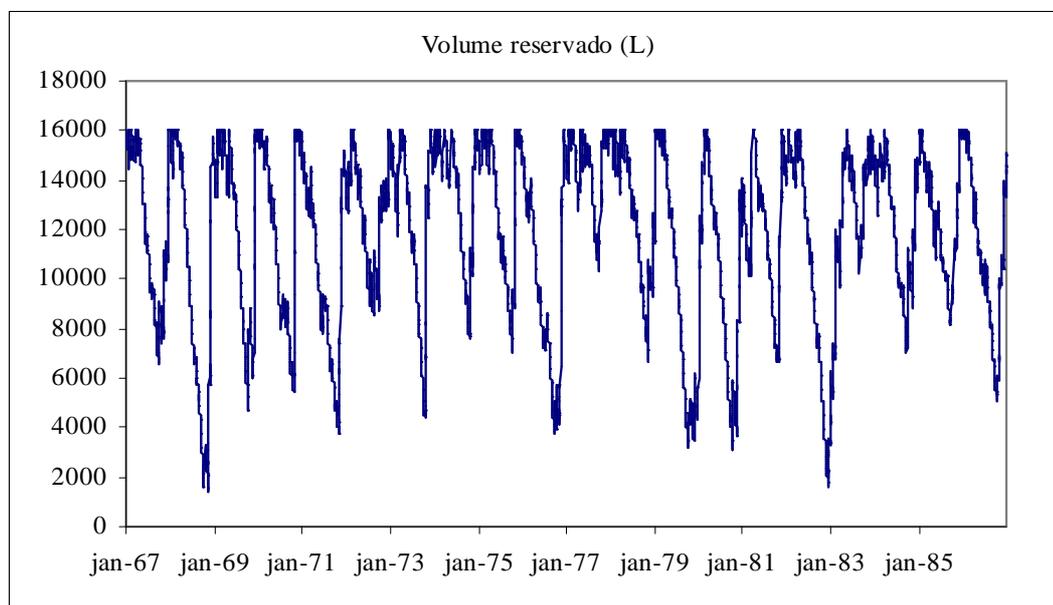


Figura 5.17 - Volumes reservados (L), no período de jan/67 a dez/86, consumo de 80L/dia, área de telhado igual a 60 m²

Um fator importante a ser observado quando se analisam os resultados obtidos com as simulações efetuadas utilizando os dados de chuva das estações Facão e Santa Maria do Salto é a distribuição das chuvas ao longo dos meses.

Precipitações ocorridas nos período de estiagem (meses de abril a setembro) proporcionam maior segurança no suprimento de água na região monitorada pela estação de Santa Maria do Salto. Ainda nesta situação é necessário o controle das demandas diárias por parte dos usuários das cisternas, visto a incerteza da sequência de chuvas. Desta forma, observa-se a validade da proposta de inspeção programada, por exemplo, para o mês de abril de cada ano, e a verificação dos níveis de água armazenada na cisterna.

A propósito das simulações efetuadas e da necessidade das inspeções programadas, verifica-se a importância da existência de uma entidade responsável pela operação e manutenção das cisternas, que será discutida em item seguinte. Certamente, o conhecimento do regime de chuvas de cada região não está disponível para os usuários das cisternas, que deverão ser acompanhados e instruídos na tarefa de monitoramento de seus respectivos consumos de água.

5.7.1.2. - As concepções dos sistemas de abastecimento de água

A partir da identificação das fontes de abastecimento de água, um passo importante da verificação da viabilidade técnica dos sistemas de abastecimento é a concepção dos referidos sistemas. A alternativa a ser escolhida e adotada deve buscar otimizar os recursos hídricos disponíveis, os menores custos incorridos e as facilidades para futura operação e manutenção dos sistemas.

a) Sistemas convencionais de suprimento de água

O sistema Águas Vermelhas, projeto do Programa PROÁGUA/Semi-árido implantado na bacia do rio Pardo, pode ser tomado neste trabalho como exemplo para a identificação dos mananciais de abastecimento adequados às demandas de projeto. Esse projeto se tornou uma referência para a implantação de sistemas convencionais de abastecimento de água, em regiões rurais na região semi-árida mineira, com o aproveitamento dos mananciais superficiais e subterrâneos disponíveis naquela região.

Os estudos das alternativas para captação de água levaram à concepção de pequenos sistemas integrados ou independentes para atendimento às populações das sedes municipais e às comunidades rurais, conforme mostrado na Tabela 5.15.

Tabela 5.15 - Sistemas de abastecimento de água do Projeto Águas Vermelhas

Nome do Sistema	Local
I - Águas Vermelhas	Sede Municipal de Águas Vermelhas
II - Divisa Alegre	Sede Municipal de Divisa Alegre
III - Subsistema Integrado de Itamaraty	Itamaraty, Vazante Funda, Morro Queimado, Barra do Mosquito, Boa Vista e Empedrado, localidades de Águas Vermelhas
IV - Subsistema Integrado de Machado Mineiro	Distrito de Machado Mineiro e Mocó, Engenho, Paraguá e Bom Jardim, localidades de Águas Vermelhas
V - Subsistema Integrado de Campo Novo	Campo Novo, localidade de Águas Vermelhas
VI - Subsistema de Furadinho	Furadinho e Jatobazinho, localidades de Águas Vermelhas
VII - Curral de Dentro	Sede Municipal de Curral de Dentro
VIII - Subsistema de Maristela	Maristela, distrito de Curral de Dentro

Como solução para o atendimento a pequenos núcleos populacionais com o suprimento contínuo de água tratada, foi adotada a alternativa de ampliação dos sistemas das sedes

municipais para atendimento aos núcleos próximos e a construção de subsistemas em distritos pólos com respectivas extensões de redes adutoras de água tratada.

O subsistema integrado de Itamaraty, após captação de água no rio Mosquito e tratamento em Estação de Tratamento de Água (capacidade de 10 L/s), abastece as comunidades de Itamaraty (1.500 habitantes), Vazante Funda (220 habitantes), Morro Queimado (90 habitantes), Barra do Mosquito (70 habitantes), Boa Vista (130 habitantes) e Empedrado (280 habitantes), por intermédio de adutora de 22 quilômetros de extensão.

O subsistema integrado de Machado Mineiro, com captação de água no reservatório da barragem de Machado Mineiro, após o atendimento da população de 4.300 habitantes daquele distrito de Águas Vermelhas, abastece as comunidades de Mocó (400 habitantes), Engenho (50 habitantes), Paraguá (190 habitantes) e Bom Jardim (360 habitantes).

Uma preocupação, objeto dos estudos preliminares, foi a garantia da perenidade das fontes de água superficiais ou subterrâneas para a vida útil do projeto, ou seja, trinta anos. Por se tratar de uma região sujeita a fortes estiagens, localizada no semi-árido mineiro, havia a preocupação quanto à escolha da fonte adequada de abastecimento.

As concepções simplificadas dos sistemas de abastecimento foram adotadas nos projetos que se seguiram ao Sistema Águas Vermelhas e, com as devidas adaptações, foram reproduzidas em projetos do Programa PROÁGUA/Semi-árido no estado de Minas Gerais.

No município de Diamantina, localizado na bacia do rio Jequitinhonha, somente a sede municipal contava com sistema de abastecimento de água tratada e operada pela COPASA. Para atendimento às populações dos 10 distritos contemplados no projeto, foram projetados 10 sistemas independentes de abastecimento de água, com captações a partir de mananciais superficiais e subterrâneos. As distâncias desses distritos em relação à sede municipal e as distâncias entre esses conduziram a adoção de sistemas independentes em cada distrito, que poderiam ser operados e mantidos a partir de pequenas estruturas locais (estuda-se a possibilidade da operação de determinados sistemas ser assumida pelas próprias comunidades por meio de uma associação de usuários da água).

Esses exemplos estão sendo considerados nos estudos de viabilidade técnica dos projetos de abastecimento de água na bacia do rio Jequitinhonha, no Projeto Vida no Vale.

As opções técnicas utilizadas para redução dos custos das obras de abastecimento

Um outro diferencial que caracteriza as obras civis dos sistemas de abastecimento de água nos projetos implantados pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido, e que deverão ser continuados no Projeto Vida no Vale, foi a utilização da tecnologia do ferrocimento em diversas estações de tratamento de água e reservatórios (Figuras 5.18 e 5.19).

A tecnologia do ferrocimento, que permite a construção de estruturas delgadas e leves, de formas arredondadas, moldadas “in-loco”, é plenamente conhecida e utilizada em obras de saneamento rural. A COPASA, a partir da década de 1990, iniciou a construção de reservatórios de água, com capacidades de 50 m³ a 100 m³, e estações de tratamento de água com capacidades de 3L/s a 12L/s. Em 1997, nas cidades de Francisco Badaró e Jenipapo de Minas, foram inauguradas estações de tratamento de esgotos com reatores anaeróbios de fluxo ascendentes (RAFA) construídos em ferrocimento (SIDNEY & CHARCHAR, 2003).



Figura 5.18 - Estação de tratamento de água, Carbonita - MG, 2006



Figura 5.19 - Reservatório de água tratada, localidade de Baixa Quente, Minas Novas - MG, 2006

Tendo sido uma tecnologia aprovada em projetos anteriores, a escolha da construção de unidades em ferrocimento se presta a diversos propósitos. A utilização dessa tecnologia possibilita a contratação de mão de obra local, com repasse para as comunidades e prefeituras de técnicas para a construção de reservatórios, cisternas, filtros, leitos de secagem e ainda revestimentos e proteções de interceptores e emissários aéreos (Figuras 5.20 e 5.21).

Diversas tecnologias simplificadas de tratamento de água (desarenadores seguidos de filtros lentos e tanques de contatos para adição de cloro e flúor, filtros rápidos seguidos de tanque de contato etc) podem ser consideradas no planejamento dos sistemas de abastecimento em função dos mananciais a serem utilizados. A adoção dessas tecnologias simplificadas de tratamento das águas pressupõe a adoção de cuidados especiais para a proteção dos mananciais: i) proteção e/ ou recuperação da vegetação nativa em torno do manancial superficial; ii) proteção das nascentes e áreas de recarga de aquíferos; iii) desenvolvimento de campanhas de esclarecimento e ações de educação ambiental junto às populações; iv)

destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos; e v) desenvolvimento de ações em parceria com as instituições e comunidades acerca da manutenção da qualidade das águas.



Figura 5.20 - Construção de reservatório de água tratada em ferrocimento, em São Gonçalo do Rio Preto - MG, 2006



Figura 5.21 - Construção de floculadores de ETA em ferrocimento, em São Gonçalo do Rio Preto - MG, 2006

b) cisternas para captação de água de chuva

No diagnóstico realizado pelo Projeto Vida no Vale, após a identificação e realização das estimativas das disponibilidades hídricas, baseados em deflúvios específicos superficiais nas bacias hidrográficas onde se localizam as sedes municipais, os distritos e os povoados com mais de 50 casas, foram simuladas situações nas quais se tornam necessárias as ampliações de sistemas existentes e que poderão atender, no horizonte de 20 anos de projeto, as comunidades mais próximas. Os consumos médios adotados foram de 100 litros de água por habitante por dia, considerando-se ainda o índice de 24% para perdas nos sistemas.

Foram também identificadas as fontes hídricas superficiais que poderiam atender de forma isolada ou integrada os demais distritos e povoados, seguindo-se à prospecção dos mananciais subterrâneos aptos a abastecer as pequenas comunidades, em que pese os aspectos restritivos de ordem qualitativa das águas, recomendando-se então cuidados especiais no tratamento, com utilização de equipamentos dessalinizadores de água.

Não foram quantificadas para as aglomerações com menos de 50 casas as possibilidades da construção de sistemas de captação de água de chuva. Essa alternativa, entretanto, poderá ser considerada quando da implantação dos projetos de abastecimento.

Há de se mencionar que diversas organizações não governamentais estão financiando a construção de cisternas para acumulação de água de chuva na região do vale do rio Jequitinhonha, além daquelas que compõem a ASA, participantes do Programa P1MC. Dentre essas ONGs destaca-se o Fundo Cristão para Crianças (FCC), que construiu cerca de 290 cisternas de diversos tipos (ferrocimento, placas etc) e tamanhos.

Conforme já mencionado, o Programa P1MC, seguindo os critérios estabelecidos de atendimento às famílias isoladas, em municípios que apresentem os mais baixos índices de desenvolvimento humano (IDH), implantou mais de 3.500 cisternas na região até o mês de março de 2007 (ASA Brasil, 2007b). Estão sendo implantadas as cisternas para captação de água de chuva em diversos municípios da bacia do rio Jequitinhonha, segundo relação apresentada na Tabela 5.16.

Tabela 5.16 - Distribuição das cisternas nos municípios da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais (Dados até março/2007)

Município	Comunidades	Quantidade
Almenara	Baixão, Bola Verde, Córrego do Lajedo, Prata e São João	10
Araçuaí	Aguada Nova, Barra das Tesouras, Barriguda, Barriguda do Meio, Cabeceira do Cocuruto, Calhauzinho Passagem, Comunidade Vargem João, Corguinho, Córrego da Velha, Córrego da Velha de Baixo, Córrego da Velha do Meio, Córrego Fundo, Fazenda Saudade, Lagoa dos Patos, Lapinha, Malhada dos Bois, Mandiga, Quatis, Santa Rita, Tesoura do Meio, Tombo e Varginha	299
Berilo	Abreu, Água Limpa, Água Limpa de Baixo, Água Suja, Alto Catitu, Boa Vista, Brejo, Cabeceira Cafundó / Vargem, Catitu do Meio, Cardoso, Córrego Pintor, Cruzinha, Engenho Velho, Lagoa dos Cardosos, Mocó, Paciência Córrego do Jacu, Vereda e Vila São Isidoro	246
Bocaiúva	Aparecida Serra, Cabeceira de Curral de Varas, Cabeceira Fazenda Onça, Catarina, Chapadinha, Comunidade Santa Cruz, Fazenda Onça, Fazenda Palmital, Forquilha e Santos Reis	130
Cachoeira do Pajeú	Água Branca, Aliança, Assentamento Aliança, Capão Queimado, Córrego Rico, Fazenda 21, Fazenda Porreita Nova, Novo Horizonte, Pintado, Santa Maria, Sana Rita, São Pedro e Vereda do Coelho	126
Chapada do Norte	Achi, Água Limpa, Água Suja, Amorim, Atanásio, Batieiro, Cabeceira do Atanásio, Cajamunum, Chácara, Córrego da Lagoa, Córrego da Olaria, Córrego do Atanás, Córrego do Atanásio, Córrego do Capim, Córrego do Cuba, Córrego do Oliveira, Córrego do Rocha, Córrego do Saco, Córrego do Tapuio, Córrego Manoel José, Córrego Poções, Cruz das Almas, Cuba, Faceira, Misericórdia, Morro Branco, Oliveira, Poções, Tolda, Toldinha e Xenxem	295
Comercinho	Água Branca Abaixo, Água Branca Acima, Alegre, Bom Jardim, Brejo Itinga, Campo Bonito, Funil, Laranjeira, Mandioccal, Mato Grande, Matraca, Olhos d'Água, São Cristóvão, Pedrão, Quase Cai e Santa Rita	120
Coronel Murta	Água Branca, Alagadiço, Alto Morro Redondo, Lage, Morro Redondo, Mutuca, Olho d'Água, Palmeira, São José e São Vicente	140
Cristália	Barreiras, Macaúba, Madalena, Médio Soberbo e Santa Rosa	30
Francisco Badaró	Água Limpa, Zabelê Chapadão, Campo Várzea Fernandes, Chapadão, Córrego da Fortuna, Córrego dos Maurícios, Córrego Zequié, Crueira, Empoeira, Jacu, Mosquito, Ribeirão da Onça, São João de Baixo, São Sebastião, Várzea Fernandes, Zabelê e Zabelê Chapadão	229

Guaraciama	Buriti	40
Itaobim	Brejo, Córrego da Areia, Corujas, Lagoa Grande, Negreiros, Olhos d'Água e Santa Clara	77
Itinga	Caldeirão, Campestre Moreira, Campo Belo, Corrente, Itinguinha II, Lajedinho, Limoeiro Padre Mário Uzan, Santa Mônica, Texeirinha I e Texeirinha II	113
Jenipapo de Minas	Água Branca, Barra dos Bolas, Cipó, Córrego Serrote, Lagoa de Serafim, Lagoa dos Moreira, Patrimônio, Ribeirão de Areia, Santana, São José dos Bolas e Vila São José	152
Jequitinhonha	Craunilha, Fazenda Nova e Santa Rosa	19
Jordânia	Bom Jardim, Mulungu e Santo Antônio	16
Medina	Barra Pedro do Bolo, Engenho, Gameleira, Lagoa Velha, Limeira, Furados, Três Lagoas e Vereda	48
Minas Novas	Cachoeira, Cachoeira do Fanado, Capela da Cansação, Capoeirinha, Coqueiro Campo, Córrego dos Pineiros, Cristal, Gravata, Inácio Felix, Macuco, Mata Dois, Palmeiras, Pau D'Óleo, Pinheiro e Terra Cavada	258
Padre Paraíso	Córrego Comprido/ Fabião, Córrego Comprido/ Justino e Córrego Comprido / Possesiros	10
Pedra Azul	Fazenda Boa Vista, Fazenda Lagoa dos Patos, Fazenda Pedra Lavada, Lagoa São Francisco, Lajedinho e Nova Serrana	47
Ponto dos Volantes	Cardoso, Córrego dos Chapéus, Córrego Novo, Córrego Novo I, Jenipapo, Lages, Lagoa Encoberta, Pilãozim e São Medardo	80
Riacho dos Machados	Água Espalhada, Tapera, Almescla, Angico, Baixa do Brejo, Baixa Funda, Barreiras, Brejinho, Caldeirão, Capim Açú, Confisco, Córrego Verde, Córregos, Currealinho, Fazenda Furado, Fazenda Geralda, Fazenda Marinbu, Fazenda Velhas, Forjes, Lavras, Lobeiro, Olhos d'Água, Paiol, Pulo, Riachinho, Ribeirão, Roça de Mandioca, Vacarias e Vereda	213
Rio do Prado	Assentamento Santa Cruz	18
Salinas	Barra do Rio, Bebedouro, Cachoeira Seca, Canavial, Córrego da Empoeira, Fazenda Lages, Ferreirópolis, Jucurutu, Malhada Nova, Ourives, Rio das Antas, Rio Seco, Santa Rosa e Umburana	250
Santo Antônio do Jacinto	Igrejinha, Ribeiros e Santa Terezinha	30
Serranópolis de Minas	Apertado, Baixa de Areia, Brutia, Buqueirão, Caborges, Cachoeira, Campos, Carrapicho, Conceição, Fazenda Sobradinho, Furado da Malva, Furado do Meio, Pintado, Pontal, Senharol, Touro, Valentim e Vargem	156
Turmalina	Alto Lourenço, Cabeceira do Mato Grande, Cabeceira do	114

	Tanque, Campo Alegre, Córrego do Tanque, Córrego dos Gomes, Gentio, José Silva, Mato Grande, Morro Redondo e Tolda	
Veredinha	Boiada, Boiada 2, Boiada 1, Caquente, Estaquinha, Gameleira, Gamileira, Macaúbas, Mirante, Monte Alegre, Pindaíba, Pontezinha e Ribeirão Veredinha	46
Virgem da Lapa	Água Boa, Almas, Barbosa de Baixo, Barbosa do Meio, Bela Vista, Bravo, Campinhos, Capim, Chapada, Coqueiro, Curral Novo, Gerais, Gravatá, Jequitibá, Lagoa da Manga, Lagoeiro, Onça de Cima, Onça do Meio, Ouro Fino, Pacheco e Vaivir	227
Total		3.539

Fonte: ASA Brasil (2007b)

Para se tornar uma efetiva alternativa para o suprimento de água para o consumo humano, além da necessária integração dos projetos desenvolvidos na bacia do rio Jequitinhonha, há a necessidade de se verificar os diversos aspectos no dimensionamento das cisternas, em função dos dados de chuvas, áreas dos telhados e número de pessoas em cada residência.

Volumes das cisternas

Ainda utilizando-se dos dados da Estação Pluviométrica Fazenda Facão, código 01742020, operada pela CPRM, verifica-se que para o atendimento com o consumo de 20 litros de água por pessoa por dia, partindo-se de uma área mínima útil de telhado de 60m², e probabilidade de falhas no atendimento da ordem de 2%, haveria a necessidade de ampliar a área dos telhados das residências e volume das cisternas, como exemplificado na Tabela 5.17.

Tabela 5.17 - Consumo diário de água, área de telhado e volume da cisterna

Nº de pessoas por família	Consumo familiar (Litros/ dia)	Área de telhado (m ²)	Volume da cisterna (Litros)
4	80	60	16.000
5	100	80	19.000
6	120	100	22.000
7	140	120	25.000

Segundo Gnadlinger (1997), há restrições na construção de cisternas de placas com volumes de armazenamento superiores a 20.000 litros, devido ao risco de aparecimento de fissuras e rachaduras. Siste (2007) relata, entretanto, sobre as experiências iniciadas no ano de 1999 na construção de 290 cisternas no vale do rio Jequitinhonha, implantadas pela organização não governamental Fundo Cristão para Crianças, que há cisternas construídas com capacidade de

armazenamento de 20.000 (70%) e 25.000 litros (30%), sendo ainda relatada a construção de 4 cisternas de placas com capacidade de 50.000 litros (uma na comunidade de Mandinga, no município de Araçuaí; uma na comunidade de Água Limpa, no município de Francisco Badaró; e duas no município de Virgem da Lapa).

O aparecimento de trincas e vazamentos pode estar relacionado à não observância de melhores técnicas construtivas e de cuidados que devem ser tomados, dentre os quais se destacam: i) o correto preparo e compactação do solo onde se apóia a cisterna; ii) a qualidade da areia utilizada no preparo das placas e argamassa de rejuntamento; iii) a correta dosagem da água no traço areia-cimento; e iv) os períodos de cura na montagem das cisternas.

Para o correto dimensionamento das cisternas há de se considerar, ainda, métodos construtivos que permitam a limpeza periódica (como, por exemplo, a construção de septos internos ao tanque), além da instalação de dispositivos hidráulicos para seu esgotamento em períodos chuvosos, para a remoção de impurezas e renovação da água armazenada no fundo. Outra opção seria construir duas cisternas iguais, com capacidade total igual àquela obtida mediante a análise com os dados de chuva da região. Pode-se considerar que o custo das duas cisternas é da mesma ordem de grandeza de uma única cisterna com o dobro da capacidade.

Aspectos relativos à proteção sanitária das cisternas devem ser observados ainda nessa fase de concepção técnica, verificando-se a necessidade da instalação de filtros para retenção de impurezas advindas dos telhados e dispositivo de descarte das primeiras águas de chuva para impedir a contaminação do reservatório.

5.7.2 - Viabilidade econômico-financeira

Algumas vezes as dificuldades em se planejar, avaliar e implementar projetos nas regiões rurais dizem respeito ao levantamento dos custos e investimentos necessários e à identificação das fontes de financiamento. Como, à primeira vista, tais empreendimentos não são atrativos a partir de uma contabilidade receita x despesas, muitos projetos são arquivados a partir de um cálculo expedito, exigindo, desta forma, estudos de viabilidade compatíveis com as realidades locais.

Os custos de operação e manutenção também demandam estudos para torná-los compatíveis com as realidades locais. Tais estudos têm que ser cotejados com a disposição a pagar e a capacidade de pagamento dos usuários da água.

5.7.2.1 - Custo de implantação dos sistemas

Nos projetos desenvolvidos no âmbito do Programa PROÁGUA/Semi-árido no estado de Minas Gerais, os sistemas de abastecimento de água, que tiveram configurações diversas, consistiram-se de sistemas convencionais simplificados independentes e outros sistemas integrados. Em seus diversos projetos foram implantados sistemas com captações superficiais de mananciais próximos às localidades, contando com estações elevatórias, estações de tratamento de água, reservatórios e redes de distribuição. Foram também implantados diversos projetos constituídos de captações de águas subterrâneas seguidas de postos cloradores, reservatórios e redes de distribuição de água tratada.

Questões relativas aos custos dos empreendimentos devem ser avaliadas quando da concepção dos sistemas simplificados de abastecimento de água para pequenos núcleos urbanos e populações rurais.

a) Custo de implantação de sistemas convencionais de abastecimento

Em estudo comparativo de custos para construção de estações de tratamento de água (ETA), Sidney & Charchar (2003) indicam, conforme mostrado na Tabela 5.18, que os custos de uma ETA em ferrocimento correspondem a, aproximadamente, 35% do custo em concreto armado e 42% do custo em fibra de vidro.

Tabela 5.18 - Comparação de custos de construção para uma ETA de 12 L/s

Tecnologia empregada	Custo final (base outubro/2003)
I - Estação convencional em concreto armado	R\$ 265.307,89
II - Estação convencional em ferrocimento	R\$ 91.445,90
III - Estação convencional em plástico reforçado com fibra de vidro - PRFV	R\$ 217.835,73

Fonte: SIDNEY & CHARCHAR (2003)

Para sistemas de abastecimento compostos de captação superficial, adutora de água bruta (extensão média de 1.000m), estação de tratamento de água (capacidade de 12 L/s), reservatório e adutora de água tratada (extensão média de 3.000m), o custo de construção da ETA representa algo em torno de 20% (vinte por cento) do valor total da obra. A adoção dessa tecnologia pode representar uma economia de até 12%, sem ainda se considerar a economia na construção de outras unidades do sistema (como, por exemplo, os reservatórios e tanques de contato).

Há de se considerar ainda as vantagens relativas à redução dos prazos de execução de obras e às facilidades para manutenção e reparos nas estruturas de ferrocimento.

Para efeito de avaliações preliminares, escopo do desta pesquisa, apresentam-se custos médios de alguns projetos piloto, relacionados na Tabela 5.19, que tiveram um custo variando entre R\$ 390,00 a R\$ 790,00 por habitante.

Não estão incluídos os custos dos sistemas de esgotamento sanitários - dinâmico e estático (módulos sanitários, contendo chuveiro, vaso, pia e fossa séptica) -, que estiveram associados aos projetos, bem como os trabalhos de mobilização e educação sanitária e ambiental.

Os valores apresentados foram apropriados junto à Unidade Estadual de Gerenciamento (UEGP/MG) do Programa PROÁGUA/Semi-árido, instalada no IGAM.

Tabela 5.19 - Custo de investimento em sistemas de abastecimento de água por habitante, em alguns projetos do Programa PROÁGUA/Semi-árido, em Minas Gerais

Projetos PROÁGUA de abastecimento de água	Investimento (R\$)	População beneficiada (hab.)	Custo /habitante (R\$)
Sistema Águas Vermelhas: 3 sedes municipais e 15 distritos e localidades	6.765.963,41	21.810	386,58 ⁽¹⁾
Sistema Araçuaí IB: 17 localidades dos municípios de Araçuaí e Minas Novas	8.939.197,89	11.315	790,03 ⁽²⁾
Sistema Araçuaí IC: 4 sedes municipais e 2 distritos	6.743.729,82	9.523	708,15 ⁽²⁾
Sistema Diamantina: 10 distritos	4.904.198,30	8.981	546,06 ⁽²⁾

(1) valor básico de 2003, atualizado pelo Índice Nacional da Construção (INCC/ FGV) até dezembro / 2006; (2) valores básicos de dezembro de 2006.

Os custos médios apresentados são apenas indicativos da ordem de grandeza dos investimentos, uma vez que diferem para cada localidade em função das concepções dos sistemas, das distâncias entre as localidades, tipos de captação, elevatórias, estações de tratamento de água, reservatórios e redes adutoras e distribuidoras.

No Projeto Vida no Vale, que irá contemplar 92 sedes municipais e 1.853 localidades (distritos, povoados vilas e lugarejos) dos vales dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus com sistemas de abastecimento de água, com uma população estimada de 1.322.530

habitantes, estão previstos investimentos da ordem de R\$ 425 milhões (a preços de execução). Esses investimentos representam um custo de R\$ 322,00 por habitante (valor básico de dezembro de 2006). Trata-se também de um valor indicativo orçamentário, uma vez que poderá sofrer acréscimos em função das especificidades das obras.

Observa-se um custo médio por habitante relativamente mais baixo no Projeto Vida no Vale, tendo em vista uma maior racionalização dos custos das redes de distribuição de água nas sedes municipais que apresentam maior adensamento de usuários dos sistemas de abastecimento. No estudo orçamentário foram também considerados os sistemas existentes, que necessitam de reformas e ampliações, para atendimento às demandas de distritos e localidades próximas às respectivas sedes municipais.

b) Custo de implantação de cisternas de placas

O custo médio para a construção de cisternas de placas com capacidade de armazenamento de 16.000 litros de água tem se situado em torno de R\$ 1.500,00, conforme dados dos relatórios de avaliação do Tribunal de Contas da União (Brasil, 2006), baseando-se em recursos repassados pelo MDS ao Programa P1MC e, ainda, baseando-se em recursos consignados no Plano Plurianual do Governo Federal (PPA 2004 - 2007). Esse valor de custo médio unitário é confirmado pela equipe da ASA / Regional Minas Gerais. Tem-se, portanto, um custo da ordem de R\$ 300,00 a R\$ 375,00 por habitante (dividindo-se o custo da cisterna por 4 a 5 habitantes por residência).

Verifica-se, entretanto, que esses custos médios não incorporam as contrapartidas das comunidades que realizam diversos trabalhos em regime de mutirão e, não são quantificados ou remunerados, na perspectiva do envolvimento das populações na construção das cisternas.

Em cada caso, haverá de se apurarem os custos decorrentes de necessárias reformas nos telhados e no eventual aumento das dimensões das cisternas, que poderão chegar ao custo unitário de R\$ 2.000,00 ou mais, representando, desta forma, custo por habitante da ordem de R\$ 400,00 a R\$ 500,00.

As cisternas construídas pelo Fundo Cristão para Crianças apresentam custo médio de R\$ 1.900,00 para as cisternas de 20.000 litros e de R\$ 2.200,00 para as cisternas de 25.000 litros (SISTE, 2007), representando um custo por habitante de R\$ 380,00 a R\$ 440,00 (dividindo-se o custo das cisternas por 5 habitantes por residência).

Nesta pesquisa são avaliados tão somente os custos diretos de investimento na implantação dos sistemas convencionais de suprimento de água e das cisternas de captação de água de chuva. Não foram estudados os custos por metro cúbico de água disponibilizada, o que demandaria levantamentos e considerações mais específicas considerando a vida útil das instalações, custos de depreciação, manutenção, peças de reposição, amortização dos investimentos, e, estimativas dos volumes de água armazenados e efetivamente distribuídos.

5.7.2.2 - Estabelecimento de tarifas

As tarifas existentes para a cobrança dos serviços de abastecimento de água seguem modelos estabelecidos pela companhia estadual de saneamento, pelas prefeituras e, em algumas localidades, pelo rateio de custos entre os usuários dos sistemas independentes.

a) Sistemas convencionais de suprimento de água

O modelo tarifário da COPASA segue o modelo disseminado pelo PLANASA, instituído no Brasil em 1969, estratificando em categorias de usuários com tarifas diferenciadas os consumidores residenciais, comerciais, industriais e públicos. As tarifas também se diferenciam relativamente ao consumo mínimo (6 m³/mês) e às faixas gradativas de consumo. Desde o ano de 1990, é adotada uma sub-categoria residencial com tarifa social, destinada à população de menor poder aquisitivo que habita em residências com área construída inferior ou igual a 44 m² e com consumo de até 15 m³ de água por mês. Os descontos concedidos para essa categoria variam e se situam entre 57,50% para a faixa mínima e de 41,30% para a faixa de consumo entre 14 e 15 m³/mês, última faixa de consumo com tarifa social. A tarifa mensal residencial social se inicia com o valor de R\$ 5,87 (para consumo de até 6 m³ de água), podendo chegar até o valor de R\$ 17,43 (para consumo de 15 m³ de água) (COPASA, 2007).

As tarifas da COPASA vigentes a partir do faturamento de 1º de março de 2006 são, na residencial normal, faixa de consumo de 0-6 m³ (é cobrado o consumo mínimo) equivalentes a R\$ 13,80 para água e R\$ 12,42 para esgoto (fixada em 90% da tarifa de água). As tarifas aumentaram, em média, em 2005, em 24,15%, índice bem superior aos da inflação, como o Índice de Preços ao Consumidor / Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (IPC / FIPE) 6,65%, Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IPCA / IBGE) 7,39% ou Índice Geral de Preços de Mercado / Fundação Getúlio Vargas (IGP-M / FGV) 11,44% (SEPLAG, 2007).

Os valores das contas mensais de água das residências normais (sem tarifa social) têm incrementos progressivos de R\$ 0,4140/m³, na faixa de consumo de 6 a 10 m³, até R\$ 5,3308/m³, para consumos superiores a 40 m³/mês.

De acordo com levantamentos efetuados nos vales do Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus pelo Projeto Vida no Vale (SEPLAG, 2007), os sistemas administrados pelas prefeituras municipais têm diferentes estruturas tarifárias: os SAAE mais estruturados, que apresentam elevados índices de hidrometração, como, por exemplo, os SAAEs de Central de Minas, Mantena e São João do Manteninha, têm cobrança baseada em tabelas tarifárias semelhantes à da COPASA, porém com valores unitários reduzidos. O SAAE de Mantena segue a seguinte estrutura: a) a tarifa social até 10 m³ é de R\$ 5,75 ao mês; b) a tarifa residencial normal para 15 m³ é de R\$ 14,19 ao mês e o valor excedente do metro cúbico varia de R\$ 1,26 (15 a 20 m³) a 2,89 por m³ (> que 20 m³); c) a tarifa de esgoto é cobrada a um percentual de 30% do valor da água.

Há casos, como os dos municípios de Itinga e de Padre Carvalho, localizados na bacia do rio Jequitinhonha, ambos com baixo índice de hidrometração, onde, no primeiro, se adota preço único de R\$ 5,00 ao mês independente do consumo e, no segundo, não existe cobrança. Em outros municípios, como, por exemplo, Couto de Magalhães, Felício dos Santos, São Gonçalo do Rio Preto e Felisburgo, os serviços que são prestados diretamente pelas prefeituras não têm hidrometração e são cobradas tarifas únicas. Em Felício dos Santos cobra-se o valor fixo de R\$ 1,00 ao mês. Em São Gonçalo do Rio Preto a cobrança é anual no valor de R\$ 12,00 para a tarifa social e R\$ 24,00 para a tarifa residencial normal. O caso do município de Felisburgo é particular, com a cobrança de água variando de acordo com a renda da família, da seguinte forma: a) até ½ salário mínimo, R\$ 1,50 ao mês; b) até 1 salário mínimo, R\$ 3,00 ao mês; c) até 2 salários mínimos, R\$ 4,50 ao mês; e d) maior que 2 salários mínimos, R\$ 6,00 ao mês. A cobrança dos serviços de esgotamento sanitário em Felisburgo tem o valor único de R\$ 2,00 ao mês para qualquer usuário.

Obviamente, não são sustentáveis os sistemas de abastecimento de água nos locais onde não se tem uma política coerente para a cobrança de tarifas, resultando em altos índices de inadimplência e arrecadação insuficiente para garantia da prestação dos serviços de boa qualidade.

Essa questão traz uma contradição: se de um lado as populações de baixa renda não podem pagar pela prestação dos serviços de abastecimento de água e, algumas vezes, buscam a isenção total, de outro lado não conseguem obter satisfatórios serviços de abastecimento de água tratada por um longo período, tendo em vista a falta de recursos financeiros para pagamento da operação e manutenção das benfeitorias.

Estudos e apropriações relativos aos custos das prestações de serviços de abastecimento de água nos projetos do Sistema Águas Vermelhas realizados pela empresa LUME Estratégia Ambiental Ltda (LUME, 2006), relativos aos projetos implantados pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido e operados pela COPASA, demonstram que os custos diretos (despesas de operação e manutenção + despesas administrativas e comerciais) representam de 40 a 45% dos custos totais. Os custos indiretos – representados pelo rateio de apoio operacional local, regional e central da Companhia adicionados aos custos de depreciação, remuneração do investimento e ainda provisão para pagamentos duvidosos – equivalem aos restantes 55% a 60% dos custos totais.

Estudo semelhante desenvolvido no âmbito do diagnóstico do Projeto Vida no Vale (SEPLAG, 2007) indica que os custos indiretos da COPASA nos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário na região de implantação dos mesmos são da ordem de 56 a 70 % dos custos totais da prestação dos serviços.

Tem-se aqui mais uma componente da questão relativa aos estudos tarifários: sendo iguais os valores das tarifas praticadas pela operadora em todo o estado, parte do rateio dos custos indiretos (custos do apoio central e regional) é rateada pelo número total de ligações, levando a situações de “prejuízo” operacional em pequenos sistemas. Significa dizer que os valores arrecadados nem sempre são suficientes para o pagamento dos custos totais (diretos e indiretos).

Sem aprofundar a discussão, neste momento, sobre a política das tarifas autorizadas e praticadas pela operadora dos sistemas, verifica-se à priori que deverá haver equilíbrio entre os valores a serem arrecadados e os custos de operação dos serviços, ponderando-se os custos indiretos, compatíveis com a capacidade de pagamento dos usuários.

Estudos mais aprofundados são requeridos para o estabelecimento de tarifas condizentes com os projetos de saneamento rural, levando-se em conta as rendas familiares, a capacidade de pagamento dos usuários e desenvolvidas novas formas de administração. Torna-se também

necessário o estudo de eventuais subsídios diretos do governo do estado, tendo em vista a meta da universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Um indicador para o estabelecimento de tarifa para a cobrança pelos serviços de abastecimento regular de água potável poderá se basear em pesquisas como a realizada no Projeto Vida no Vale. Essa pesquisa, realizada no ano de 2006 junto às comunidades rurais dos vales dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, em amostra de 1.260 entrevistas, indicou uma disponibilidade de pagamento de conta de água tratada equivalente a R\$ 8,65 /mês, correspondentes a um comprometimento de 1,9% da renda média familiar, segundo metodologia adotada no diagnóstico realizado pelo Projeto.

b) Tarifas para as cisternas de captação de água de chuva

Para o estabelecimento de um programa formal de construção de cisternas para captação de água de chuva, há de se considerar o estabelecimento de tarifas a serem cobradas dos respectivos usuários, para cobertura dos serviços de manutenção das benfeitorias implantadas.

Por hipótese, a capacidade de pagamento desses usuários de cisternas é equivalente aos habitantes vizinhos em comunidades próximas, não sendo atendidos por um sistema convencional de suprimento de água, dada a sua localização isolada em relação aos demais.

A cobrança de tarifa torna-se necessária para o pagamento de diversos serviços de manutenção a serem executados nos telhados, calhas, tubulações e na própria cisterna, que vão se deteriorando com o passar dos anos.

Seria razoável supor o estabelecimento de valores fixos trimestrais ou anuais, por exemplo, a serem pagos à entidade responsável pela manutenção de um conjunto de cisternas em um município ou região. O estabelecimento dessa entidade possibilitaria ainda o controle da qualidade da água e inspeção periódica das cisternas, como será discutido em tópico seguinte.

Certamente os valores dessas tarifas seriam inferiores àquelas a serem pagas pelos usuários atendidos de sistemas convencionais de suprimento de água, mas os usuários das cisternas teriam o benefício de um programa formal de inspeção e manutenção.

c) Tarifas para fornecimento de água tratada por meio de caminhões-pipa

O estado de Minas Gerais conta com um programa emergencial para atendimento aos municípios que se encontram em situação de calamidade pública, decretada em função dos

episódios de seca. Esse programa é acionado mediante convênio entre a Defesa Civil e a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano, contando com a COPASA para o fornecimento de água em caminhões - pipa. A COPASA providencia o aluguel do caminhão-pipa e o fornecimento de água tratada; as prefeituras municipais estabelecem os roteiros de distribuição de água.

De acordo com informações disponibilizadas pela COPASA (MAUAD, 2007), os caminhões-pipa são alugados ao custo de R\$ 4.536,00/mês (incluídos custos diretos e impostos), e a água é fornecida pela COPASA ao custo de R\$ 5,91/m³. Estima-se que cada caminhão distribua 10 m³ de água por dia, para atendimento aos diversos roteiros estabelecidos pelas prefeituras locais. Trata-se de uma tarifa da ordem de R\$ 21,03/m³ de água fornecida, paga pelos cofres públicos, extremamente alta em função dos custos fixos e da baixa produtividade na distribuição da água.

Na hipótese do fornecimento de água tratada para atendimento às cisternas, como complemento aos volumes de água de chuva armazenados, será necessário o estudo de nova estrutura operacional e nova composição tarifária compatível com um programa alternativo de suprimento de água.

Como já foi mencionada, a hipótese da utilização do carro-pipa somente ocorreria em casos de exceção e, como proposta aqui apresentada, estaria contida em um plano de contingência para atendimento aos usuários das cisternas.

5.7.3 - Viabilidade social

O sucesso dos empreendimentos em áreas rurais é proporcionado pelo envolvimento e participação das populações locais. Os trabalhos de mobilização social e educação sanitária se tornaram parte integrante dos modernos projetos.

Diferentemente dos projetos implantados nos centros urbanos, quando as populações, eventualmente, não sabem de onde provêm os mananciais de abastecimento de água e as redes de distribuição de água tratada se encontram sob o asfalto, as populações no meio rural, em geral, estão muito próximas das captações de água, dos equipamentos e instalações para tratamento, reservação e distribuição.

O insucesso de vários empreendimentos, especialmente das obras públicas, se refere à falta de entendimento e repasse das informações às populações sobre os benefícios que se pretende alcançar com as respectivas intervenções. Desta forma, é frequente encontrar sistemas de suprimento de água construídos e abandonados ou mal conservados visto que não se conhece a importância e o funcionamento daqueles aparatos. A título de exemplificação, pode ser citado o caso do distrito de Acauã, município de Leme do Prado, vale do Jequitinhonha, cuja estação de tratamento de água operada pela prefeitura local fornece água bruta aos moradores daquela comunidade (Figura 5.22).



Figura 5.22 - ETA e reservatório em Acauã, Leme do Prado, MG
Fonte: ZATZ (2005)

No contexto da implantação das obras de abastecimento de água é desejável que, simultaneamente, sejam atendidas as demandas de implantação de sistemas de esgotamento sanitário e obras complementares, tais como coleta e destinação adequada de resíduos sólidos, drenagem das águas pluviais e controle de vetores transmissores de doenças de veiculação hídrica.

Algumas dessas ações visam, além da melhoria da qualidade de vida das pessoas, a preservação dos mananciais de abastecimento.

5.7.3.1 - Programa de educação ambiental

Dentre os trabalhos de mobilização social que podem se associar aos projetos de suprimento de água cita-se, a título de exemplo, a execução dos projetos do Sistema Águas Vermelhas implantados na bacia do rio Pardo. Destacam-se as ações desenvolvidas a partir do ano de 2000 para controle e monitoramento da esquistossomose – moléstia endêmica na região do médio curso do rio Pardo –, e a construção de trincheiras para a disposição do lixo em aterros controlados.

O principal manancial para abastecimento das sedes municipais de Águas Vermelhas e de Divisa Alegre é o rio Mosquito, que se encontrava poluído com lançamento direto de esgotos das casas situadas às suas margens, necessitando de ações para a sua despoluição e descontaminação. Houve a necessidade de desenvolver ações para controle da esquistossomose.

Com o controle da endemia, por meio de exames laboratoriais e combate aos vetores (caramujos hospedeiros das cercárias), desenvolvidos em projetos específicos, houve queda significativa da prevalência da esquistossomose e de doenças de veiculação hídrica.

Ressalta-se que essas ações não estavam inicialmente previstas nos estudos preliminares de identificação de obras. Ocorre que, com a participação das comunidades, do comitê da bacia hidrográfica do rio Mosquito, das associações e das entidades locais nas reuniões públicas para a discussão dos projetos de abastecimento de água, as ações de limpeza do rio Mosquito, controle da esquistossomose e destinação final dos resíduos sólidos urbanos, foram priorizadas. Essas ações antecederam ao início das obras de implantação dos sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário.

Com a execução desses trabalhos permitiu-se a manutenção do manancial rio Mosquito como fonte de abastecimento para os sistemas de captação de água para a sede municipal de Águas Vermelhas e sede municipal de Divisa Alegre.

As campanhas de educação sanitária e ambiental realizadas nas escolas, por meio de mobilizadores locais, permitiram a continuidade das ações, mesmo após a conclusão das obras de saneamento. A partir do envolvimento das populações torna-se possível o uso racional da água e o estabelecimento da cobrança de tarifas, indispensáveis à manutenção e operação dos sistemas de saneamento básico.

Sendo os projetos implantados em áreas rurais, onde o poder aquisitivo das famílias e a capacidade de pagamento pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário não estão ainda suficientemente conhecidos, torna-se imperativo o desenvolvimento de discussões junto às comunidades sobre essas questões. A não observância dessas discussões poderá resultar em não adesões às redes, não pagamento de contas e evasão de consumidores dos serviços prestados.

A metodologia e as lições aprendidas nos projetos do Sistema Águas Vermelhas foram reproduzidas, com as devidas adaptações, nos demais projetos implantados pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido na bacia do rio Jequitinhonha, nos Sistemas Diamantina e Araçuaí, com o desenvolvimento de ações junto às comunidades visando o esclarecimento e o repasse de informações sobre as obras que se pretendia instalar.

O Projeto Vida no Vale, a ser implementado nas bacias dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, apresenta, em seu Resumo Executivo (SEPLAG, 2007), um “Plano de Participação Social” que será desenvolvido desde a concepção até a operação dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário a serem implantados, de modo que *todos se sintam, efetivamente, donos das instalações*. A formulação do Plano se baseia na experimentação metodológica de intervenção social desenvolvida no ano de 2006, quando da implantação do projeto-piloto (que contemplou 9 municípios). A implementação do Plano prevê a alocação de recursos da ordem de R\$ 1,3 milhão no primeiro ano e cerca de R\$ 5,2 milhões até o ano de 2010, para atendimento ao desenvolvimento do projeto nos 92 municípios selecionados.

O Plano de Participação Social prevê o estabelecimento de alianças estratégicas com as prefeituras, secretarias municipais e organizações da sociedade civil que atuam em áreas ligadas ao saneamento, contando com coordenação geral a ser instalada no município de Teófilo Otoni e escritórios regionais localizados em nove cidades, que se constituirão em pólos para atuação nas localidades e comunidades rurais.

Um importante componente do Programa P1MC de construção de cisternas é o programa de treinamento e capacitação de pedreiros instrutores, pedreiros executores e pessoas capacitadas em confecção de bombas d’água manuais. Também os trabalhos de mobilização e repasse de informações às famílias no correto manuseio das cisternas e cuidados relativos à proteção

sanitária das cisternas podem redundar em um maior zelo e durabilidade das unidades construídas.

Ocorre que esses trabalhos são de curta duração e, eventualmente, não são suficientes para a incorporação de novos hábitos. Há a necessidade de um trabalho contínuo e de longa duração, principalmente junto às crianças, uma vez que certos hábitos incorretos já se encontram enraizados nos adultos que apresentam resistências aos novos ensinamentos.

Os Programas de Educação Ambiental e Sanitária deveriam receber maiores verbas específicas que permitissem sua continuidade por um período de pelo menos um ano, principalmente para a assimilação de práticas de consumo e manuseio das cisternas.

5.7.3.2 - Aceitabilidade local

Experiências obtidas em diversas obras e intervenções executadas pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido no meio rural, no estado de Minas Gerais, indicam que, após a construção das benfeitorias e implantação dos sistemas, pode haver um descrédito e uma sensação de abandono por parte das populações mais simples, sendo necessário um acompanhamento e monitoramento posterior, para verificar os níveis de satisfação. Nesses projetos, após a conclusão das obras, houve a continuidade do Programa de Educação Ambiental, com ênfase na proteção dos mananciais de abastecimento e no uso racional e econômico da água tratada, que passou a ser fornecida por meio das redes de distribuição e ligações prediais.

No âmbito deste trabalho não foram realizadas pesquisas de satisfação e aceitabilidade junto às comunidades da bacia do rio Jequitinhonha com relação aos sistemas convencionais de abastecimento de água e com relação às cisternas de captação de água de chuva. Há, entretanto, relatos de pesquisadores e grupos de alunos da UFMG, que realizam trabalhos na bacia do rio Jequitinhonha, quanto à insatisfação sobre os valores das tarifas cobradas (no caso de sistemas convencionais de abastecimento) e sobre algumas deficiências de construção nas cisternas de placas (algumas cisternas apresentam fissuras e vazamentos e não retêm a água por tempo suficiente).

Essa pesquisa de satisfação e aceitabilidade é um quesito importante na metodologia proposta, sendo recomendável ainda o estabelecimento de indicadores que poderão ser monitorados com o passar dos anos. Especialmente quanto à implantação das cisternas, poderão ser

monitorados os impactos quanto: i) à melhoria nas condições de saúde; ii) à maior disponibilidade de tempo para execução de outras atividades; e iii) ao incremento na renda das famílias, liberadas das tarefas de buscar água em pontos distantes.

Um exemplo concreto da importância da pesquisa de aceitabilidade é o da instalação de chafarizes – técnica comumente utilizada em alguns projetos nos estados do nordeste semi-árido do país, para atendimento a um conjunto de famílias isoladas –, os quais não foram aceitos por comunidades atendidas por sistemas convencionais de abastecimento de água no projeto desenvolvido no município de Águas Vermelhas. Os projetos tiveram que ser modificados e novas redes de distribuição de água e ligações prediais foram efetuadas para o atendimento de algumas famílias dispersas (conjunto de 40 residências e escola municipal da comunidade de Bom Jardim, no município de Águas Vermelhas).

5.7.4 - Administração, operação e manutenção dos sistemas

Para a garantia da sustentabilidade operacional e financeira dos sistemas de saneamento básico, especialmente os de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, torna-se necessária a existência de um Plano de Administração, Operação e Manutenção (PAOM), que deve constituir-se num conjunto de “regras” às quais a entidade operadora dos sistemas e demais entidades envolvidas deverão seguir para que se possa ter a garantia de sucesso do empreendimento e a elaboração de um sistema de cobrança de tarifas compatível com as realidades locais.

Entende-se um empreendimento com sucesso aquele que resulte numa qualidade aceitável na prestação dos serviços, bem como demonstre possuir capacidade de gerar recursos financeiros para pagamento dos custos de operação e manutenção, incluindo os novos investimentos a serem realizados ao longo da vida útil do projeto.

A COPASA é a principal operadora de serviços de abastecimento de água, atuando por meio de contratos firmados com as prefeituras municipais, cobrindo grande parte do estado de Minas Gerais. Atualmente, essa companhia detém a concessão de serviços de abastecimento de água em 610 municípios e em mais de 1.000 localidades, operando efetivamente em 584 municípios e 830 localidades, atendendo a uma população de aproximadamente 11,5 milhões de habitantes, correspondendo a 59,3% da população do estado de Minas Gerais no ano de 2006. A COPASA possui ainda concessões para atuação em serviços de esgotamento sanitário em 180 municípios, atuando efetivamente em 90 desses, atendendo a uma população de 5,8

milhões de habitantes no estado (COPASA, 2007). Essa companhia possui um plano para garantir a eficiência dos serviços prestados e possibilitar o planejamento de suas ações para a realização de novos investimentos e manutenções preventivas e corretivas, além do monitoramento da qualidade das águas distribuídas.

Para os sistemas de abastecimento de pequenos núcleos populacionais, inclusive para aqueles dispersos no meio rural, poderão ser adotadas diversas alternativas para administração, operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Em algumas situações a administração desses sistemas poderá ser efetuada por associação de usuários ou outra entidade concessionária dessa prestação de serviço público.

Para o gerenciamento da oferta, demanda e qualidade das águas em sistemas alternativos, especialmente o de captação de água de chuva, há também a necessidade do estabelecimento de um PAOM que garanta a sustentabilidade dos sistemas.

As várias formas da gestão dos serviços de suprimento de água por meio de cisternas necessitam, independentemente da alternativa a ser adotada, que serão discutidas no item seguinte, de um PAOM que permita a inspeção das unidades construídas, manutenções periódicas e monitoramento da qualidade das águas armazenadas e consumidas.

Como exemplo, cita-se o município de Araçuaí, no vale do rio Jequitinhonha, que possui (conforme mostrado na Tabela 5.16) 300 cisternas de placas implantadas pelo Programa PIMC e, ainda, um número aproximado de 100 cisternas construídas pela prefeitura e por outras entidades e organizações não governamentais. Esse conjunto de cisternas atende a uma população estimada de 1.600 a 2.000 pessoas.

De uma maneira simplificada e inicial apresenta-se uma possibilidade do estabelecimento de um PAOM para esse conjunto de cisternas, localizadas em um mesmo município, ou conjunto de municípios, havendo condições operacionais para essa opção.

- Uma entidade responsável pela manutenção das cisternas (companhia de saneamento, prefeitura, associação de usuários, consórcio de usuários, ou organização da sociedade civil de interesse público – OSCIP) faria o cadastramento e localização das cisternas construídas;
- Seriam programadas duas visitas anuais de inspeção (por exemplo, no mês de abril e no mês de outubro), conduzidas por dois técnicos responsáveis, respectivamente, pela inspeção física das cisternas e pela coleta de amostras das águas armazenadas;

- Os exames das amostras coletadas seriam efetuados pela entidade operadora do sistema (no caso de não atendimento aos padrões de potabilidade, seria proposta uma forma adequada de tratamento);
- Na inspeção do mês de abril seriam monitorados os níveis de água das cisternas para se verificar a necessidade de abastecimento, ainda durante o início da estação seca, e de forma programada, das mesmas por meio de caminhão-pipa com água tratada da estação de tratamento de água do sistema da sede municipal (é necessário estudo sobre custos reais para viabilizar essa alternativa). Aqui a preocupação é não “premiar” a família que gastar mais do que 20 L/habitante/dia;
- Os custos das visitas de inspeção seriam cobertos pelas tarifas a serem estabelecidas e cobradas dos usuários (verificar a proposição do estabelecimento de tarifas para as cisternas);
- Os ensaios de qualidade seriam estabelecidos em programas específicos para sistemas alternativos de suprimento de água a serem propostos no Plano de Saneamento do município, devidamente regulamentados e aprovados em legislação específica; e
- Os custos para eventuais reparos nas cisternas, decorrentes de natural depreciação dos materiais, poderiam ser subsidiados pelo poder público. Outros reparos necessários decorrentes de má utilização ou conservação seriam arcados pelos usuários das cisternas. Seria verificada a necessidade de reforço do programa de capacitação das famílias na utilização das cisternas.

Esse plano representaria um salto de qualidade em relação ao atual estágio de utilização das cisternas e poderia se dar a um custo relativamente acessível, se for agregado um número expressivo de usuários de forma a comprometer, no máximo, um percentual equivalente a 1% de sua renda familiar. Para as comunidades que possuem pequeno número de cisternas implantadas, não se tornando viável a constituição de uma associação/ entidade responsável pela manutenção das mesmas, haveria a possibilidade da prefeitura local destacar um funcionário responsável por essa atividade.

5.8 - Seleção de alternativas

A seleção das alternativas, conforme proposto na metodologia, é aplicável quando da elaboração de estudos de identificação de obras e estudos de relatórios técnicos preliminares para cada município a ser contemplado com sistemas de abastecimento de água.

A princípio, é possível verificar que a alternativa da implantação de sistemas convencionais de suprimento de água, que serão utilizados no atendimento às populações das sedes municipais, distritos e localidades, poderá ser selecionada para aqueles municípios da bacia do rio Jequitinhonha que apresentem alto índice de urbanização e concentração demográfica.

Para utilização da alternativa com a utilização de sistemas convencionais de suprimento de água complementados pelas cisternas de captação de água de chuva, para atendimento às comunidades rurais e famílias isoladas, haverá de se verificar, notadamente, o plano de administração, operação e manutenção das cisternas.

Para a implantação somente de um conjunto de cisternas para captação de água de chuva que irá compor o sistema de suprimento de água para consumo humano em determinada localidade, pertencente a um distrito ou município, haverá de se verificar, além das simulações com os dados de chuva e o plano de administração, operação e manutenção, a viabilidade da cobrança de tarifas em valores compatíveis e suficientes para a sua sustentabilidade.

Quanto aos condicionantes para implantação das alternativas na bacia do rio Jequitinhonha, têm-se:

a) Existência de Plano Diretor de Recursos Hídricos de Bacia Hidrográfica e/ou Plano de Saneamento Básico do Município

O Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales dos rios Jequitinhonha e Pardo necessita de atualização, mas se constitui em documento hábil para o desenvolvimento dos projetos de abastecimento de água na bacia do rio Jequitinhonha, respeitados os artigos na nova Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

b) Existência de recursos financeiros alocados em rubrica específica em orçamento da União, do Estado ou do Município.

O Governo do Estado de Minas Gerais incluiu na revisão do Plano Plurianual de Ação Governamental (PPAG 2004 - 2007), referente ao exercício de 2007, no Programa Saneamento Básico: Mais Saúde para Todos, na ação orçamentária nº 1225 - Universalização dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário nos Vales do Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, uma dotação orçamentária no valor de R\$ 147.055.771,00 destinado à

Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana (SEDRU) (Minas Gerais, 2006).

Mediante convênio a ser firmado com a COPASA, poderá ser implantada parte dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos 92 municípios integrantes do Projeto Vida do Vale, nos quais se incluem os municípios, distritos e localidades da bacia do rio Jequitinhonha.

Foram também consignados recursos financeiros equivalentes a R\$ 19.264.195,00 ao FHIDRO, destinados aos municípios constantes do Projeto Vida no Vale. Os recursos do FHIDRO são geridos SEMAD. Tais recursos financeiros poderão ser utilizados, conforme normas de funcionamento do FHIDRO, em projetos diversos a serem aprovados pelos comitês de bacia hidrográfica e pelo CERH/MG.

c) Existência de estudos de viabilidade, projetos básicos e orçamentos que possibilitem o estabelecimento de convênios e/ou contratos.

O Projeto Vida no Vale (SEPLAG, 2007), elaborado pela Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão do Estado de Minas Gerais e pela COPASA, desenvolveu os estudos de viabilidade e orçamentos que possibilitarão, após o estabelecimento de convênio entre a SEDRU e a COPASA, a licitação para a contratação das obras e benfeitorias do referido projeto.

d) Existência de entidade responsável pela administração e operação dos sistemas a serem implantados.

A Lei Estadual nº 16.698, de 17 de abril de 2007, que autoriza a COPASA a criar empresa subsidiária para atuar em localidades da região de planejamento Norte de Minas e das bacias hidrográficas dos rios Jequitinhonha, Mucuri, São Mateus, Buranhém, Itanhém e Jucuruçu, possibilitará àquela companhia atuar na implantação dos serviços de saneamento básico, com a adoção de tarifas diferenciadas. A empresa subsidiária que está sendo criada será responsável pelo planejamento, projeto, execução, ampliação e exploração dos serviços públicos de abastecimento de água, no âmbito de sua área de atuação, na qual se incluem os municípios da bacia do rio Jequitinhonha.

As avaliações realizadas na bacia do rio Jequitinhonha suscitam as discussões sobre a participação dos municípios no gerenciamento dos recursos hídricos. Apesar do fundamento expresso na Lei Federal nº 9.433/97 (inciso V do artigo 1º) e na Lei Estadual nº 13.199/99 (inciso IV do artigo 3º), qual seja, que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política de Recursos Hídricos e unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento, as soluções para o suprimento de água para consumo humano deverão ser examinadas no âmbito dos municípios. Essa possibilidade se torna mais efetiva quando se planeja conjuntamente as políticas públicas municipais para o saneamento básico, proteção de mananciais, uso e ocupação dos solos etc.

Os comitês de bacia hidrográfica, juntamente com as agências de bacia, deveriam, no âmbito de suas respectivas áreas de atuação, conhecer melhor as especificidades das demandas locais e indicar as prioridades para as intervenções necessárias para o incremento da oferta e melhoria da qualidade das águas. Ocorre que esses organismos ainda não estão devidamente estruturados para o desempenho dessas funções que lhe são atribuídas pela legislação.

Os instrumentos de gerenciamento de recursos, notadamente os planos de bacia hidrográfica, o enquadramento das águas em classes de uso e a outorga de direito de uso de recursos hídricos, constituem-se em ferramental para o conhecimento das disponibilidades hídricas e alocação da água entre os diversos usuários. Entretanto, para o estudo das intervenções efetivamente necessárias, há de se contar com a municipalização do gerenciamento dos recursos hídricos. Das alternativas estudadas no presente trabalho, provavelmente a que seria mais adequada, na perspectiva de atender a toda população rural e urbana, com seguro suprimento de água para consumo humano, é aquela que conjuga os sistemas convencionais com os sistemas alternativos.

As técnicas convencionais de suprimento de água, com a captação em mananciais seguros para os respectivos horizontes de projeto, deverão ser escolhidas preferencialmente por se tratar de alternativa que apresenta a possibilidade de uma maior oferta de água tratada (clorada e fluoretada). As técnicas alternativas, notadamente aquela que realiza a captação de água de chuva, se apresentam efetivamente como soluções para atendimento a populações dispersas, mas necessitam ainda de aprimoramentos nos diversos quesitos avaliados e ainda deverão contar com o apoio de um gerenciamento mais eficiente por parte do poder público.

6 - DISCUSSÃO

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar o gerenciamento dos recursos hídricos na região semi-árida mineira, verificando a viabilidade da adoção de técnicas convencionais de suprimento de água e de técnica alternativa de captação de água de chuva, destinadas ao consumo humano, verificando as dificuldades, entraves e restrições quando à obtenção de resultados permanentes, para a convivência das populações com a escassez hídrica naquela região.

Na avaliação das políticas públicas adotadas para solucionar ou mitigar os problemas relacionados ao suprimento de água para consumo humano, buscou-se conhecer as ações desenvolvidas na região semi-árida brasileira, que apesar de estarem principalmente focadas na região nordeste do país, buscaram incluir a região norte e nordeste do estado de Minas Gerais.

Ao se escolher a bacia do rio Jequitinhonha, obteve-se um bom espectro da região semi-árida mineira, sendo que nessa bacia se concentram várias iniciativas do poder público em suas três esferas e das organizações não governamentais no desenvolvimento das ações de ampliação de oferta de água para o consumo humano.

As bacias hidrográficas da região norte do estado, que contêm municípios inseridos na região semi-árida, e ainda diversos municípios não contemplados nas ações governamentais, necessitam de esforços para universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

As discussões efetuadas sobre as políticas públicas e os levantamentos realizados nesta pesquisa indicam que, para o encaminhamento de soluções para o suprimento de água para consumo humano na região semi-árida mineira, além do gerenciamento por bacia hidrográfica, há, possivelmente, a necessidade de um gerenciamento municipal dos recursos hídricos. Deve-se contar com a participação efetiva do poder público local responsável pela concessão dos serviços de abastecimento e pelo monitoramento e fiscalização dos serviços prestados pela entidade responsável, mediante a aprovação de um plano de administração, operação e manutenção dos sistemas.

Os temas e discussões a seguir abordados se coadunam com o objetivo específico desta pesquisa em contribuir para a elaboração de um Plano Estratégico para suprimento de água para consumo humano para a região semi-árida mineira.

6.1 - Efetividade da gestão de recursos hídricos em Minas Gerais

Um dos principais objetivos da Política Estadual de Recursos Hídricos em Minas Gerais é assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. A legislação mineira sobre recursos hídricos destaca como principal fundamento assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água em quantidade, qualidade e regimes satisfatórios.

A despeito da implementação dos principais instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos, é possível constatar a ausência de um planejamento estratégico que norteie as ações do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Lei Estadual nº 13.199/99 e os decretos que a regulamentam não dispõem sobre a hierarquização dos instrumentos de gerenciamento, não assegurando, desta forma, uma necessária coerência nas respectivas implementações. Evidencia-se, entretanto, que o Plano Estadual de Recursos Hídricos deveria ser o instrumento precursor que possibilitasse a definição dos Programas que conduzissem às metas e objetivos da Política de Recursos Hídricos.

Somente a partir do ano de 2006, o IGAM deu início à elaboração da 1ª Etapa do Plano Estadual de Recursos Hídricos, consolidando os estudos existentes e avaliando os Planos Diretores de Bacias Hidrográficas do estado de Minas Gerais,

A Lei 13.199/99 estabelece, em seu artigo 55, que na formulação do Plano Estadual de Recursos Hídricos os órgãos e as entidades envolvidas deverão levar em conta planos, programas e projetos aprovados ou em processo de implantação, andamento ou conclusão e, de modo especial, os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas.

Com referência à bacia do rio Jequitinhonha, pode ser verificado no “Caderno de Avaliação dos Planos Diretores de Recursos Hídricos Existente” (IGAM, 2006b), que o Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales do Jequitinhonha e Pardo, elaborado na década de 1990, não incorpora questões atuais e relevantes, tais como: i) análise das regiões de potencial conflito pelo uso da água; ii) definição de vazão residual ou ambiental; iii) prioridades para a outorga de direito de uso de recursos hídricos; iv) proposta para alocação da disponibilidade hídrica

ou visão de cenário almejado; e v) usos preponderantes para enquadramento dos corpos de água em classes. São ainda observadas não conformidades relativas a questões político-sociais como, por exemplo, a necessária aprovação do Plano pelo Comitê de Bacia Hidrográfica e a participação efetiva de amplos setores da sociedade, indicando a necessidade de sua atualização para adequação quanto às atuais evoluções da dinâmica da gestão de recursos hídricos.

Um dado relevante evidenciado nesta pesquisa diz respeito à emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos em rios de domínio da União e de domínio do Estado na bacia do rio Jequitinhonha. Não é ainda praticada a necessária articulação entre a ANA e o IGAM, sendo que as outorgas são concedidas àqueles usuários requerentes mediante estudos onde são verificadas as disponibilidades hídricas, de acordo com os diferentes critérios e as diferentes vazões de referência. Está também demonstrada a inexistência de cadastro de usuários das águas da bacia, haja vista o pequeno número de outorgas concedidas pelos órgãos gestores. Tal cadastramento de usuários torna-se indispensável em regiões de escassez hídrica e de potencial conflito pelo uso das águas.

Não foram implementados na bacia do rio Jequitinhonha, considerada neste trabalho como representativa da região semi-árida mineira, os demais instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos, quais sejam, o Enquadramento das Águas em Classes quanto ao uso a que se destinam, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e a Cobrança pelo uso da Água. O instrumento da Cobrança, por necessitar do cumprimento de condicionantes determinadas pelo Decreto nº 44.045/2005 (que regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado), certamente demandará ainda algum tempo para sua efetiva implantação. Entretanto, quanto à implementação dos demais instrumentos, não existem obstáculos.

De acordo com a Deliberação COPAM 10/86 (inciso c do artigo 11), enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas serão consideradas Classe 2. Entretanto, é possível verificar, pelo relatório de 2004 do Projeto Águas de Minas (IGAM, 2005b), citado no Capítulo 5, violações dos limites legais associados a diversas atividades praticadas na bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha.

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos torna-se indispensável na referida bacia hidrográfica de forma a incorporar aos estudos de disponibilidades hídricas efetuados pelo

IGAM os volumes de água armazenados nos diversos reservatórios construídos para as mais diversas finalidades. Sem a incorporação dessas informações em banco de dados apropriados, eventualmente estão sendo subestimadas as possibilidades de aproveitamento desses reservatórios para sistemas de abastecimento humano, dentre outros usos. Seria possível também a proposição de novos reservatórios em áreas específicas com demandas intensivas para abastecimento humano e irrigação.

Resta ainda, como questão relevante levantada nesta pesquisa quanto ao gerenciamento das águas, o aproveitamento das águas de chuvas em áreas rurais. Tal aproveitamento das águas, seja por meio de sistemas de coleta de água nos telhados das residências, seja por meio de outras técnicas (micro-barramentos e barragens subterrâneas), deveria, certamente, ser objeto de estudos mais aprofundados pelo órgão gestor de recursos hídricos, visando à formalização dessas alternativas.

6.2 - A superposição das políticas públicas

Como foi possível verificar na revisão bibliográfica, os diversos programas propostos e desenvolvidos pelo governo federal para mitigação da escassez hídrica na região semi-árida brasileira ora enfocam a necessidade do desenvolvimento da agricultura irrigada e de outras atividades produtivas regionais, como aquelas propostas pelo Programa PROMESO, ora destacam a necessidade de investimentos em infra-estrutura hídrica, com o incremento da oferta de água bruta, como, por exemplo, o Programa PROÁGUA/Semi-árido.

Verifica-se também a elaboração do Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido, como iniciativa do Ministério da Integração Nacional, contendo compromissos e apostas de modo a viabilizar a convivência com as secas e a semi-aridez. No âmbito do Ministério do Meio Ambiente, encontra-se em elaboração o detalhamento dos Programas e Subprogramas do Plano Nacional de Recursos Hídricos, dentre os quais se encontra o Subprograma de Gestão Sustentável de Recursos Hídricos e Convivência com o Semi-árido Brasileiro. Iniciam-se também as ações do PAN-Brasil, com os estudos das “Áreas Piloto para Estudos de Desertificação”. Todos esses Planos e Programas possuem ações a serem desenvolvidas nas regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais.

Em Minas Gerais, os “recortes territoriais” são os mais variados possíveis para desenvolvimento das políticas: ora se tem um recorte que abrange as bacias dos rios Jequitinhonha e Mucuri (PROMESO), ora se tem o recorte envolvendo separadamente a

Ribeira do São Francisco e o Sertão Sul (PDSA), e ora se tem como área de atuação os municípios da região semi-árida (PROÁGUA/Semi-árido).

No desenvolvimento das políticas estaduais há também a adoção de diferentes espaços territoriais como, por exemplo, com a implementação de ações para a criação de pólos de irrigação nas bacias dos rios Pardo e Jequitinhonha – Plano de Desenvolvimento Integrado das Bacias dos Rios Pardo e Jequitinhonha (PDI - JEPAR) –, e o Projeto Vida no Vale nas bacias dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, para universalização dos serviços de saneamento básico em todos as sedes, distritos e povoados dos municípios daquelas bacias.

Há de se somar ainda as ações isoladas das prefeituras municipais que, com o auxílio de recursos financeiros próprios ou de instituições que atuam na região semi-árida mineira (DNOCS, CODEVASF, SEDVAN / IDENE), investem em perfuração de poços profundos e construção de pequena barragens em atendimentos às populações em situações de calamidade nos períodos de estiagem prolongada, algumas vezes superpondo ações em regiões já contempladas com outros programas similares.

A Secretaria Extraordinária para o Desenvolvimento dos Vales do Jequitinhonha, Mucuri e Norte de Minas (SEDVAN) e o Instituto de Desenvolvimento do Norte e Nordeste de Minas (IDENE), como resultado de convênio firmado com o MDS, irão construir 4.500 cisternas para captação de água de chuva em 54 municípios mineiros (IDENE, 2007a). No ano de 2007 iniciou-se o Programa “Cisternas no Semi-árido”, com a construção das cisternas em vários municípios (dentre esses, os municípios de Almenara, Araçuaí, Berilo, Cristália, Itaobim, Itinga, Jequitinhonha, Jordânia, Padre Paraíso e Ponto dos Volantes) (IDENE, 2007b), onde se desenvolvem as ações de construção de cisternas do Programa P1MC.

As ações algumas vezes se superpõem, quando buscam o atendimento aos municípios com os mais baixos índices de desenvolvimento humano, sendo que, eventualmente, não têm continuidade ou monitoramento de sua eficácia. Essa questão remete novamente à necessidade da elaboração dos planos diretores, priorizando as ações e estabelecendo elementos para controle e sustentabilidade das respectivas iniciativas.

6.3 - A atuação de organizações não governamentais

A lacuna existente relativa ao abastecimento de água às populações rurais, especialmente àquelas dispersas em pequenos aglomerados e povoados, conduziu à mobilização de diversas organizações não governamentais para o desenvolvimento de alternativas como a construção de cisternas para acumulação de água de chuva e construção de micro-barramentos. Essas iniciativas foram acolhidas pelo poder público, inicialmente por intermédio da ANA, do MMA e, atualmente, pelo MDS.

Apesar de todo o mérito e empenho das ONGs na implantação do maior número de cisternas, vários aspectos concernentes à sustentabilidade dessas unidades não têm sido observados nas construções, tais como: i) correto dimensionamento em função do número de habitantes por moradia; ii) melhoria e padronização das técnicas de cura e impermeabilização das placas das cisternas; iii) investimentos na melhoria e, eventualmente, na expansão dos telhados; iv) instalação de novos dispositivos para segurança sanitária das unidades; v) monitoramento da qualidade da água; e vi) avaliação do programa.

As questões relativas à manutenção das unidades, bem como aquelas relativas ao correto manuseio e tratamento da água, têm sido repassadas aos próprios usuários por intermédio de cursos de capacitação e treinamento, quando do período de construção das cisternas. Sem se menosprezar a iniciativa, há que rever a ocorrência de algumas falhas nos processos de aprendizagem resultando, desta forma, no consumo de água imprópria, como apontam diversos relatórios de avaliação dos programas de construção das cisternas.

A avaliação do Programa P1MC realizada no período de junho de 2005 a abril de 2006, pelo Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS, 2007), a partir de amostra de 4.264 cisternas distribuídas em 11 estados onde se desenvolve o programa, conclui pela efetividade da ação em suprir as necessidades de água para consumo humano dado a satisfação expressa por 97,31% dos beneficiários entrevistados. A mesma pesquisa aponta, entretanto, a verificação de problemas quanto à potabilidade e qualidade da água das cisternas em 44,7% das análises efetuadas em 396 cisternas, indicando a necessidade da melhoria da capacitação das famílias para o manejo das cisternas e tratamento da água para consumo.

Por vezes as limitações orçamentárias impostas nos programas têm impedido um maior investimento nas soluções individuais que cada caso requer. Não há como padronizar, senão por intermédio de um diagnóstico prévio em cada localidade, dimensionando-se em função

dos diversos parâmetros as unidades a serem construídas, otimizando-se, assim, os investimentos e garantindo maior vida útil para cada unidade. Também os investimentos em programas de educação ambiental e sanitária devem ser dimensionados em função das demandas locais. Dessa forma os custos poderão ser aprovados pelos organismos financiadores e as cisternas poderão ter as diversas configurações adequadas aos dados de chuva, às áreas e tipos de telhados, ao número de moradores, aos períodos de estiagem e aos consumos diários.

6.4 - A necessidade de estudos e pesquisas

Os resultados dos projetos do Programa PROÁGUA/Semi-árido utilizados na avaliação dos sistemas convencionais e alternativos de suprimento de água, realizados nas bacias dos rios Pardo e Jequitinhonha, em Minas Gerais, podem ser considerados como projetos demonstrativos que trouxeram experiências válidas e forneceram subsídios à elaboração dos diagnósticos do Projeto Vida do Vale.

As experiências realizadas com a introdução de trabalhos de envolvimento das comunidades trouxeram contribuições para compreensão das realidades locais. As lições aprendidas indicam a necessidade de novas pesquisas e desenvolvimento de metodologias, que se iniciam na concepção dos projetos, passam pelo desenvolvimento das obras e evoluem para novas formas de administração, operação e manutenção das benfeitorias e ações implementadas. Alguns pontos merecem destaque e, certamente, deverão ser objeto de estudos mais aprofundados:

a) O planejamento e ação conjunta no desenvolvimento das políticas públicas – Partindo-se de um Programa do Governo Federal que visava a ampliação da oferta de água na região semi-árida e contando com financiamento internacional, o estado de Minas Gerais desenvolveu um projeto inicial contemplando os municípios, distritos e localidades de uma bacia hidrográfica (a do rio Mosquito), visando a universalização do abastecimento de água. Contando com a interveniência das prefeituras locais, associações de usuários e, ainda, o comitê de bacia hidrográfica, buscou-se a aplicação de um dos fundamentos expressos na Política de Recursos Hídricos, que é o gerenciamento descentralizado e participativo dos recursos hídricos;

b) A visão do saneamento ambiental integrado - Diversas ações incorporadas na concepção do Sistema Águas Vermelhas, incluindo a implantação de sistemas de esgotamento sanitário,

coleta e disposição de resíduos sólidos, controle da esquistossomose e ainda recuperação e revitalização do rio Mosquito, demonstraram a evolução de uma visão setorial – o abastecimento de água, para um olhar sistêmico, no qual várias intervenções se tornam necessárias para a garantia da sustentabilidade do projeto e ampliam as possibilidades de melhoria da qualidade de vida das populações locais; e

c) O desenvolvimento de novas tecnologias - A utilização da tecnologia do ferrocimento na construção de diversas unidades, em substituição a unidades pré-fabricadas metálicas e de fibra de vidro, surgiu como modificação dos projetos iniciais, resultante da necessidade de utilizar-se de forma mais intensiva a mão de obra local. A introdução dessa alternativa trouxe economias aos projetos que resultaram em expansão de outros benefícios como, por exemplo, extensões de redes de água e novas ligações domiciliares.

Novas pesquisas são requeridas na escolha dos materiais e tecnologias que visem a redução dos custos das obras, assim como a construção dos sistemas simplificados de abastecimento (principalmente estações de tratamento e reservatórios) em módulos ou estágios que acompanhem o crescimento demográfico de cada localidade.

É possível verificar que as taxas de crescimento populacional no meio rural diferem das respectivas sedes municipais e que diferem entre municípios numa mesma bacia hidrográfica, em função das respectivas dinâmicas econômicas e sociais. Os projetos de abastecimento de água devem observar as peculiaridades locais, o que requer estudos de viabilidade antecedentes aos projetos básicos e executivos das obras.

Na bacia do rio Jequitinhonha, verifica-se a necessidade da ampliação de estudos de alternativas e soluções para o aproveitamento das fontes hídricas, como, por exemplo: i) recuperação e aparelhamento de poços profundos existentes; e ii) construção de barragens subterrâneas e micro-barramentos para aproveitamento das águas de chuvas.

Diversas formas sustentáveis de administração, operação e manutenção de sistemas de abastecimento podem ser estudadas, como, por exemplo, a formação de consórcios de municípios, associação de usuários e outras configurações previstas em lei, que podem se tornar concessionárias da prestação dos serviços de abastecimento público, assim como responsáveis pela elaboração dos respectivos planos de operação (PAOMs).

Mais estudos e pesquisas no aproveitamento das águas de chuva também são requeridos, tendo em vista o número de cisternas já instaladas na região semi-árida mineira. Algumas lições aprendidas indicam a necessidade de novos estudos e avaliações, como aquelas realizadas por Silva (2006) a respeito da qualidade das águas armazenadas nas cisternas e utilizadas pelas comunidades rurais do município de Araçuaí, na região semi-árida mineira.

São imprescindíveis novas pesquisas sobre as técnicas construtivas e avaliações sobre a durabilidade das cisternas já construídas, de forma a subsidiar a continuidade dos programas, adotando-se as melhores técnicas da engenharia.

Torna-se também importante a continuidade das pesquisas e investigações sobre a proteção sanitária das cisternas e das pesquisas sobre a participação das comunidades nos trabalhos de construção das cisternas em regime de mutirão.

6.5 - Os investimentos e as fontes de financiamento

Nos estudos sobre as necessidades de investimento financeiro há de se considerar duas principais demandas: investimentos para implantação dos sistemas de abastecimento de água e investimentos para a administração, operação e manutenção dos respectivos sistemas durante sua vida útil programada.

Há, certamente, uma variação no custo médio da expansão de redes de abastecimento de água, assim como na implantação de novos sistemas a serem destinados a comunidades rurais.

Torna-se um problema complexo determinar exatamente os custos necessários para implantação de sistemas de abastecimento de água, principalmente no meio rural, devido à relativa pequena escala dos sistemas individualizados ou mesmo integrados. Os custos dos sistemas se referem diretamente à diversidade de concepções, em função das alternativas de captação superficial ou subterrânea de água, do número de tomadas de água, das elevações dos terrenos, da necessidade de estações elevatórias e reservatórios, da necessidade de tratamento da água (tratamento completo ou simples desinfecção), do adensamento populacional, do número de usuários, dentre outras variáveis.

Têm-se diversas estimativas referentes a custos médios de disponibilização de água para abastecimento humano, para localidades com 100 a 1.000 domicílios, partindo-se de captações em reservatórios naturais ou artificiais, captações superficiais ou subterrâneas e,

ainda, a partir de fornecimentos alternativos, como carros-pipa. Há uma grande variação no custo médio da expansão das redes de abastecimento de água. Alguns estudos preliminares nas regiões nordeste e centro-oeste do país, elaborados para o Banco Mundial pelo II Projeto de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS2), apresentaram custos médios da ordem de R\$ 500,00 a R\$ 600,00 por domicílio (preços básicos de 2002) (MARGULIS *et al.*, 2002).

Esse, certamente, é um tema para outras pesquisas mais aprofundadas que ultrapassam os objetivos deste trabalho, mas que auxiliariam no correto dimensionamento dos investimentos necessários para atingir metas de universalização do abastecimento de água na região semi-árida mineira.

É possível, entretanto, estimar os investimentos necessários tomando-se como referência os custos médios de R\$ 400,00 a R\$ 500,00 por habitante, obtidos nesta pesquisa, partindo-se de projetos implantados por intermédio do Programa PROÁGUA/Semi-árido e estudos de viabilidade do Projeto Vida no Vale, que são compatíveis com a região estudada.

Após o conhecimento ou estimativa do montante de recursos financeiros necessários (número de habitantes x custo por habitante), quem se responsabiliza pelos investimentos? Qual é o prazo para o atendimento às metas de universalização do abastecimento humano?

Ao final desta pesquisa, essas perguntas parecem iniciais, entretanto parece esclarecido que as políticas públicas a serem adotadas darão as respostas necessárias. A priorização de investimentos das políticas públicas de recursos hídricos e de saneamento básico, segundo cronogramas a serem definidos em planos plurianuais, poderá assegurar os recursos necessários para consecução das metas pretendidas, em regiões que apresentem dificuldades reconhecidas no financiamento próprio.

Parece claro, nesses casos, que a maior parte dos investimentos, senão a sua totalidade, deverá ser realizada pelo poder público de forma não reembolsável (não onerosa) ou, quando possível, uma parcela poderá ser amortizada por meio da cobrança de tarifas pagas pelos usuários. Diversas fontes de financiamento são disponibilizadas nos Programas e Projetos e Ações das três esferas de governo, sendo necessário o correto direcionamento aos projetos sustentáveis de suprimento de água.

A outra demanda de recursos financeiros é aquela necessária à administração, operação e manutenção dos sistemas convencionais ou alternativos de abastecimento de água. Essa tem

sido, talvez, a maior dificuldade encontrada para as tomadas de decisões e definições quanto aos investimentos nos sistemas de abastecimento de água.

Os sistemas de abastecimento de água nas áreas rurais, especialmente na região semi-árida mineira, não são implantados, como desejado, tendo em vista as falhas existentes no modelo tarifário adotado. Por serem considerados deficitários, os sistemas de saneamento básico são postergados ou não são implantados até que se tenha uma relação custo x benefício positiva. Novas formas de administração, operação e manutenção desses sistemas deverão ser implementadas, com a adoção de tarifas compatíveis com as respectivas capacidades de pagamento dos usuários, utilizando-se subsídios cruzados ou diretos, quando necessário.

A gestão dos recursos hídricos no estado de Minas Gerais, em seus aspectos de planejamento e gerenciamento, deve incorporar as especificidades da região semi-árida, observando os recortes territoriais mais adequados para o encaminhamento das ações. Especificamente, a região semi-árida mineira mereceria um reexame por parte do IGAM na redefinição das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, priorizando a implementação dos instrumentos de gerenciamento naquela região, agregando a participação efetiva das entidades municipais.

7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 - Conclusões

Com os estudos desenvolvidos na bacia demonstrativa do rio Jequitinhonha, a partir do levantamento das disponibilidades hídricas e verificação da viabilidade da implantação de sistemas convencionais de abastecimento de água e de captação de água de chuva naquela bacia, e ainda com as discussões apresentadas, pode-se corroborar a primeira hipótese formulada no capítulo 1 desta pesquisa: é possível atender as demandas de água para consumo humano dos núcleos populacionais e famílias dispersas nas áreas rurais da região semi-árida mineira com o conhecimento atual das técnicas de suprimento de água.

A metodologia poderá ser aplicada a outras bacias hidrográficas da região semi-árida mineira, sendo possível ainda agregar-se novos critérios e sub-critérios mais apurados de maneira a atender às especificidades locais.

A revisão sobre as políticas públicas adotadas e as discussões sobre a técnica de captação de água de chuva demonstraram a necessidade de se incorporar, de maneira formal, tal alternativa de suprimento de água para consumo humano nas políticas de recursos hídricos e de saneamento básico. Verificou-se a segunda hipótese formulada nesta pesquisa: as políticas públicas voltadas para regiões semi-áridas devem ser adaptadas e complementadas, visto a necessidade de se regulamentar mecanismos para o cadastramento das cisternas e o monitoramento da qualidade das águas reservadas e utilizadas, constituindo-se como responsabilidade do poder público o gerenciamento dessa técnica alternativa de suprimento de água.

Do desenvolvimento do trabalho e das discussões apresentam-se como conclusões da pesquisa:

1. A escassez hídrica na região semi-árida mineira está de alguma forma relacionada ao mau aproveitamento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos existentes. Diversos estudos de disponibilidade hídrica, especialmente na bacia do rio Jequitinhonha, indicam as possibilidades de abastecimento das populações urbanas e rurais a partir da implementação de sistemas convencionais de abastecimento de água;

2. A partir da priorização dos investimentos públicos na recuperação e revitalização de mananciais naturais e reservatórios de múltiplos usos, poderão ser projetados sistemas simplificados de suprimento de água, adequados às respectivas localidades, integrando ainda as ações e iniciativas para o desenvolvimento da agricultura intensiva e outras formas de atividades produtivas;
3. Estudos e pesquisas mais aprofundados são requeridos no desenvolvimento das técnicas de aproveitamento das águas de chuvas para consumo humano, de forma que essas possam se constituir em uma alternativa viável e segura para o atendimento às populações dispersas no meio rural;
4. Os projetos de captação de água de chuva e a construção de cisternas são ainda notoriamente frágeis quanto à sustentabilidade requerida em seus aspectos de manutenção da qualidade das águas e manutenção das unidades construídas;
5. As populações no meio rural na região ainda não estão devidamente mobilizadas e informadas sobre as possibilidades de aproveitamento das águas de chuva e não se encontram suficientemente organizadas para o gerenciamento das estruturas construídas; e
6. As políticas públicas adotadas pelas três esferas de governo não são integradas e ainda prevalecem visões setoriais, havendo superposição de esforços e desperdício de iniciativas não continuadas.

Todas essas questões remetem à necessidade da implementação de políticas eficazes de recursos hídricos, de saneamento básico e de irrigação, por meio de Planos Estratégicos de Ação.

7.2 - Recomendações

Neste trabalho foram apresentados alguns resultados relativos à aplicação da metodologia proposta na bacia do rio Jequitinhonha, considerada demonstrativa da região semi-árida mineira. Certamente, pela importância do tema da gestão de recursos hídricos e pela complexidade das questões associadas, não se pretendeu apresentar soluções definitivas e pormenorizadas, mas tão somente avaliar alguns aspectos considerados indispensáveis na implantação de sistemas de suprimento de água para consumo humano, notadamente nas áreas rurais das regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais.

Apresentam-se como recomendações para futuras pesquisas e continuidade na investigação das soluções para convívio das populações com os episódios de secas nas regiões semi-áridas:

1. Desenvolvimento de avaliações para outras formas alternativas para suprimento de água para consumo humano e agricultura familiar em regiões de escassez hídrica;
2. Aprimoramento dos planos diretores de recursos hídricos e de saneamento básico que contemplem o atendimento de metas de universalização do acesso à água em quantidade e qualidade compatíveis com o desenvolvimento humano;
3. Complementação de dispositivos nas legislações de recursos hídricos e de saneamento básico que incorporem as técnicas alternativas de captação de água de chuva, contendo ainda incentivos econômicos e financeiros para as suas respectivas implementações; e
4. Elaboração de estudos que possibilitem a melhoria das técnicas de construção das cisternas para captação de água de chuva e desenvolvimento de um eficiente plano de administração, operação e manutenção do conjunto de cisternas já implantadas.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE – Agência de Desenvolvimento do Nordeste: Região semi-árida da área de atuação da SUDENE – conceito. Ministério da Integração Nacional, Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.adene.gov.br/semiarido/index.html>> . Acesso em: 24 jan.2003.

APPAN, A, SENG, S.,W, Runoff absorption potential of roofing materials. In.: INTERNATIONAL RAINWATER CACTHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 10, Mannheim. *Proceedings* ...Germany, IRCSA, 2001.

AMS – American Meteorological Society: Glossary of Meteorology, 2000, second edition. Disponível em: < <http://amsglossary.allenpress.com/glossary>>. Acesso em 02 mar.2005.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Versão Preliminar – Resumo Executivo e Estudo Técnico de Apoio do PBHSF nº 16*, ANA/GEF/PNUMA/OEA, Brasília, DF, 2004, 174p.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: síntese executiva com apreciação das deliberações do CBHSF aprovadas na III Reunião Plenária de 28 a 31 de julho de 2004 / Agência Nacional de Águas*, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Brasília, DF, 2005, 152p.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água: alternativas de oferta de água para as sedes municipais da região nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais*, ANA, SPP, Consórcio Engecorps/ Projetc/ Geoambiente/ Riverside Technology, Brasília, DF, 2006, 154p.

ANA – Agência Nacional de Águas. Sistema de informações hidrológicas: hidroweb. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 21 mai.2007.

ARAÚJO, J. C., MOLINAS, P. A.; LEÃO JOCA, E. L.; BARBOSA, C. P.; BEMFEITO, C. J. S.; CARMO BELO, P. S., Custo de disponibilização da água por diversas fontes no Ceará. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza – CE, v. 36, n. 2, abr-jun, 2005. p 281-308.

ASA Brasil – Articulação do Semi-árido Brasileiro. Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-árido: Um milhão de Cisternas Rurais P1MC, Sumário Executivo, Recife, 2003, 46p.

ASA Brasil – Articulação do Semi-árido Brasileiro. Resultados do Programa P1MC. Disponível em <http://www.asabrasil.org.br> . Acesso em 14 mar. 2007a.

ASA Brasil – Relação dos municípios / comunidades atendidas – comunicação pessoal - relatório impresso e fornecido em 14 mar. 2007b, 23p.

BABU, R., A , *Roof top rain water harvesting systems in Deccan Plateau Region, Andhra, Pradesh, India*. In.: INTERNATIONAL RAINWATER CACTHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 12, Delhi. *Proceedings* ...Delhi, India, IRCSA, 2005.

BANCO MUNDIAL. *Gerenciamento de recursos hídricos*. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília - DF, 1998. 292 p.

BANCO MUNDIAL. *Combate à Pobreza Rural no Brasil: uma estratégia integrada*, v1: Resumo, Brasília – DF, 2001, 83p.

BANCO MUNDIAL. *Estratégias de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial*, 1ª ed., Brasília - DF, 2003, 204p.

- BARRAQUÉ, B. Problématique sociologique de la gestion intégrée des rivières. In: LE COZ, C. *Gestion intégrée des milieux aquatiques*. Paris: Presse de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1994. p. 9-21.
- BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais, *Minas Gerais do Século XXI, Volume II - Reinterpretando o Espaço Mineiro*, BDMG, Rona Editora, Belo Horizonte - MG, 2002, 336p.
- BOMSTEIN, D. Agences de l'eau: le rapport qui fache. *Techniques-sciences-méthodes*, n.12, 1997, p. 6-7.
- BRASIL. Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, Código de Águas. In: Código de Águas e legislação Correlata, Senado Federal, Coleção Ambiental, v1, Subsecretaria de Edições Técnicas, Brasília – DF, 2003, 234p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. *Cartilha da nova delimitação do semi-árido brasileiro*. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, Brasília, MI, 2005, 35p.
- BRASIL. Tribunal de Contas da União, *Avaliação da Ação Construção de Cisternas para armazenamento de água* / Tribunal de Contas da União; Relator Ministro Guilherme Palmeira, Brasília, TCU, Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo, 2006, 44p.
- CAMDESSUS, M., BADRÉ, B., CHÉRET, I. BUCHOT, P. F. T., *Água. Oito milhões de mortos por ano. Um escândalo mundial*, trad. Maria Ângela Vilela, Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2005, 271p.
- CAMPOS, J. N. B., Vulnerabilidade do semi-árido às secas sob o ponto de vista dos recursos hídricos – resumo. In: Projeto Áridas, Grupo de Trabalho: Recursos Hídricos, Projeto nº 9 – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, 1995. Disponível em: <http://www.iica.org.br/cgi-win/aridas.exe/lista>. Acesso em: 25 jan. 2003.
- CHRISTOFIDIS, D., *Olhares sobre a política de recursos hídricos no Brasil: o caso da bacia do rio São Francisco*, Brasília, Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2001, 432p. Tese (Doutorado em Gestão e Política Ambiental), Universidade de Brasília - DF, 2001.
- CIRILO, J.A.; COSTA, W.D., *Barragem subterrânea: experiência em Pernambuco*. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9, Petrolina – PE, 1999 [Anais eletrônicos...] Brasil, 1999. 1 CD-ROOM.
- CIRILO, J. A.; ABREU, G. H. F. G.; COSTA, M. R.; BALTAR, A. M.; AZEVEDO, L. G., Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semi-árido brasileiro: avaliação de barragens subterrâneas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.8, n.4, p.5-24, out./dez.2003.
- COELHO, J., *As secas do nordeste e a indústria das secas*, Editora Vozes, Petrópolis – RJ, 1985, 88p.
- COELHO, M. F. C. D., SOLERO, V. T., BOSON, P. H. G., Unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15, Curitiba – PR, 2003. [Anais eletrônicos...] Porto Alegre: ABRH, 2003.
- COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. *Relatório de Recursos Hídricos: Documento Técnico para elaboração do Projeto Vida no Vale*, Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Divisão de Hidrologia – DVHD, COPASA MG, Planilhas, 2006.
- COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Tarifas e Contas. *Tabela de Tarifas*. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br>>. Acesso em 22 fev.2007.

- COSTA, C. T., PUERARI, E. D., CASTRO, M. A. H., Barragem subterrânea: a experiência do estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 6, Maceió – AL, 2002. [Anais eletrônicos...] Porto Alegre: ABRH, 2002.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil, *Atlas digital dos recursos hídricos subterrâneos do vale do rio Jequitinhonha, Minas Gerais e Bahia*, Fortaleza, CE, CPRM / PRODEEM, 2005, CD - rom.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Programa SIAGAS, 2006. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em 6 fev. 2007.
- CRUZ, H. P., COIMBRA, R. M., FREITAS, M. A. V., Vulnerabilidade climática e recursos hídricos do nordeste. In: FREITAS, M. A. V. (Ed) “*O Estado das Águas no Brasil – 1999*”. ANEEL/ MMA/ SRH – OMM, 1999, p 273-283.
- DNOCS – Departamento Nacional de Obras contra as Secas. O papel do DNOCS no semi-árido nordestino. Ministério do Interior, Fortaleza, 1983, 87p.
- DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. História. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br>> . Acesso em: 20 mar. 2005.
- DOWNING, T. E., Vulnerability and global environmental change in semi-arid tropics: modeling regional and household agricultural impacts and responses. Presented at ICID, Fortaleza, CE, Brasil, 1992.
- FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations, Soil and water conservation in semi-arid areas, Bulletin n. 57, Rome, 1987, 172p.
- FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations, Training course on water harvesting for improved agricultural production: Land and water digital series #26. Org. SIEGERT, K., PRINZ, D., WOLFER, S., 2003. Versão em português: GNADLINGER, J., PALMIER, L., HERNANDEZ-BERNAL, N., FAO - ABCMAC. Brasil, 2006, CD rom.
- FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. *A questão ambiental em Minas Gerais: discurso e política*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Centro de Estudos Históricos e Culturais, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 1998. 328p
- GARRIDO, J. R., Combate à seca e a gestão dos recursos hídricos no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. (Ed) “*O Estado das Águas no Brasil – 1999*”. ANEEL/ MMA/ SRH – OMM, 1999, p 285-318.
- GNADLINGER, J., Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1, 1997, Petrolina, PE. [Anais eletrônicos...] Petrolina: Embrapa - Semi-árido, 1997.
- GNADLINGER, J., Rainwater harvesting in rural areas, IRPAA – Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada, Juazeiro, BA, 2000.
- GUERRA, P. B., *A civilização da seca*, Ministério do Interior, DNOCS, Fortaleza, 1981, 324p.
- HALL, A. L., Drought and irrigation in northeast Brazil, Cambridge University Press, Cambridge, ISBN 0 521 21811 X, 1978, 150p.
- HELLER, L., NASCIMENTO, N. O., PAIVA, J. E. M., Saneamento. In: *Minas Gerais do Século XXI.V3 – Infra-estrutura: sustentando o desenvolvimento*, BDMG, Rona Editora, Belo Horizonte, MG, 2002. p 249-300.

HELLER, L., Política pública e gestão dos serviços de saneamento a partir de uma visão de saúde pública. In: ENCONTRO POR UMA NOVA CULTURA DA ÁGUA NA AMÉRICA LATINA, ABRH, ASSEMAE, FNA, IRN, Fortaleza, CE, [Anais ...] Fortaleza: ABRH, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro, IBGE, CD Rom, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Populacional 2000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

IDENE – Instituto de Desenvolvimento do Norte e Nordeste de Minas Gerais - Municípios atingidos pela seca serão beneficiados com cisternas – Notícias. 2007a. Disponível em <<http://www.idene.mg.gov.br>>. Acesso em 2 jul. 2007.

IDENE – Instituto de Desenvolvimento do Norte e Nordeste de Minas Gerais - Licitação: Pregão Cisternas 2007b. Disponível em <http://www.idene.mg.gov.br/idene_licitacoes.htm>. Acesso em 2 jul. 2007.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas: *Relatório técnico preliminar: Sistema Araçuaí IB*, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, PROÁGUA/UEGP/MG, Belo Horizonte, IGAM, 2004, 120p.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas: SIMGE, mapas climáticos, 2003. IGAM, 2005a Disponível em:<<http://www.simge.mg.gov.br/climas/mapas/mensais/2003/mrr1303.gif>>. Acesso em: 24 jan.2005.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Relatório de monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Jequitinhonha em 2004*, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, IGAM, 2005b, 167p.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Primeira Etapa do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. *Relatório técnico nº 1 – estudos de caracterização dos recursos hídricos no estado de Minas Gerais*, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, TC/BR Tecnologia e Consultoria Brasileira S. A, Belo Horizonte, MG, IGAM, 2006a, 156p.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Primeira Etapa do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. *Relatório técnico nº 6 – avaliação dos planos diretores de recursos hídricos existentes*, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, TC/BR Tecnologia e Consultoria Brasileira S. A, Belo Horizonte, MG, IGAM, 2006b, 84p.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas: Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, Disponível em:<<http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/mapas>>. Acesso em: 18 jan.2007.

LEAL, M. S., *Gestão ambiental de recursos hídricos por bacias hidrográficas: sugestões para o modelo brasileiro*. 1997. 272p. Dissertação (Mestrado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997.

LIBÂNIO, P. A. C., *A implementação da política nacional de recursos hídricos e sua interface com aspectos de qualidade de água: implicações da gestão de recursos hídricos para o controle da poluição hídrica e para o setor de saneamento*. 2006. 426p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – UFMG, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

LUME – ESTRATÉGIA AMBIENTAL LTDA, *Plano de Administração, Operação e Manutenção do Sistema Águas Vermelhas*, Volume 4A, versão preliminar, Programa PROÁGUA/Semi-árido, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, IGAM, Belo Horizonte, 2006. 84p.

- MACIEL Jr, P. Zoneamento das águas. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, MG, IGAM, 2000, 112p.
- MAGALHÃES, A. R., GARAGORRY, F. L, GASQUES, J. G., MOLION, L. C. B., NOBRE, C. A., PORTO, E. R., REBOUÇAS, O. E., The effects of climatic variation on agriculture in northeast Brazil. In: PARY, M. L., CARTER, T. R., KONJIN, N. T. (Ed.) *The impact of climatic variations on agriculture*, v2, Assessments in semi-arid regions. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1998. p.273-300.
- MAGALHÃES, A. R., Desenvolvimento comunitário e combate à pobreza no nordeste, depoimento a Marcos de Sá Corrêa, Banco Mundial, 2000. Disponível em: <http://www.bancomundial.org.br>. Acesso em 05 dez.2006.
- MARGULIS, S. *Introdução à economia dos recursos naturais*. In: Margulis, Sérgio (Org.). Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos, Rio de Janeiro, PNUD/IPEA, 1990.
- MARGULIS, S., HUGHES, G., GAMBRILI, M., AZEVEDO, L. G., *Brasil: a gestão da qualidade da água: inserção de temas ambientais na agenda do setor hídrico*, Banco Mundial, Brasília, 2002, 62p.
- MATALLO, H., Preliminary proposal of indicators for evaluating and monitoring desertification processes in Latin America and the Caribbean, Antigua, International Convention to Combat Desertification, 1998, 34p.
- MAUAD, S. A., Relatório interno sobre o fornecimento de água tratada em caminhões-pipa para o período julho/2007 a janeiro/2008. Comunicação Pessoal. Assessoria da Diretoria de Meio Ambiente, COPASA-MG, julho, 2007.
- MDS. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, *Avaliação ambiental da performance do programa cisternas do MDS em parceria com a ASA*. In.: Cadernos de Estudos Desenvolvimento Social em Debate, v5, Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação, Brasília, MDS, 2007, 132p. p 74-76.
- MENDONÇA, M. C., *Legislação de recursos hídricos: compilação, organização e comentários*. Instituto Mineiro de Gestão das Águas, IGAM, Belo Horizonte, 2002, 420p.
- MI. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional – SDR, Agência de Desenvolvimento do Nordeste – ADENE, *Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Semi-árido*: documento base 1 – versão para discussão, Brasília, 2005, 137p.
- MI. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica – SIH, Ministério de Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, *Programa de combate à desertificação – Proágua/Semi-árido – antidesertificação*, Brasília, MI, 2006, 259p.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana - SEDRU, *Convivência responsável com a seca: anteprojeto de plano estratégico de ação*, SEDRU, Belo Horizonte, Minas Gerais 2004 a, 53p.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão, *Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado – PMDI*, Rona Editora, Belo Horizonte, Minas Gerais 2004b, 160p.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Subsecretaria de Planejamento e Orçamento. Superintendência Central de Planejamento, *Revisão do Plano Plurianual de Ação Governamental PPAG 2004 – 2007, referente ao exercício de 2007*, Belo Horizonte, Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais, 2006, 252p.

- MMA. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, *PAN-Brasil, Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação*, Edições MMA, Brasília, 2004, 225p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos/ Recursos Hídricos/ SINGREH. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2005.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, *Plano Nacional de Recursos Hídricos: diretrizes*, volume 3, Brasília, 2006a, 33p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, *Plano Nacional de Recursos Hídricos: programas nacionais e metas*, volume 4, Brasília 2006b, 68p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, *Plano Nacional de Recursos Hídricos: programas nacionais e metas, síntese executiva*, Brasília 2006c, 135p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, *Concepção estratégica de um sistema de gerenciamento orientado para resultados do Plano Nacional de Recursos Hídricos – SIGEOR*, versão preliminar, fev. 2007, Brasília, 2007, 37p.
- MORENO, C. A., A colonização e o povoamento do baixo Jequitinhonha no século XIX: a guerra contra os índios, Canoa das Letras, Belo Horizonte, 2001, 192p.
- NASCIMENTO, N. O., HELLER, L., Ciência tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.10, n 1, 2005, p. 36-48.
- NOBRE, P., CAVALCANTI, I. F. A., The prediction of drought in the Brazilian northeast: progress and prospects for the future. In: *Drought A Global Assessment*, (Ed.) Donald Wilhite, Routledge, London, ISBN 0-415-16834-1, v.1, 389p, p.68-82, 2000.
- OEA - Organization of America States, United Nations Environment Program (UNEP), *Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and Caribbean*. Unit of Sustainable Development and Environment, OEA, Washington, D.C., 1997, 275p.
- OTONI, T., Notícias sobre os selvagens do Mucuri. Org.: Regina Horta Duarte, Editora UFMG, Belo Horizonte, 2002, 184p.
- PALMER, W.C., Meteorological Drought, Research paper n. 45, US Weather Bureau, Washington, D.C., 1965.
- PALMIER, L. R., A necessidade das bacias experimentais para avaliação da eficiência de técnicas alternativas de captação de água na região semi-árida do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3, Campina Grande, PB, *Anais...* Campina Grande, ABCMAC, 2001.
- PALMIER, L. R., Water harvesting in Latin America and the Caribbean: causes of failures, recommendations and trends. Invited keynote paper. In.: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 11, Ciudad de México, [*Proceedings...*] México, 2003. 1CD-ROOM.
- PENMAN, H. L. The Physical Bases of Irrigation Control. In.: Report 13th INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 2, Royal Horticultural Society, London, 1953, p.913-924.
- PETRY, B. Water scarcity and water management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN THE 21TH CENTURY, Cairo-Egypt. *Proceedings ...*Cairo, 1999.

PETRY, B., *Water management in arid and semi-arid regions –issues and expectations*, Key note in the INTERAMERICAN DIALOGUE ON WATER MANAGEMENT, 4, Foz do Iguaçu, Brasil, 2001.

PLANVALE, *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, Gepar. Minas Gerais, 1995.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Instituto de Pesquisas Econômicas e Administrativas – IPEA, Fundação João Pinheiro – FJP, *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil: municípios do Estado de Minas Gerais*, Belo Horizonte – MG, 2003.

PNUD - 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, 2006, 240 p.

PONCE, V. M., Management of drought and floods in the semi-arid Brazilian Northeast: the case for conservation, Special Issue: *Water Research and Management in Semi-arid Environments*, Soil & Water Conservation Society, v.50, n.5, 1995, 442p.

PRAXIS – Consultoria e Projetos S/C Ltda. Abastecimento de água em pequenas comunidades rurais dispersas no semi-árido brasileiro - síntese dos resultados dos estudos de caso: Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte, BNWPP / Banco Mundial, Brasília, 2002, 46p.

PRINZ, D., SINGH, A. K., *Technological potential for improvement of water harvesting*, Study Report for the World Commission on Dams, Cape Town, South Africa, 2000, 10p.

REID, G. W., *Lesson of history in the desing and acceptance of rain water cistern systems*. In: INTERNATIONAL RAINWATER CACTHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 1, Honolulu, Hawaii, USA, IRCSA, 1982.

RURALMINAS – Fundação Rural Mineira, Universidade Federal de Viçosa, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, *Atlas Digital das Águas de Minas: uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos*, CD rom, Ruralminas, UFV, IGAM, 2005.

SANTIAGO, L., *O vale dos boqueirões: história do vale do Jequitinhonha*, Edições Bocas das Caatingas, Almenara, v.1, 1999, 378p.

SARMENTO, R., PELISSARI, V. B., Determinação da vazão residual dos rios: estado da arte. In.: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13, Belo Horizonte, MG, Anais...Porto Alegre, ABRH, 1999.

SCHVARTZMAN, A. S., DINIZ, M. G. M., Outorga de uso das água no Estado de Minas Gerais: avaliação preliminar e pesquisa de índices. In.: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14, Aracajú, SE, Anais... Porto Alegre, ABRH, 2001.

SETTI, A. A. Curso introdução à gestão de recursos hídricos. Notas de aula. Belo Horizonte: Plano Nacional de Capacitação em Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 1997, 249p.

SEPLAG – Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais, *Projeto Vida no Vale – Resumo Executivo*, versão preliminar, SEPLAG, Belo Horizonte, MG, 2007. 112 p

SIDNEY, E. L., CHARCHAR, R. E. C., *Estudo comparativo de custos para construção de estações de tratamento de água com a utilização da tecnologia do ferrocimento e outras*. 2003. 62p. Monografia (Especialização em Saneamento Ambiental) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, CEFET/ MG, 2003.

- SILVA, C. V., *Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenada em cisterna de placa. Estudo de caso: Araçuaí, MG*. 2006. 117p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, UFMG, 2006.
- SISTE, C. E., comunicação pessoal, Setor de Programas Sociais - Fundo Cristão para Crianças - FCC, maio 2007, 2p.
- SOUZA, B. I., SILANS, A. M. B. P.; SANTOS, J. B., Contribuição ao estudo de desertificação do Taperoá. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, v. 8, n. 2-3, mai-dez, 2004. P. 292-298.
- SOUZA, S. M. T. *Deflúvios superficiais no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Hidrosistemas / Copasa, 1993. 264p.
- SOUZA, S. M. T., *Disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Hidrosistemas / Copasa, 1995. 525p.
- SOUZA FILHO, F. A., Variabilidade e mudança climática nos semi-áridos brasileiros. In.: TUCCI, C. E. M., BRAGA, B., *Clima e Recursos Hídricos no Brasil*. Porto Alegre: ABRH, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v9, 2003. p. 77-111.
- SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste: *Região nordeste do Brasil em números*, Recife: Ministério da Integração Nacional, 2003. 170p.
- THORNTHWAITE, C. W., Atlas of climatic types in the United States, Miscell Publ. N.421. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1941, 250p.
- TIGRE, C. B., *Barragens subterrâneas e submersas como meio rápido e econômico de armazenamento de água*. Anais do Instituto do Nordeste, 1946. In.: CIRILO, J. A.; ABREU, G. H. F. G.; COSTA, M. R.; BALTAR, A. M.; AZEVEDO, L. G., Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semi-árido brasileiro: avaliação de barragens subterrâneas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.8, n.4, p.5-24, out./dez.,2003.
- VIANA, A. P. F., *Avaliação de barragens subterrâneas no médio vale do Jequitinhonha, MG*. 2006. 127p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, UFMG, 2006.
- VIEIRA, V. P. P. B., Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semi-árido. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.8, n.2, p. 7-17, abr./jun.2003.
- VILLA, M. A., *Vida e morte no sertão: história das secas no nordeste nos séculos XIX e XX*. São Paulo, SP, Editora Ática, 2000. 269p.
- VIOTTI, C. B., *Dams and development in Latin America*, Palestra: Fórum Mundial da Água, Kyoto, Japão, 2003.
- WHILHITE, D. A. *The enigma of drought*. In: Drought assessment, management and planning: theory and case studies, WHILHITE, D. A. (Ed.) Boston, London: Kluwer Academia Publishers, 1993. 291p.
- WMO/UNESCO, *The world's water – is there enough?* World Meteorological Organization, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, WMO, nº 857, 1997.
- ZATZ, I. G., *Relatório marco zero – sistema Araçuaí*, Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Infra-estrutura hídrica, Unidade de Gerenciamento do Programa PROÁGUA/ Semi-árido – Obras, Brasília, 2005. 156p.